

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**TECNOLOGÍA GPS Y SENSORES REMOTOS PARA
PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL**

**LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO, PROPUESTA DE
OBRAS DE MITIGACIÓN Y SISTEMA DE DRENAJE DE
AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO ESCOLAR VALLE DEL
SOL Y ÁREAS ADYACENTES DEL CAUCE DEL RÍO
ACELHUATE EN EL DISTRITO DE APOPA, MUNICIPIO
DE SAN SALVADOR OESTE, DEPARTAMENTO DE SAN
SALVADOR**

PRESENTADA POR:

CHRISTIAN ENRIQUE CAMPOS CRUZ

NOEL STANLEY JIMÉNEZ BONILLA

KARLA VERÓNICA PALACIOS SANTANA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO(A) CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE 2024
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCIA

SECRETARIO :

ARQ. RAUL ALEXANDER FABIAN ORELLANA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :
(Interino)

MEng. Ing. CARLOS ALBERTO ESCOBAR FLORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Curso de Especialización previo a la opción al Grado de:

INGENIERO(A) CIVIL

Título :

**TECNOLOGÍA GPS Y SENSORES REMOTOS PARA
PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL**

**LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO, PROPUESTA DE
OBRAS DE MITIGACIÓN Y SISTEMA DE DRENAJE DE
AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO ESCOLAR VALLE DEL
SOL Y ÁREAS ADYACENTES DEL CAUCE DEL RÍO
ACELHUATE EN EL DISTRITO DE APOPA, MUNICIPIO
DE SAN SALVADOR OESTE, DEPARTAMENTO DE SAN
SALVADOR**

Presentado por :

CHRISTIAN ENRIQUE CAMPOS CRUZ

NOEL STANLEY JIMÉNEZ BONILLA

KARLA VERÓNICA PALACIOS SANTANA

Curso de Especialización Aprobado por:

Docente Asesor :

ING. WILFREDO AMAYA ZELAYA

San Salvador, Diciembre 2024

Curso de Especialización aprobado por:

Docente Asesor :

ING. WILFREDO AMAYA ZELAYA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	XX
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Alcances	6
1.5 Limitaciones.....	7
1.6 Justificación	8
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS DE GEODESIA.....	10
2.1 Historia de la geodesia	10
2.1.1 Aristóteles (siglo IV a.C.)	11
2.1.2 Eratóstenes (siglo III a.C.)	12
2.1 Definición de Geodesia.....	13
2.2 Sistemas de coordenadas	13
2.3 Tipos de coordenadas	14
2.3.1 Sistema de coordenadas geográficas	14
2.3.2 Sistema de coordenadas planas	15
CAPÍTULO III: SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICOS	17
3.1 Definición de sistema de referencia geodésico	17
3.2 Geoide.....	17
3.3 Elipsoide de referencia	19
3.3.1 Elipsoide de Clark 1866.....	20
3.3.2 Elipsoide WGS-84	21
3.4 Datum.....	23

3.4.1 Datum norteamericano de 1927	23
3.4.2 Datum geodésico global o geocéntrico	24
3.4.3 Datum vertical	24
CAPÍTULO IV: PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS	26
4.1 Definición de proyección cartográfica	26
4.2 Tipos de proyecciones cartográficas	26
4.2.1 Clasificación de las proyecciones cartográficas según sus propiedades geométricas	26
4.2.2 Clasificación de proyecciones según la superficie de proyección utilizada	27
4.3 Proyección UTM	31
4.3.1 Husos y zonas	32
4.3.2 Geometría del uso y ejes cartesianos	33
CAPÍTULO V: FUNDAMENTOS DE TOPOGRAFÍA	35
5.1 Levantamiento topográficos	35
5.1.1 División de la topografía	36
5.2 Métodos de levantamiento topográficos	38
5.2.1 Método por radiación	38
5.2.2 Método de poligonación	39
5.3 Levantamientos topográficos con GNSS	40
5.4 Protocolo NTRIP	41
5.5 Medición cinemática en tiempo real (RTK-NTRIP)	43
CAPÍTULO VI: FUNDAMENTOS DE FOTOGRAMETRÍA	46
6.1 Definición de Fotogrametría	46
6.2 Evolución de la fotogrametría	49
6.3 Tipos de fotogrametría	52
6.4 Fotogrametría con Drones	55
CAPÍTULO VII: GENERALIDADES DE LOS DRONES	59

7.1	Uso de drones para fotogrametría.....	59
7.2	Tipos de drones.....	60
7.3	Planificación y ejecución de un levantamiento fotogramétrico con drones 67	
CAPÍTULO VIII: OBRAS DE MITIGACIÓN		70
8.1	Conceptualización	70
8.2	Clasificación de obras de mitigación	71
8.2.1	Obras Hidráulicas	71
8.2.2	Obras Geotécnicas	71
8.2.3	Obras de Protección Ambiental	72
8.2.4	Obras de Planificación Urbana y Gestión del Riesgo	72
8.3	Metodología de implementación.....	72
8.3.1	Visualización de la Necesidad	73
8.3.2	Visitas de Campo y Reconocimiento del Terreno	73
8.3.3	Toma de Datos y Estudios Iniciales	73
8.3.4	Propuesta de Diseño	74
8.3.5	Planos de Detalles	74
8.3.6	Ejecución de las Obras	75
8.3.7	Informe Final y Entrega.....	76
CAPÍTULO IX: SISTEMAS DE DRENAJES DE AGUAS LLUVIAS		77
9.1	Generalidades de los sistemas de drenajes de aguas lluvias	77
9.2	Tipos de sistemas de drenajes de aguas lluvias	78
9.3	Elementos y componentes de un sistema de drenaje de aguas lluvias ..	80
9.4	Diseño y dimensionamiento de sistemas de drenajes.....	83
9.4.1	Cálculo de caudal de agua lluvia	83
9.4.2	Determinación de la intensidad de la precipitación de diseño	85

9.5 Normativas y regulaciones para sistemas de drenajes de aguas lluvias en El Salvador	89
9.5.1 El Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC)	89
9.5.2 Ley de urbanismo y construcción.	91
9.5.3 Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños	93
CAPÍTULO X: RECONOCIMIENTO DE CAMPO Y MEDICIÓN DE PUNTOS DE CONTROL FOTOGRAMÉTRICOS (PCF)	95
10.1 Descripción del lugar de levantamiento	95
10.2 Reconocimiento del lugar	97
10.3 Medición de los Puntos de Control Fotogramétricos (PCF).....	99
10.3.1 Equipo GPS utilizado	99
10.3.2 Ubicación de los Puntos de Control Fotogramétricos (PCF).....	99
10.3.3 Medición de puntos de control fotogramétricos con la técnica RTK NTRIP101	
CAPITULO XI: USO DE ESTACIÓN TOTAL PARA COMPLEMENTO DE LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO	103
11.1 Integración de datos de estación total y del levantamiento fotogramétrico	103
11.2 Metodología utilizada.....	104
11.2.1 Materialización de puntos	104
11.2.2 Equipo Utilizado	105
11.2.3 Medición por radiación	105
CAPITULO XII: PLAN DE VUELO	107
12.1 Software DJI GO 4	107
12.2.1 Generalidades del software DJI GO 4 para levantamientos fotogramétricos	110
12.2 Equipo utilizado	111
12.2.1 Descripción del Equipo DJI Mavic 2 Pro	111

12.3 Diseño de plan de vuelo en software Pix4Dcapture	113
CAPITULO XIII: PROCESAMIENTO DE DATOS FOTOGRAFÍMICOS	117
13.1 Generalidades del software Pix4D	117
13.2 Procesamiento de datos en el software Pix4D	118
13.2.1 Procesamiento Inicial.....	127
13.2.2 Nube de puntos y malla	143
13.2.3 Procesamiento para generar DMS, Ortomosaico e índices	146
13.3 Productos obtenidos.....	149
13.4 Reporte final de calidad de Pix4D	151
13.5 Mapa de elevaciones utilizando QGIS.....	153
CAPÍTULO XIV: Elaboración del plano topográfico	159
14.1 Pasos preliminares, proceso del IGCN.....	159
14.2 Importación de datos de estación total	164
14.3 Elaboracion de plano topografico en Civil 3D.....	167
14.4 Secciones transversales y longitudinales	187
CAPÍTULO XV: PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN.....	193
15.1 Propuesta de red de drenaje a aguas lluvias	193
15.2 Propuesta de obras de mitigación	220
CAPÍTULO XVI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	227
16.1 Conclusiones.....	227
16.2 Recomendaciones.....	229
Bibliografía	230
Anexos	233
Informe de calidad generado por PIX4Dmapper.....	234
Presupuesto.....	240
Especificaciones técnicas	244
Planos.....	291

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 2 - 1. Representación de latitud y longitud.	14
Imagen No. 3 - 1. Representación del Geoide.....	18
Imagen No. 3 - 2. Elipsoide de clarke 1866.	20
Imagen No. 3 - 3. Elipsoide WGS-84.....	21
Imagen No. 4 - 1. Proyección conica.	28
Imagen No. 4 - 2. Proyección cilíndrica.	29
Imagen No. 4 - 3. Proyección plana o zimutal.	30
Imagen No. 4 - 4. Husos y zonas proyección UTM	32
Imagen No. 4 - 5. Geometría del huso y ejes cartesianos	34
Imagen No. 5 - 1. Medicion por metodo de radiacion.	38
Imagen No. 5 - 2. Distribución de equipos en la técnica de medición RTK-UHF.	42
Imagen No. 5 - 3. Distribución de equipos en la técnica de medición RTK- NTRIP.	45
Imagen No. 6 - 1. Cuadro resumen de la definición de la fotogrametría.....	49
Imagen No. 6 - 2. Restituidor fotogramétrico analógico.	53
Imagen No. 6 - 3. Restituidor fotogramétrico analítico.	54
Imagen No. 6 - 4. Fotogrametría digital.	55
Imagen No. 7 - 1. Equipo para fotogrametría.....	59
Imagen No. 7 - 2. DJI Dron de ala fija Delair UX11.....	61
Imagen No. 7 - 3. DJI Dron de ala fija Delair UX11.....	61
Imagen No. 7 - 4. DJI Matrice 300 RTK.	62
Imagen No. 7 - 5. WingTraOne Gen II.	63
Imagen No. 7 - 6. Dron FDG30 Mako Shark.....	64
Imagen No. 7 - 7. Matrice 300 RTK + Zunmuse L1.	65
Imagen No. 7 - 7. DJI Mini 3.	66
Imagen No. 7 - 8. Ejemplo de plan de vuelo.	68

Imagen No. 9 - 1. Zanjas de infiltración .	79
Imagen No.9 - 2. Gradadas disipadoras de energía.	82
Imagen No. 9 - 3. Gráfica intensidad – duración - frecuencia con datos de estación “San Francisco Aguilares, Cuscatlán”	88
Imagen No. 10 - 1. Ubicación de Centro Escolar Valle del Sol.	95
Imagen No. 10 - 2. Mapa de usos de suelo	96
Imagen No. 10 - 3. Acceso principal de Centro Escolar Valle del Sol.	96
Imagen No. 10 - 4. Esquema de distribución de Centro Escolar Valle del Sol.	97
Imagen No. 10 - 5. Recorrido exterior de muro perimetral	98
Imagen No. 10 - 6. Exterior de módulo de aulas	98
Imagen No. 10 - 7. Ruta de acceso a colindancia oeste	98
Imagen No. 10 - 8. Vista interior de infraestructura en zona oeste	98
Imagen No. 10 - 9. Equipo GPS TERSUS OSCAR	99
Imagen No. 10 - 10. Modelo de lona utilizada de 0.5 m x 0.5 m	100
Imagen No. 10 - 11. Marca típica de PCF elaborada con espray	100
Imagen No. 10 - 12. Distribución de Puntos de Control Fotogramétricos (PCF).	100
Imagen No. 10 - 13. Enlace de GPS a aplicación NUWA	101
Imagen No. 10 - 14. Preparación de equipo GPS TERSUS OSCAR.	101
Imagen No. 10 - 15. Medición de PCF-7	102
Imagen No. 10 - 16. Medición de PCF-6	102
Imagen No. 10 - 17. Medición de PCF-8	102
Imagen No. 10 - 18. Medición de PCF-9	102
Imagen No. 11 - 1. Coordenadas y elevación de puntos para estación total.	104
Imagen No. 11 – 2. Medición de Plg-3.	104
Imagen No. 11 – 3. Medición de Plg-2.	104
Imagen No. 11 - 4. Estación Total HTS-220R.	105
Imagen No. 11 - 5. Medición de punto en zona de tapial	106

Imagen No. 11 - 6. Centrado y nivelado de estación total en Plg-2.	106
Imagen No. 11 - 7. Distribución de puntos “Plg-x” para estación total.	106
Imagen No. 12 - 1. Logo de aplicación DJI GO4.....	107
Imagen No. 12 - 2. Interfaz de DJI GO 4.	107
Imagen No. 12 - 3. Configuración de regreso inteligente al punto de origen. .	108
Imagen No. 12 - 4. Configuración de navegación en DJI GO 4.	109
Imagen No. 12 - 5. Dron DJI Mavic 2 Pro.	111
Imagen No. 12 - 6. Armado de dron DJI Mavic 2 Pro.	113
Imagen No. 12 - 7. Instalación de hélices de dron DJI Mavic 2 Pro.....	113
Imagen No. 12 - 6. Logo de aplicación PIX4Dcapture Pro.....	114
Imagen No. 12 - 8. Selección de dron DJI Mavic 2 Pro.	114
Imagen No. 12 - 9. Selección de misión en doble cuadrícula.	115
Imagen No. 12 - 10. Ejemplo de área de vuelo.....	115
Imagen No. 12 - 11. Carpeta con fotografías exportadas desde el dron DJI Mavic 2 Pro.	116
Imagen No. 13 - 1. Carpeta de proyecto creada en disco local (C:).	118
Imagen No. 13 - 2. Contenido de carpeta fotografías.	119
Imagen No. 13 - 3. Contenido de carpeta PCF.	119
Imagen No. 13 - 4. Contenido de carpeta SRG.	120
Imagen No. 13 - 5. Creación de nuevo proyecto en PIX4D.	120
Imagen No. 13 - 6. Selección de ubicación de proyecto en PIX4D.....	121
Imagen No. 13 - 7. Procedimiento para cargar imágenes tomadas durante el plan de vuelo.....	122
Imagen No. 13 - 8. Procedimiento para cargar carpeta de fotografías.	122
Imagen No. 13 - 9. Parámetros para carga de imágenes a PIX4D.....	123
Imagen No. 13 - 10. Selección del archivo .prj y modelo de geoide.	124
Imagen No. 13 - 11. Selección de Plantilla 3D Maps.	125
Imagen No. 13 - 12. Vista de plan de vuelo, coordenadas geodésicas y coordenadas planas.....	126

Imagen No. 13 - 13. Fotografía de un punto de los cargados en PIX4D.....	126
Imagen No. 13 - 14. Selección de procesamiento inicial.	127
Imagen No. 13 - 15. Configuración de procesamiento inicial.....	128
Imagen No. 13 - 16. Puesta en marcha del “Procesamiento inicial”.	129
Imagen No. 13 - 17. Final del “Procesamiento inicial”.....	130
Imagen No. 13 - 18. Parámetros de reporte del procesamiento inicial	131
Imagen No. 13 - 19. Nube densa de puntos.	132
Imagen No. 13 - 20. Creación y selección de nuevo punto de paso.	134
Imagen No. 13 - 21. Selección de “foco en la selección”.	134
Imagen No. 13 - 22. Selección de botón “marcado automático”.	135
Imagen No. 13 - 23. Aplicación de parámetros de punto de paso	136
Imagen No. 13 - 24. Aplicación de parámetros de punto de paso.	137
Imagen No. 13 - 25. Visualización de distribución de puntos de paso.....	137
Imagen No. 13 - 26. Sección de “Gestor GCP/MPT”.	138
Imagen No. 13 - 26. Importación de los puntos de control fotogramétricos. ...	139
Imagen No. 13 - 27. Selección de archivo con coordenadas de puntos de control.	140
Imagen No. 13 - 28. Archivo de puntos de control fotogramétricos cargado. .	140
Imagen No. 13 - 29. Ajuste de PCF6.	141
Imagen No. 13 - 29. Ajuste de PCF9.	142
Imagen No. 13 - 29. Puntos de paso y PCFs optimizados.....	142
Imagen No. 13 - 30. Selección de parámetros de pestaña “Nube de Puntos”. 143	
Imagen No. 13 - 31. Selección de parámetros de pestaña “Malla 3D con Textura”.	144
Imagen No. 13 - 32. Inicio del procesamiento del paso 2.	144
Imagen No. 13 - 32. Reporte del procesamiento del paso 2: “Nube de Puntos y Malla.	145
Imagen No. 13 - 33. Visualización de nube densa de puntos y malla de triángulos.	146

Imagen No. 13 - 34. Parámetros de configuración de pestaña “MDS, Ortomosaico e índices”.....	147
Imagen No. 13 - 35. Parámetros de configuración de pestaña “MDS, Ortomosaico e índices”.....	148
Imagen No. 13 - 36. Inicio del procesamiento del paso 3: “MDS, Ortomosaico e índices”.....	149
Imagen No. 13 - 37. Carpeta creada al finalizar el procesamiento.....	149
Imagen No. 13 - 38. Ortofoto generada.....	150
Imagen No. 13 - 39. Modelo Digital de Superficie (DSM) generado.....	150
Imagen No. 13 - 40. Visualización de Ortomosaico generado por PIX4D en Google Earth Pro.....	151
Imagen No. 13 - 41. Parámetros de reporte final.....	152
Imagen No. 13 - 42. Creación de nuevo proyecto en QGIS.....	153
Imagen No. 13 - 43. Definición de sistema de referencia SIRGAS ES-2007 en QGIS.....	154
Imagen No. 13 – 44. Creación de capa ráster en QGIS.....	155
Imagen No. 13 – 45. Importación de archivo dsm a QGIS.....	155
Imagen No. 13 – 46. Creación de mapa de sombras (Hillshade).....	156
Imagen No. 13 – 47. Ejecución de mapa de sombras (Hillshade).....	156
Imagen No. 13 – 48. Asignación de Rango de elevaciones.....	157
Imagen No. 13 – 49. Mapa de elevaciones elaborado en QGIS.....	158
Imagen No. 14 - 1. Pagina web clave catastral CNR.....	159
Imagen No. 14 - 2. Clave catastral de Centro Escolar Valle del Sol.....	160
Imagen No. 14 - 3. Pagina principal CNR.....	160
Imagen No. 14 - 4. Servicios del Instituto Geografico y del Catastro Nacional.....	161
Imagen No. 14 - 5. Pagina principal IGCN.....	161
Imagen No. 14 - 6. Registro de cuenta para cuenta en CNR.....	162
Imagen No. 14 - 7. Formulario para solicitud de clave catastral.....	162
Imagen No. 14 - 8. Formulario para solicitud de Mapa Catastral.....	163

Imagen No. 14 - 9. Correo de respuesta con la información solicitada.....	163
Imagen No. 14 - 10. Archivo .Job generado desde estación total Hi target 220R.	164
Imagen No. 14 - 11. Propiedades de archivo .Job.....	165
Imagen No. 14 - 12. Importación de datos crudos mediante programa PC Port II V1.3	165
Imagen No. 14 - 13. Importación de datos crudos a formato csv.....	166
Imagen No. 14 - 14. Procesamiento de datos crudos a formato PNEZD.....	167
Imagen No. 14 - 15. Verificación de unidades internacionales en Civil 3D.	168
Imagen No. 14 - 16. Selección de espacio de trabajo.....	168
Imagen No. 14 - 17. Importación de ortofoto generada a civil 3D.....	169
Imagen No. 14 - 18. Importación de ortofoto generada a Civil 3D.	169
Imagen No. 14 - 19. Importación de ortofoto generada a Civil 3D.	170
Imagen No. 14 - 20. Creación de capas en Civil 3D.	170
Imagen No. 14 - 21. Importación de puntos a Civil 3D.....	171
Imagen No. 14 - 22. Importación puntos a Civil 3D.....	171
Imagen No. 14 - 23. Creación de nube de puntos en Civil 3D.	172
Imagen No. 14 - 24. Formato para nube de puntos.	173
Imagen No. 14 - 25.Formato para nube de puntos.	173
Imagen No. 14 - 26. Ortofoto y Nube de puntos Exportada.	174
Imagen No. 14 - 27. Verificación de área y perímetro de parcela.	174
Imagen No. 14 - 28. Elaboración de parcela utilizando Civil 3D.	175
Imagen No. 14 - 29. Creación de etiquetas de parcela utilizando Civil 3D.	175
Imagen No. 14 - 30.Creación de cuadro de rumbos y distancias.....	176
Imagen No. 14 – 31.Cuadro de rumbos y distancias en Civil 3D.	176
Imagen No. 14 - 32. Configuración de página de impresión en Civil 3D.....	177
Imagen No. 14 - 33. Configuración de página de impresión en Civil 3D.....	177
Imagen No. 14 - 34. Establecimiento de parámetros en hoja de impresión.	178

Imagen No. 14 - 35. Creación de ventanas graficas para áreas de impresión.	178
Imagen No. 14 - 36. Creación de escalas personalizadas en Civil 3D.....	179
Imagen No. 14 - 37. Creación escalas personalizadas en Civil 3D.....	179
Imagen No. 14 - 38. Selección de escalas personalizadas.....	180
Imagen No. 14 - 39. Archivo .dxf generado en el procesamiento con PIX4D.	180
Imagen No. 14 - 40.Importación de curvas de nivel generadas.....	181
Imagen No. 14 - 41. Creación de superficie con curvas de nivel generadas por el drone - 1.....	181
Imagen No. 14 - 42. Creación de superficie con curvas de nivel generadas por el drone - 2.....	182
Imagen No. 14 - 43. Superficie generada con curvas de nivel proporcionadas por drone.....	182
Imagen No. 14 - 44. Creación de superficie con curvas obtenidas con estación total.....	183
Imagen No. 14 - 45. Creación de superficie con curvas obtenidas con estación total.....	183
Imagen No. 14 - 46. Creación de superficie corregida del centro escolar.....	184
Imagen No. 14 - 47. Combinacion de superficies en Civil 3D.....	185
Imagen No. 14 - 48. Combinación de superficies en Civil 3D.....	185
Imagen No. 14 - 49. Combinación de superficies en Civil 3D.....	186
Imagen No. 14 - 50. Superficie final obtenida de Centro Escolar Valle del Sol.....	186
Imagen No. 14 - 51.Creación de linea de referencia.....	187
Imagen No. 14 – 52 .Creación de alineación a partir de objetos.....	188
Imagen No. 14 - 53. Creación de alineamiento en Civil 3D.....	188
Imagen No. 14 - 54. Creación de perfil en Civil 3D.....	189
Imagen No. 14 - 55. Creación de perfil en Civil 3D.....	189
Imagen No. 14 - 56. Creación de perfil en Civil 3D.....	190
Imagen No. 14 - 57. Formato de visualización de perfil en Civil 3D.....	190
Imagen No. 14 - 58. Formato de visualización de perfil en Civil 3D.....	191

Imagen No. 14 - 59. Formato de visualización de perfil en Civil 3D.....	191
Imagen No. 14 - 60. Sección transversal 1 finalizada.....	192
Imagen No. 14 - 61. Plano topografico terminado.....	192
Imagen No. 15-1. Curva IDF de la estación ubicada en San Salvador.....	196
Imagen No. 15 - 2. Manual de diseño para tubo sistemas para alcantarillado, sanitario y pluvial.	199
Imagen No. 15 - 3. Trazo de la red de drenaje de aguas lluvias en el CE Valle.	201
Imagen No. 15 - 4. Áreas permeables e impermeables consideradas en el proyecto.	203
Imagen No. 15 - 5. Áreas de techos consideradas en el proyecto.....	204
Imagen No. 15 - 6. Tabla de áreas máximas según diámetro utilizado para conductos verticales.....	206
Imagen No. 15 - 7. Cálculo en programa HCanales de canaleta 1.....	212
Imagen No. 15 - 8. Cálculo en programa HCanales de canaleta 2.....	213
Imagen No. 15 - 9. Cálculo en programa HCanales de canaleta 23.....	213
Imagen No. 15 - 10. Cálculo en programa HCanales de canaleta 4.....	214
Imagen No. 15 - 11. Cálculo en programa HCanales de canaleta 5.....	214
Imagen No. 15 - 12. Cálculo en programa HCanales de canaleta 6.....	215
Imagen No. 15 - 13. Cálculo en programa HCanales de canaleta 7.....	215
Imagen No. 15 - 14. Cálculo en programa HCanales de canaleta 8.....	216
Imagen No. 15 - 15. Cálculo en programa HCanales de canaleta 9.....	216
Imagen No. 15 - 16. Cálculo de colector final del sistema de aguas lluvias....	219
Imagen No. 15 - 17. Esquema de situación actual de tapial.	220
Imagen No. 15 - 18. Perfil de talud interior y área de tapial perimetral norte. .	221
Imagen No. 15 - 19. Vista en planta de propuesta en talud interior.	221
Imagen No. 15 - 20. Vista general de detalles constructivos de tapial perimetral.	222
Imagen No. 15 - 21. Área de demolición de cancha de baloncesto.....	223

Imagen No. 15 - 22. Detalle de piso de concreto para cancha de baloncesto.	223
Imagen No. 15 - 23. Zonificación de propuesta de intervención.	224
Imagen No. 15 - 24. Modelo de acabado en talud.	225
Imagen No. 15 - 25. Distribución de canales propuestos en talud.	225
Imagen No. 15 - 26. Recorrido de escorrentía sobre talud exterior sur.	226
Imagen No. 15 - 26. Recorrido de escorrentía sobre talud exterior sur.	226
Imagen No. A-1. Ortomosaico y mapa de elevaciones.	234
Imagen No. A-2. Esquema de traslapes de imágenes realizados.	235

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 9 - 1. Coeficientes de escorrentía.....	84
Tabla No. 15 - 1. Coeficientes de escorrentía usados en el proyecto.....	197
Tabla No. 15 - 2. Valores de n dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Kutter y de Manning.	198
Tabla No. 15 - 3. Valor de áreas permeables consideradas en el proyecto....	202
Tabla No. 15 - 4. Valor de áreas impermeables consideradas en el proyecto.....	202
Tabla No. 15 - 5. Valor de áreas de techos consideradas en el proyecto.....	203
Tabla No. 15 - 6. Cálculo de caudales a partir de áreas de influencia.....	205
Tabla No. 15 - 7. Cálculo de área según diámetro de bajantes de agua lluvia.	207
Tabla No. 15 - 8. Cálculo de diámetro de bajantes de agua lluvia.....	207
Tabla No. 15 - 9. Áreas y caudales simples de cada caja tragante en el proyecto.....	210
Tabla No. 15 -10. Cálculo de dimensionamiento para cada canaleta en el proyecto.....	211
Tabla No. 15 -11. Cálculo de canaleta en la base del talud y canaleta paralela a muro perimetral.....	217
Tabla No. 15 -12. Calculo de diámetros de colectores a menos del 80% de su capacidad.	218
Tabla No. A-1. Longitud de empalme de varillas de refuerzo.	267
Tabla No. A-2. Tipologías de columnas según altura máxima.....	278
Tabla No. A-3. Dimensiones de losetas según el claro entre columnas.	279
Tabla No. A-4. Ancho se zanjas según el diámetro de tubería.	284

INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene por objetivo describir la metodología empleada en el desarrollo del levantamiento fotogramétrico junto con la propuesta de obras de mitigación y el diseño del sistema de drenaje de aguas lluvias del Centro Escolar Valle del Sol y áreas adyacentes.

El proceso comenzó con una visita de campo en conjunto con la directora del Centro Escolar en la cual se hizo un reconocimiento y familiarización del sitio y su entorno, en donde se identificaron las problemáticas, riesgos y vulnerabilidades del área en estudio.

Una vez identificada la zona de interés se colocaron los puntos de control fotogramétricos (PCF) utilizando el equipo GPS TERSUS OSCAR bajo la técnica de medición RTK NTRIP. También se colocaron 4 puntos sobre el terreno para poder complementar el levantamiento empleando la técnica de radiación con la estación total HTS-220R para capturar detalles no visibles en las imágenes aéreas y garantizar un mapeo topográfico completo y preciso.

El siguiente paso involucró la planificación y ejecución de un plan de vuelo con el dron DJI Mavic 2 Pro, administrado mediante el software Pix4Dcapture. Este procedimiento permitió la recopilación de imágenes aéreas de alta resolución, esenciales para el procesamiento fotogramétrico. La información obtenida fue procesada utilizando el software Pix4DMapper, del

cual se obtuvo el modelo digital de superficie (DSM), modelo digital de terreno (DTM), ortomosaico y nubes de puntos.

Con el procesamiento anterior y los datos obtenidos con la estación total se elaboró el plano topográfico del centro escolar y curvas de nivel de las áreas adyacentes, lo cual permitió generar una superficie final eliminando el error debido a los obstáculos presentes en el terreno.

Para poder hacer las propuestas de obras de mitigación y la red de drenaje de aguas lluvias se tomó como insumo el plano topográfico elaborado, del cual se extrae la información principalmente de niveles y la distribución de las edificaciones existentes.

Se realizó el trazo y dimensionamiento de la nueva red de drenaje para canalizar la escorrentía superficial. En cuanto a obras de mitigación se indican obras de demolición, construcciones, estabilización de un talud y obras de terracería para eliminar los riesgos existentes.

Finalmente se utilizó QGIS como software de sistema de información geográfica (SIG) para visualizar un mapa de elevaciones a través de la edición de un archivo tipo ráster obtenido en el procesamiento fotogramétrico.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Históricamente la infraestructura escolar en El Salvador ha enfrentado diversos desafíos. Durante el conflicto armado (1980-1992), muchas escuelas fueron dañadas o destruidas, y la falta de inversión y mantenimiento resultó en un deterioro significativo de muchas de estas a nivel nacional. A pesar de los esfuerzos de reconstrucción postconflicto que intentaron abordar estos problemas, la corrupción y la mala gestión dejaron muchos proyectos incompletos, perpetuando las condiciones precarias de muchas escuelas.

Uno de los problemas recurrentes ha sido la ausencia de un programa de mantenimiento continuo, lo que ha provocado el deterioro progresivo de muchas instituciones. Además, se observa una marcada desigualdad regional, ya que las escuelas en áreas rurales y urbano-marginales no reciben la misma atención que las urbanas, lo que genera una intervención tardía en dichas zonas.

La construcción de escuelas en zonas de riesgo en El Salvador, como cerca de quebradas y áreas vulnerables, es el resultado de una combinación de factores históricos y económicos. Durante las décadas pasadas, hubo una planificación deficiente y falta de regulaciones estrictas que priorizaran la seguridad en la ubicación de infraestructuras educativas. Muchas de estas

escuelas fueron construidas en áreas rurales o en las afueras de los centros urbanos, donde el acceso a terrenos seguros era limitado. Además, la acelerada expansión urbana y el crecimiento poblacional llevaron a la construcción de centros escolares en terrenos más accesibles, pero menos seguros, debido a la falta de alternativas viables.

Ante la situación antes expuesta, podemos destacar la gran importancia que tiene la utilización de tecnologías avanzadas, como los drones, para facilitar el estudio de centros escolares ubicados en zonas de riesgo, como áreas cercanas a quebradas o ríos. Estas herramientas permiten obtener información precisa y detallada del terreno y de las infraestructuras en riesgo sin la necesidad de intervención física directa, lo cual es especialmente útil en terrenos de difícil acceso o inclusive inaccesibles.

Mediante drones equipados con cámaras y sensores, se pueden realizar levantamientos topográficos de alta precisión, generando modelos tridimensionales del entorno. Esto facilita la identificación de puntos críticos, como posibles deslizamientos de tierra, áreas propensas a inundaciones o la cercanía peligrosa de los edificios a cauces de agua. Con esta información, es posible evaluar de manera más rápida y efectiva el estado de las infraestructuras y el riesgo al que están expuestas.

1.2 Planteamiento del problema

En El Salvador, la mejora de la calidad de la educación es un objetivo primordial, especialmente en las zonas rurales y urbano-marginales. Un componente clave para alcanzar este objetivo es la modernización de la infraestructura educativa, que debe garantizar entornos de aprendizaje adecuados y seguros para el desarrollo académico de los estudiantes.

El Centro Escolar Valle del Sol, identificado con el código de infraestructura 11327, el cual es asignado por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, a través del cual se puede identificar exclusivamente un centro escolar, enfrenta retos importantes debido a su ubicación y las características del terreno donde se encuentra. Su proximidad al cauce del río Acelhuate incrementa los riesgos de erosión y deslizamientos, afectando tanto a las edificaciones como a las áreas adyacentes. El terreno irregular y la naturaleza vulnerable de las instalaciones complican el mantenimiento y la seguridad del centro. Por ello, es necesario actualizar la información topográfica del área para mejorar la precisión en la planificación de las obras de mitigación y modernización. Este levantamiento debe incluir tanto las edificaciones existentes como las áreas circundantes, para garantizar que las intervenciones propuestas sean efectivas.

Realizar un levantamiento topográfico detallado en un terreno con estas características utilizando únicamente métodos tradicionales, como la estación

total, presenta diversas limitaciones. La accesibilidad es un problema considerable, ya que el equipo de medición debe transportarse y operar en condiciones difíciles, lo que alarga el tiempo necesario para completar el levantamiento. Además, la precisión de los datos puede verse comprometida debido a la dificultad para mantener líneas de visión claras y estables.

Para superar estas limitaciones, el hacer uso de nuevas tecnologías que ofrecen soluciones versátiles es imprescindible, como lo son los equipos GPS que permiten obtener datos de localización precisos y en tiempo real, mejorando la exactitud de las mediciones, los vehículos aéreos no tripulados o drones, proporcionan una capacidad sin precedentes para capturar imágenes aéreas detalladas y datos topográficos, incluso en terrenos complicados, facilitando la obtención de datos más completos y precisos, agilizando el proceso de recopilación y análisis.

La aplicación de estas tecnologías es relevante en el desarrollo de proyectos de diseño hidráulico y obras de mitigación, ya que permiten analizar de manera más realista las características del terreno y el comportamiento del agua en él. Con los datos generados, puede diseñarse sistemas de evacuación de aguas más eficientes, así como desarrollar estrategias de mitigación que minimicen riesgos de inundaciones y erosión. De este modo, se promueve una mejora significativa en la infraestructura educativa, optimizando la funcionalidad y la seguridad de los entornos escolares.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar el levantamiento fotogramétrico, propuesta de obras de mitigación y sistema de drenaje de aguas lluvias del Centro Escolar Valle del Sol y Áreas Adyacentes al cauce del río Acelhuate.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Describir los conceptos fundamentales de la tecnología GPS, la geodesia, la fotogrametría aplicada a imágenes obtenidas con drones y el uso de la estación total, integrando su aplicación en la topografía y sistemas de referencia geodésicos.
2. Realizar el levantamiento fotogramétrico del Centro Escolar Valle del Sol para obtener un modelo tridimensional del terreno y la infraestructura existente.
3. Describir el procedimiento del uso de softwares especializados para el procesamiento de los datos obtenidos en campo.
4. Diseñar un sistema de evacuación de aguas lluvias que optimice el drenaje y minimice el riesgo de inundaciones.
5. Proponer obras de mitigación que fortalezcan la infraestructura existente garantizando un entorno seguro y funcional.

1.4 Alcances

1. Se proporcionará una descripción detallada de los conceptos fundamentales relacionados con la tecnología GPS, la geodesia, la fotogrametría y el uso de estaciones totales, así como su integración en los levantamientos topográficos y su conexión con sistemas de referencia geodésicos, estableciendo las bases teóricas necesarias para el desarrollo del resto del proyecto.
2. Se realizará el levantamiento fotogramétrico del Centro Escolar Valle del Sol obteniendo el modelo tridimensional del terreno y la infraestructura existente.
3. Se describirá el procedimiento de los softwares empleados en el procesamiento desde la importación de datos hasta la generación de los productos finales, es decir, el plano topográfico, el modelo digital del terreno, las curvas de nivel y las fotografías aéreas (Ortofoto).
4. Se desarrollará un sistema de drenaje eficiente que asegure la evacuación adecuada de aguas lluvias en el Centro Escolar Valle del Sol. Esto incluirá el análisis topográfico, así como la identificación de áreas críticas de acumulación de agua. El diseño buscará optimizar el flujo y prevenir inundaciones.
5. Se propondrán obras orientadas a mitigar los riesgos de deslizamiento en áreas vulnerables del entorno escolar, asegurando tanto a la comunidad educativa como los alrededores de esta.

1.5 Limitaciones

Durante las mediciones realizadas con el GPS, se enfrentó la limitación de una baja intensidad de señal de internet en la zona, lo que afectó la precisión de los datos obtenidos mediante la técnica RTK Ntrip.

Cuando se realizó el vuelo con el dron, la abundante vegetación y construcciones techadas en algunas zonas obstruyó la visibilidad de ciertos detalles en las fotografías aéreas, lo que afectó la precisión de las curvas de nivel generadas y dificultó que representaran con exactitud las condiciones reales del terreno.

El procesamiento de los datos obtenidos mediante el levantamiento fotogramétrico con dron requiere una computadora con especificaciones mínimas, como un procesador Intel Core i7 8700K o superior, 16 GB de memoria RAM, una tarjeta de video dedicada GeForce GTX 1060 o superior, y una unidad de estado sólido SSD. Para proyectos que comprenden entre 100 y 500 imágenes, estas exigencias de hardware son fundamentales, ya que el procesamiento de los datos puede extenderse por varias horas o incluso días, representando una limitación significativa en términos de tiempo y recursos técnicos.

1.6 Justificación

El Centro Escolar Valle del Sol enfrenta serias dificultades debido a su deficiente sistema de evacuación de aguas lluvias. La infraestructura existente, así como las áreas circundantes, se ven afectadas durante las intensas lluvias, lo que representa un riesgo para la comunidad educativa.

Uno de los problemas más críticos resultantes de la ineficiencia del sistema de drenaje es el colapso de uno de los tapias perimetrales del centro escolar, que ha sucumbido por la presión del agua acumulada y la erosión del terreno. En este contexto, es fundamental realizar un levantamiento topográfico que sirva como base para el análisis del drenaje de las aguas lluvias y permita proponer obras para mitigar el riesgo de inundaciones y deslizamientos.

El presente trabajo se centrará en realizar un levantamiento topográfico del Centro Escolar Valle del Sol y sus áreas circundantes y a partir de él realizar la propuesta del rediseño del sistema de drenaje de aguas lluvias y proponer obras de mitigación. Las actividades mencionadas constituyen un insumo esencial requerido por el Ministerio de Educación para el desarrollo de la respectiva carpeta técnica para el mejoramiento integral de la infraestructura educativa.

Este estudio hace hincapié en la implementación de tecnologías avanzadas, como la fotogrametría mediante vehículos aéreos no tripulados

(drones) y equipos GPS, complementadas por el uso de métodos tradicionales como la estación total.

La integración de estas tecnologías permite llevar a cabo levantamientos topográficos con una mayor eficiencia y precisión. Los drones facilitan la captura de datos aéreos detallados, generando modelos digitales del terreno que proporcionan una visualización clara de la topografía y las condiciones del entorno. Esto ayuda a los planificadores a identificar los desafíos específicos del terreno, permitiéndoles diseñar soluciones adecuadas y efectivas, determinando las áreas que requieren intervención y el tipo de acciones necesarias.

La información obtenida a través de estas técnicas avanzadas no solo contribuye a una planificación más precisa, sino que también garantiza la efectividad y sostenibilidad de las intervenciones a largo plazo. Además, al optimizar el uso de recursos, asegura que la inversión en infraestructura educativa tenga un impacto significativo.

Lo anterior se traduce en beneficios directos para la comunidad, ya que mejora las instalaciones y crea un entorno seguro y propicio para el aprendizaje, lo que a su vez fomenta el desarrollo académico de los estudiantes.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS DE GEODESIA

2.1 Historia de la geodesia

En la antigüedad, las civilizaciones creían que la Tierra era plana; tal era el caso de Tales de Mileto, filósofo griego del siglo VI a.C., quien concebía el mundo como un disco flotando en un océano primigenio. Esta concepción plana de la Tierra era compartida por distintas culturas, que basaban su comprensión del universo en observaciones limitadas y mitologías que explicaban la forma y origen del mundo según sus propias tradiciones.

Varios pueblos antiguos, como los mesopotámicos y egipcios, entre el 3000 y 500 a.C., imaginaban el universo como una extensión plana. En Mesopotamia, se creía que la Tierra era un disco rodeado por un océano sin fin, mientras que, en Egipto, la cosmología mostraba una Tierra plana sostenida sobre pilares, con el cielo como una bóveda sostenida por los dioses. Este concepto también estaba presente en otras culturas antiguas, donde el cosmos se veía como una estructura plana rodeada o sostenida por entidades míticas.

Esta visión se mantuvo hasta que filósofos como Pitágoras empezaron a postular que la Tierra podía ser esférica, observación que se consolidaría en siglos posteriores con estudios de otros pensadores griegos.

2.1.1 Aristóteles (siglo IV a.C.)

Aristóteles, que vivió entre el 384 y el 322 a.C., fue uno de los primeros en proporcionar evidencia sólida de que la Tierra era esférica. Sus observaciones, recopiladas en obras como *Sobre el cielo*, se basaron en principios lógicos y observaciones directas:

- Aristóteles notó que las constelaciones visibles en el cielo nocturno cambiaban a medida que uno viajaba hacia el sur. Esto indicaba una curvatura en la Tierra, ya que un viajero veía estrellas diferentes desde distintas latitudes.
- Forma de la sombra en los eclipses lunares: Aristóteles observó que la sombra que la Tierra proyectaba sobre la Luna durante los eclipses siempre era circular. Argumentó que solo una esfera podía proyectar una sombra de esa forma en todas las posiciones posibles, lo cual le pareció una prueba clara de la esfericidad terrestre.
- Fenómenos de gravedad: También especuló que, dado que todos los objetos caen hacia un mismo centro, la forma natural que adoptaría la Tierra sería una esfera, ya que todas las partes serían atraídas hacia su centro.

Estos argumentos de Aristóteles lograron que la idea de una Tierra esférica fuera aceptada en gran medida en el mundo griego, influyendo en generaciones de científicos y pensadores posteriores.

2.1.2 Eratóstenes (siglo III a.C.)

Un siglo después, Eratóstenes de Cirene, quien vivió entre aproximadamente 276 y 194 a.C., realizó uno de los primeros y más impresionantes cálculos de la circunferencia de la Tierra. Su método fue simple pero ingenioso y se basó en observaciones de sombras y geometría básica:

Eratóstenes supo que en Siene (la actual Asuán, en Egipto), al mediodía del solsticio de verano, el Sol se encontraba directamente sobre la cabeza y no proyectaba sombra en el fondo de los pozos. En cambio, en Alejandría, a unos 800 kilómetros al norte, el Sol proyectaba una sombra, formando un ángulo de aproximadamente 7,2 grados. Eratóstenes razonó que, si 7,2 grados representaban la fracción del círculo de 360 grados, entonces la distancia entre Siene y Alejandría correspondía a esa misma fracción de la circunferencia total de la Tierra. Al multiplicar la distancia entre las dos ciudades por 50 (el número de veces que 7,2 grados cabe en 360 grados), obtuvo un valor aproximado de la circunferencia terrestre de alrededor de 40,000 kilómetros, muy cercano al valor real.

El cálculo de Eratóstenes fue uno de los primeros intentos de medir el tamaño de la Tierra y marcó un hito en la historia de la geodesia. Su precisión para la época fue asombrosa y demostró que la ciencia podía aproximarse a los fenómenos naturales con métodos empíricos y razonamiento matemático.

2.1 Definición de Geodesia

La geodesia es la ciencia que se encarga del estudio de la forma, tamaño y características físicas de la Tierra, así como de su campo de gravedad y su orientación en el espacio. Aunque tradicionalmente se enfocaba en describir la figura de la Tierra como un planeta en su conjunto, la geodesia moderna abarca también el estudio de fenómenos dinámicos, como los desplazamientos tectónicos, el cambio de nivel del mar y otras variaciones de la superficie terrestre, aplicando métodos avanzados y tecnologías de medición de alta precisión.

2.2 Sistemas de coordenadas

Un sistema de coordenadas es un marco matemático que permite ubicar puntos en un espacio determinado mediante un conjunto de valores numéricos, conocidos como coordenadas. Estos sistemas son esenciales en la geometría, la cartografía, la navegación y muchas aplicaciones científicas y técnicas, ya que proporcionan una manera de describir la posición de un objeto o punto de manera precisa.

2.3 Tipos de coordenadas

2.3.1 Sistema de coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas son un sistema de referencia utilizado para ubicar puntos específicos en la superficie de la Tierra. Este sistema se basa en dos medidas fundamentales: la latitud y la longitud.

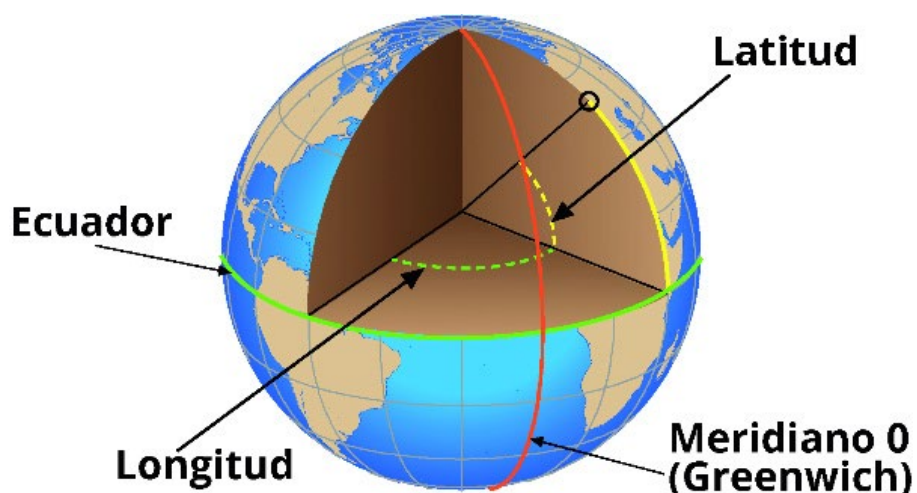


Imagen No. 2 - 1. Representación de latitud y longitud.

Fuente: https://educativo.ign.es/atlas-didactico/cartografia-eso/paralelos_y_meridianos_latitud_y_longitud.html

La latitud es la medida que indica la distancia de un punto en la superficie terrestre respecto al ecuador, que se encuentra en 0° . Se expresa en grados ($^\circ$), con un rango que va de 0° en el ecuador hasta 90° en los polos.

Los puntos al norte del ecuador tienen una latitud positiva, que varía de 0° a 90° N, mientras que los puntos al sur tienen una latitud negativa, que va de 0° a 90° S.

Las líneas que representan la latitud se conocen como paralelos, que son líneas imaginarias que recorren la Tierra de forma horizontal y son paralelas entre sí.

La longitud es la medida que indica la distancia de un punto en la superficie terrestre respecto al meridiano de Greenwich, que se considera como el meridiano de referencia y se encuentra en 0° . Al igual que la latitud, se expresa en grados ($^\circ$) y su rango va de 0° a 180° al este (E) y de 0° a 180° al oeste (W). Las líneas que representan la longitud son conocidas como meridianos, que son líneas imaginarias que recorren la Tierra de forma vertical, desde el Polo Norte hasta el Polo Sur.

2.3.2 Sistema de coordenadas planas

El sistema de coordenadas planas es una representación bidimensional que surge de la proyección cartográfica de la superficie terrestre. En este sistema, las coordenadas proyectadas se expresan comúnmente en dos formatos: (X, Y) o (E, N), donde "X" y "Y" representan las dimensiones horizontales en un plano, y "E" y "N" se refieren a las direcciones Este y Norte, respectivamente. Estas coordenadas, denominadas también coordenadas proyectadas, son el resultado de un proceso en el que la superficie de un elipsoide se proyecta sobre un plano.

Existen diferentes tipos de proyecciones cartográficas que se utilizan para transformar la superficie curva de la Tierra en un plano. Entre las más comunes se encuentran las proyecciones cónicas, como la proyección de Lambert, y la proyección UTM (Universal Transverse Mercator). La proyección de Lambert es especialmente útil para áreas con mayor extensión en dirección este-oeste, mientras que la proyección UTM se divide en zonas que permiten representar la Tierra de manera más precisa en áreas más pequeñas, facilitando así el trabajo en aplicaciones geográficas y cartográficas.

El uso de coordenadas planas es fundamental en diversas disciplinas, como la topografía, la cartografía, la planificación urbana y la gestión de recursos naturales, ya que permite una representación más comprensible y operativa del espacio geográfico en comparación con las coordenadas geográficas tradicionales (latitud y longitud). Esta representación facilita la visualización, análisis y manipulación de datos espaciales, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas en el ámbito geográfico y territorial.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICOS

3.1 Definición de sistema de referencia geodésico

El sistema de referencia geodésico es una definición conceptual fundamental que integra teorías, hipótesis y constantes para establecer tres ejes de coordenadas en el espacio. Este sistema define el origen y la orientación de los ejes, proporcionando así un recurso matemático esencial para asignar coordenadas a puntos en la superficie terrestre.

La georreferenciación, por su parte, es la técnica que permite situar espacialmente una entidad en una localización geográfica única, utilizando un sistema de coordenadas y un datum específicos. Este proceso es crucial para identificar y mapear con exactitud la posición de parcelas de terreno, edificaciones o cualquier elemento en el entorno físico. A través de la georreferenciación, las coordenadas asignadas no solo indican una posición en un plano, sino que también garantizan que esta ubicación se corresponda con la realidad geográfica.

3.2 Geoide

El término geoide fue introducido en el siglo XIX por el matemático alemán Johann Benedict Listing y se refiere a la figura teórica de la Tierra que representa la superficie equipotencial del campo gravitatorio, coincidiendo con el nivel medio del mar en calma y extendiéndose bajo los continentes. Este

concepto nace de la comprensión de que, al girar sobre su eje vertical de polo a polo, la Tierra experimenta una mayor fuerza centrífuga en el Ecuador que en los polos. Como resultado, la Tierra se aplana en los extremos, pasando de una forma esférica a una forma geoide.

A pesar de la simplicidad matemática del elipsoide, este no es el más adecuado cuando se trata de medir altitudes. Dado que alrededor del 70,8 % de la superficie terrestre está cubierta por océanos y mares, el nivel medio del mar se convierte en la referencia principal para medir altitudes. Además, este nivel medio representa una aproximación más precisa de la forma real de la Tierra cuando se observa desde el espacio.

El nivel medio del mar, por otro lado, se ve influenciado por las irregularidades en el campo gravitatorio terrestre, las cuales pueden modificar su posición. El agua de los océanos tiende a alcanzar un estado de equilibrio, siguiendo así una superficie gravitatoria equipotencial.

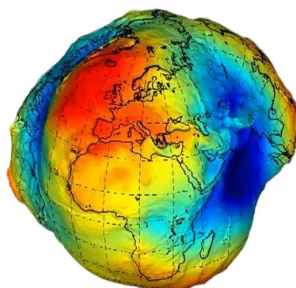


Imagen No. 3 - 1. Representación del Geoide.

Fuente: <https://josevicentediaz.com/2018/05/28/la-forma-real-de-la-tierra-el-geoide/>

El geoide es fundamental en geodesia, ya que proporciona una referencia estable para medir alturas y profundidades. Su conocimiento es crucial en levantamientos topográficos, navegación, estudios de nivel del mar y diversas aplicaciones ingenieriles.

3.3 Elipsoide de referencia

El elipsoide de referencia es un modelo matemático utilizado para representar la forma de la Tierra en aplicaciones geodésicas, cartográficas y de navegación. A diferencia de un esferoide perfecto, que es una esfera uniforme en todas direcciones, el elipsoide es un sólido que se obtiene al girar una elipse alrededor de su eje mayor. Esto permite que tenga un tamaño y una forma que se ajusten mejor a la realidad de la Tierra, que no es perfectamente esférica debido a su rotación y a la variabilidad en la densidad de sus materiales.

Los parámetros principales que definen un elipsoide son:

- Semi-eje mayor (a): La distancia desde el centro del elipsoide hasta la superficie en el ecuador.
- Semi-eje menor (b): La distancia desde el centro hasta la superficie en los polos.
- Achatamiento (f): Se calcula como la diferencia entre el semi-eje mayor y el semi-eje menor, expresada como una fracción del semi-eje mayor.

3.3.1 Elipsoide de Clark 1866

El Elipsoide de Clark 1866 es un modelo matemático que representa la forma de la Tierra y se utiliza ampliamente en geodesia y cartografía. Fue desarrollado por el geógrafo y matemático estadounidense Alexander Graham Clark en 1866 y se basa en el concepto de un elipsoide que se aproxima mejor a la forma real de la Tierra en América del Norte.

El Elipsoide de Clark 1866 fue diseñado específicamente para ajustarse a la superficie de la Tierra en los Estados Unidos y en gran parte de América del Norte. Esto lo convierte en un datum geodésico regional, ideal para aplicaciones que requieren alta precisión en esa área.

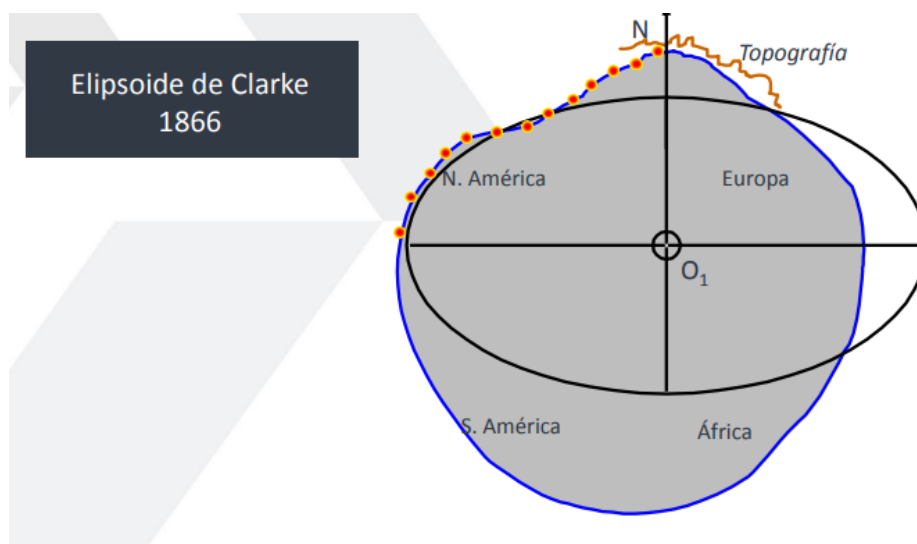


Imagen No. 3 - 2. Elipsoide de Clarke 1866.

Fuente: Módulo N°4 Tecnología GPS y sensores remotos para proyectos de ingeniería civil, Ing. Wilfredo Amaya. 2024.

Datum de referencia: El elipsoide se asocia comúnmente con el sistema de coordenadas NAD27 (North American Datum 1927), que fue ampliamente utilizado en Estados Unidos hasta la adopción del sistema NAD83 en la década de 1980.

3.3.2 Elipsoide WGS-84

El WGS-84 (World Geodetic System 1984) es un sistema de referencia geodésico global que se utiliza ampliamente en aplicaciones de navegación y geolocalización, especialmente en el sistema de posicionamiento global (GPS). Fue desarrollado en 1984 por el Departamento de Defensa de los EEUU, tiene como origen el centro de masas de la tierra, ha sido revisado y actualizado desde entonces.

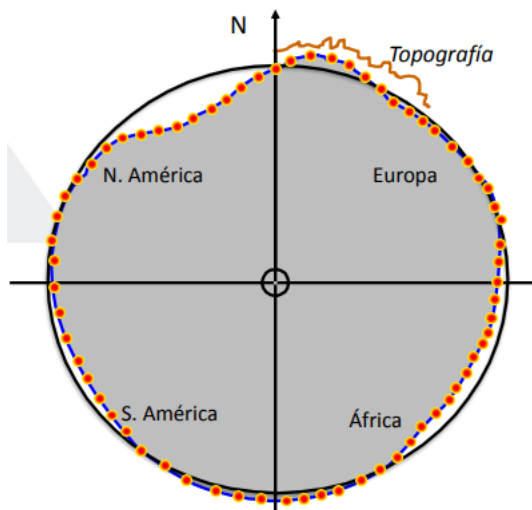


Imagen No. 3 - 3. Elipsoide WGS-84.

Fuente: Módulo N°4 Tecnología GPS y sensores remotos para proyectos de ingeniería civil, Ing. Wilfredo Amaya 2024

Aquí se describen sus parámetros más relevantes:

- Semi-eje mayor (a): Aproximadamente 6,378,137 metros.
- Semi-eje menor (b): Aproximadamente 6,356,752.3142 metros.
- Achatamiento (f): El achatamiento del elipsoide WGS-84 es de aproximadamente $1/298.257223563$.

A diferencia de modelos como el Elipsoide de Clark 1866, que están ajustados a regiones específicas, el WGS-84 está diseñado para ser un modelo global que proporciona una representación precisa de la forma de la Tierra en todo el mundo. Esto lo hace adecuado para aplicaciones que requieren un marco de referencia uniforme a nivel internacional.

Sistema de Coordenadas: El WGS-84 se basa en un sistema de coordenadas tridimensionales, que incluye coordenadas geográficas (latitud y longitud) y se complementa con una componente de altitud. Las coordenadas se expresan en grados para la latitud y longitud, y en metros para la altitud sobre el elipsoide.

3.4 Datum

Un datum geodésico es un sistema de referencia espacial que define la forma y el tamaño de la Tierra, así como un origen para los sistemas de coordenadas utilizados en la representación y medición de la superficie terrestre. Existen 2 tipos de datums los cuales son horizontales y verticales.

3.4.1 Datum norteamericano de 1927

El Datum Norteamericano de 1927 (NAD27) es un sistema de referencia geodésico que fue ampliamente utilizado en Estados Unidos y en partes de Canadá y México durante gran parte del siglo XX. Fue desarrollado para proporcionar un marco de referencia para la medición y la representación de la geografía en América del Norte.

El NAD27 utiliza el punto de control geodésico conocido como el "Punto de referencia de Meades Ranch" en Kansas como su origen. Desde este punto, se establecen las coordenadas de otros puntos en la red geodésica. Fue el sistema de referencia dominante para la cartografía, la topografía y la planificación de infraestructura en Estados Unidos durante el siglo XX. Muchos mapas topográficos y proyectos de ingeniería se basaron en este datum.

Aunque el NAD27 fue un avance significativo en su momento, tenía limitaciones debido a que estaba basado en el elipsoide de Clark de 1866. Esto causaba discrepancias al usarlo en áreas fuera de América del Norte y la

precisión de las coordenadas podía variar con el tiempo, se hizo evidente que se necesitaba un sistema más preciso y global.

3.4.2 Datum geodésico global o geocéntrico

El Datum Geodésico WGS-84 (World Geodetic System 1984) es un sistema de referencia geodésico global utilizado principalmente en el sistema de posicionamiento global (GPS) y en diversas aplicaciones de cartografía y geolocalización. Desarrollado en 1984, el WGS-84 ha sido adoptado como un estándar internacional para la representación precisa de la forma y el tamaño de la Tierra.

A diferencia de los datums regionales que pueden centrarse en un punto específico de la superficie terrestre, el WGS-84 está centrado en el centro de la Tierra. Esto lo convierte en un sistema de referencia global, proporcionando consistencia en la representación de posiciones geográficas en todo el mundo.

3.4.3 Datum vertical

El nivel medio del mar (NMM) es la superficie de referencia que se adopta como Dátum, la altura de cada banco de nivel o banco de marca (BM) se define como la distancia vertical entre ésta y a superficie de referencia.

El Dátum Vertical se define como la altura cero y es representado por las aguas marinas en reposo y continuadas por debajo de los continentes; para su determinación precisa son necesarias observaciones mareográficas continuas de la fluctuación de las mareas en Estaciones Mareográficas durante un periodo de casi 20 años.

El Datum Vertical o Sistema de Referencia Vertical para El Salvador, fue establecido como parte de un Ajuste realizado por el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS) que incluyó desde el sur de México, cubriendo Guatemala, Honduras y El Salvador y se basó en observaciones tomadas en la Estación mareográfica localizada en el antiguo Puerto de Cutuco en el departamento de La Unión en 1960, por lo que es conocido como Datum La Unión.

CAPÍTULO IV: PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

4.1 Definición de proyección cartográfica

Las proyecciones cartográficas son sistemas de representación gráfica que establecen una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana, es decir, un mapa. Este proceso es una transformación matemática que convierte las coordenadas esféricas (tridimensionales) de la superficie terrestre en coordenadas planas (bidimensionales), permitiendo representar objetos tridimensionales en un espacio plano.

Sin embargo, al proyectar una esfera sobre un plano, siempre se generan distorsiones. Según la propiedad que se desee preservar (como ángulos, distancias o superficies).

4.2 Tipos de proyecciones cartográficas

4.2.1 Clasificación de las proyecciones cartográficas según sus propiedades geométricas

Conformes: Estas proyecciones mantienen la forma real, los contornos y los ángulos de las áreas representadas, aunque la escala varía de un punto a otro, lo que significa que distancias y superficies se ven distorsionadas.

Equivalentes: En estas proyecciones se respetan las relaciones entre superficies, de modo que el tamaño relativo de las áreas es exacto, aunque las formas no se mantienen fielmente.

Equidistantes: Estas proyecciones preservan las distancias entre puntos específicos, pero no mantienen la forma ni la proporción entre superficies, de manera que solo algunas distancias son representadas correctamente.

Cada tipo de proyección responde a diferentes necesidades de representación en función del propósito del mapa y la precisión requerida en ciertas propiedades geométricas.

4.2.2 Clasificación de proyecciones según la superficie de proyección utilizada

Entre las superficies más comunes están el cono, el cilindro y el plano. A continuación, se describen los principales tipos de proyecciones basados en estas superficies:

- **Proyección Cónica**

Esta proyección utiliza un cono imaginario que envuelve el globo terrestre. Dependiendo de cómo el cono interactúe con la superficie de la Tierra, existen dos tipos principales de proyección cónica:

Proyección Cónica Tangente: En este tipo, el cono toca la esfera terrestre a lo largo de un único paralelo, conocido como paralelo estándar. Este contacto mantiene la precisión en esa línea de latitud, pero las distorsiones aumentan a medida que se aleja de ella. Una vez que el cono se corta y se despliega, se convierte en un plano, donde los meridianos se representan como líneas rectas que convergen en el vértice del cono, y los paralelos son arcos concéntricos alrededor de este punto.

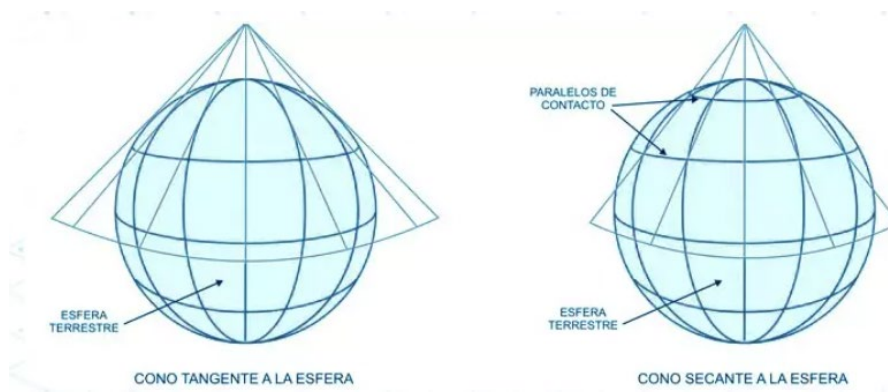


Imagen No. 4 - 1. Proyección cónica.

Fuente: <https://mettatec.com/es/las-proyecciones-cartograficas-y-sus-tipos-mettatec/>.

Proyección Cónica Secante: Aquí el cono atraviesa el globo, generando dos líneas de latitud en las que el cono y la esfera terrestre se tocan, conocidas como paralelos estándar. En esta proyección, la distorsión es mínima entre estas dos líneas de contacto, mientras que aumenta fuera de ellas. Al cortar y desplegar el cono, se obtiene un plano con un sistema de líneas similar al de la proyección tangente, pero con menor distorsión en la región entre los dos paralelos.

- **Proyección Cilíndrica**

En esta proyección, un cilindro imaginario envuelve el globo y proyecta su superficie sobre él. Según la orientación del cilindro respecto al globo, se obtienen tres tipos diferentes:

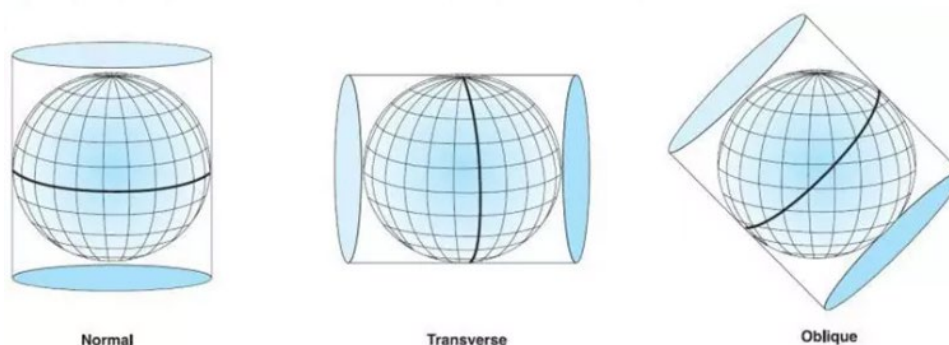


Imagen No. 4 - 2. Proyección cilíndrica.

Fuente: <https://mettatec.com/es/las-proyecciones-cartograficas-y-sus-tipos-mettatec/>.

Proyección Cilíndrica Normal: En este caso, el cilindro toca el globo a lo largo de un paralelo, generalmente el ecuador, que sirve como línea de menor distorsión. Esta proyección es común para mapas del mundo, pero genera distorsiones significativas en las áreas polares.

Proyección Cilíndrica Transversal: Aquí, el cilindro toca el globo a lo largo de un meridiano en lugar de un paralelo. Esta orientación es útil para representar zonas longitudinales (de norte a sur) y es ampliamente utilizada en el sistema de proyección UTM (Universal Transverse Mercator).

Proyección Cilíndrica Oblicua: En esta variante, el cilindro se coloca en un ángulo diferente, tocando el globo en una línea oblicua que no es ni un paralelo ni un meridiano. Este tipo de proyección es útil para representar áreas que no están alineadas ni de norte a sur ni de este a oeste.

- **Proyección Plana o Azimutal**

En la proyección plana, también conocida como proyección azimutal, se utiliza un plano que toca la superficie del globo en un solo punto. Dependiendo del punto de contacto, se generan distintas orientaciones:

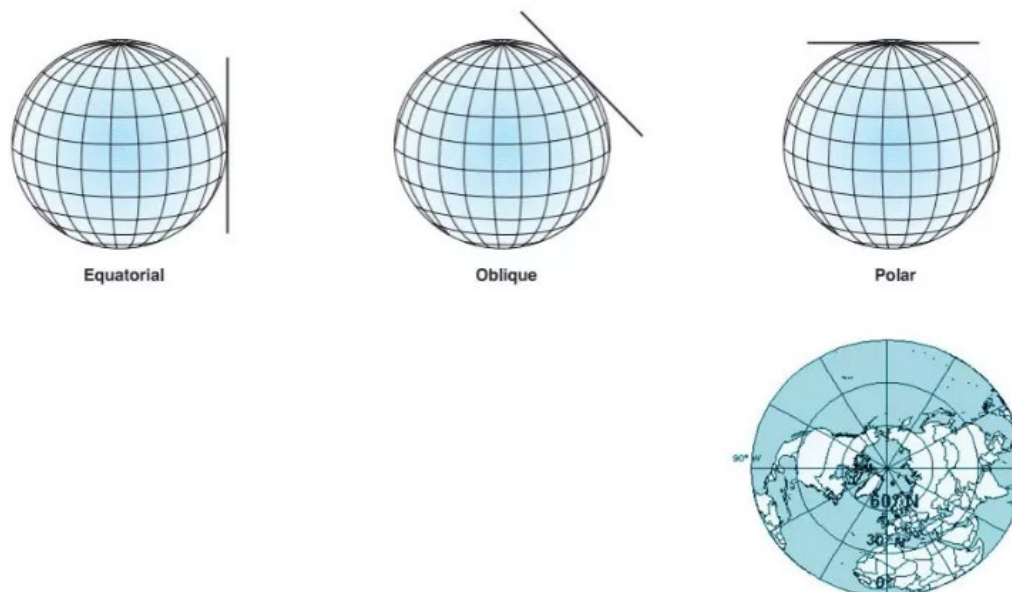


Imagen No. 4 - 3. Proyección plana o zimutal.

Fuente: <https://mettatec.com/es/las-proyecciones-cartograficas-y-sus-tipos-mettatec/>

Proyección Polar: El plano toca el globo en uno de los polos. Esta proyección es ideal para representar áreas alrededor de los polos y es común en mapas meteorológicos y de navegación aérea.

Proyección Ecuatorial: El plano toca el globo en un punto sobre el ecuador. Esta orientación es útil para representar regiones ecuatoriales y proporciona una visión bastante precisa de estas áreas.

Proyección Oblicua: En esta variante, el plano toca el globo en un punto que no está ni en los polos ni en el ecuador. Es útil para áreas que no están alineadas con los polos ni con el ecuador, proporcionando una perspectiva ajustada a la ubicación de interés.

4.3 Proyección UTM

La proyección UTM (Universal Transverse Mercator) es una proyección cilíndrica conforme y transversa, que representa el globo terrestre al proyectarlo sobre una superficie cilíndrica tangente a un meridiano, donde el eje del cilindro se alinea con el ecuador. Esta proyección mantiene los ángulos y convierte el sistema de coordenadas esféricas en uno rectangular, lo que facilita señalar puntos y trazar rumbos. Las distancias se miden con facilidad en áreas pequeñas, y los accidentes geográficos mantienen su forma sin deformación significativa. Sin embargo, presenta algunas limitaciones: la escala de distancias no es uniforme, ya que aumenta en dirección perpendicular al cilindro

al alejarse del punto de tangencia. Además, en latitudes elevadas, la distorsión se vuelve notable y no es adecuada para representar las zonas polares ni las superficies en diferentes latitudes proporcionalmente.

4.3.1 Husos y zonas

Para resolver el problema de la deformación de la proyección UTM a medida que nos alejamos del meridiano de tangencia lo que se ha hecho es subdividir la superficie terrestre en 60 husos iguales de 6 grados de longitud. Con ello resultan 60 proyecciones iguales, pero cada una con su respectivo meridiano central. Cada huso debe imaginarse como un gajo de una naranja.



Imagen No. 4 - 4. Husos y zonas proyección UTM .

Fuente: Google Earth pro

Los husos se numeran del 1 al 60 comenzando desde el antimeridiano de Greenwich (180°) hacia el Este. De este modo el huso comprendido entre 180° W y 174° W es el primero.

A su vez, dentro de cada huso se establece una división en zonas (o bandas). Cada zona posee 8° de Latitud y 6° de Longitud, y se designa con el número de su huso y una letra mayúscula. Para ello se ha seguido la dirección de Sur a Norte y se ha empezado por la letra C siguiéndose el alfabeto suprimiéndose las vocales y las letras que pueden confundirse con un número (la B, la O y la letra P).

4.3.2 Geometría del uso y ejes cartesianos

Cada huso está dividido por el paralelo origen Ecuador (alto del huso), que lo divide en dos partes iguales según los hemisferios.

Este meridiano central y el Ecuador son los que van a establecer dos ejes cartesianos en el huso para poder posicionar un punto en toda su superficie. El meridiano central de la zona será el eje Y (vertical), mientras que el Ecuador será el eje X (horizontal).

El eje X tendrá su origen en el meridiano central de la zona, pero tendrá un valor de 500000, disminuyendo hacia el oeste e incrementando hacia el este. Se ha establecido así para tener siempre valores positivos en el eje X.

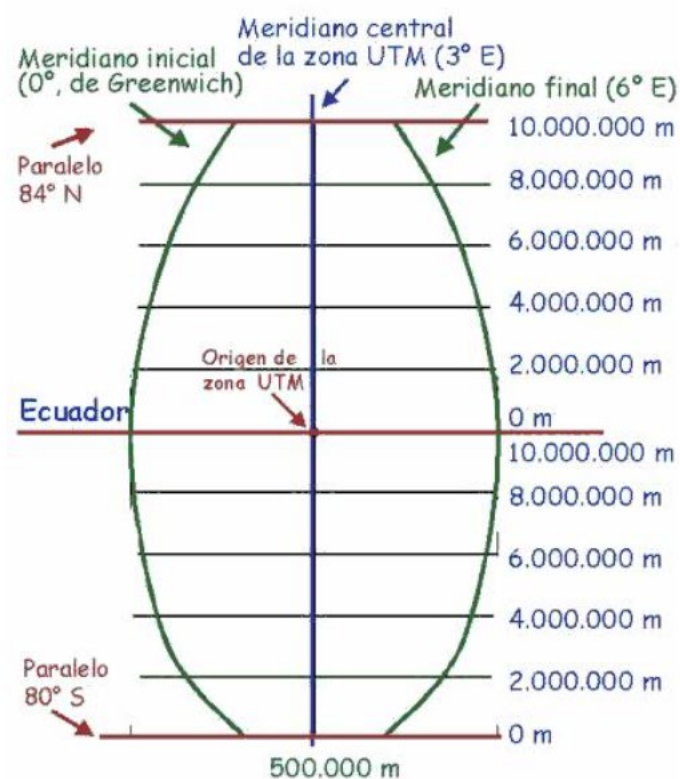


Imagen No. 4 - 5. Geometría del huso y ejes cartesianos .

Fuente: <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-utm>.

El eje Y tendrá su origen en el Ecuador, pero lo hace de una manera particular. En el hemisferio norte el Ecuador tendrá el valor 0 incrementando hacia el norte hasta llegar al valor 10,000,000 en el Polo Norte.

En el hemisferio sur el Ecuador tendrá el valor 10,000,000 decrecentando hacia el sur hasta llegar al valor 0 en el Polo Sur. Se ha establecido así para tener siempre valores positivos en el eje Y.

CAPÍTULO V: FUNDAMENTOS DE TOPOGRAFÍA

La topografía es una ciencia que se encarga de estudiar y aplicar métodos para determinar las posiciones relativas de puntos sobre y bajo la superficie terrestre. Para ello, se emplean mediciones de tres elementos espaciales: distancia, elevación y dirección. Esta ciencia abarca tanto los procedimientos y operaciones en campo como el cálculo y procesamiento de datos, además de la representación gráfica del terreno en planos o dibujos topográficos a escala.

La topografía es esencial en muchos ámbitos, lo que la convierte en una herramienta indispensable. Sin su conocimiento, ingenieros y arquitectos no podrían desarrollar sus proyectos adecuadamente. Un plano topográfico preciso es fundamental para planificar correctamente edificaciones, subdivisiones y trazados de terrenos. La topografía permite definir los límites de propiedad, la ubicación de vialidades y servicios, así como la configuración detallada del relieve, identificando elementos naturales como montes, valles, bosques o pantanos. En general, proporciona la información esencial para la adecuada implantación de un proyecto en el terreno seleccionado.

5.1 Levantamiento topográficos

Un levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones precisas de puntos en la superficie terrestre,

tanto en términos de su ubicación horizontal (planta) como de su elevación (altura). Este proceso incluye tanto el trabajo de campo, que consiste en la recopilación de datos mediante equipos especializados, como el trabajo de oficina, donde se realizan los cálculos necesarios y se representa gráficamente la información en un plano o mapa topográfico.

Los levantamientos topográficos, realizados en áreas pequeñas sin considerar la curvatura terrestre, se enfocan en calcular superficies, volúmenes, distancias, direcciones y representar las medidas en planos topográficos. Estos planos son fundamentales en la planeación y construcción de obras civiles, como carreteras, edificios, puentes, sistemas de drenaje, y redes de suministro de agua, gas y electricidad. Además, se aplican en la delimitación de terrenos y en áreas como geología, arquitectura del paisaje y arqueología.

5.1.1 División de la topografía

Los levantamientos topográficos se dividen en levantamientos planimétricos y levantamientos altimétricos, cada uno enfocado en diferentes aspectos de la representación del terreno.

Levantamientos Planimétricos: Estos levantamientos se centran en la representación horizontal de los puntos en la superficie terrestre, es decir, se plasman las posiciones de los elementos en el terreno en dos dimensiones, longitud y anchura, sin considerar la altura o elevación. En este tipo de

levantamientos, el objetivo es crear una proyección en un plano de las disposiciones horizontales de límites, caminos, edificaciones y otros elementos presentes en el área. Se usan para definir la ubicación de estructuras y áreas sin involucrar el relieve del terreno.

Levantamientos Altimétricos: Este tipo de levantamiento tiene como propósito captar las variaciones de altura o elevación de los puntos en el terreno. A través de estos datos, se pueden representar en un plano las diferencias de nivel mediante curvas de nivel o líneas de contorno, logrando una visión tridimensional del área estudiada. Los levantamientos altimétricos son fundamentales para interpretar el relieve del terreno, incluyendo colinas, pendientes, depresiones, y otros cambios en la altitud.

Cuando se combinan ambos tipos de levantamiento, se obtiene una representación topográfica completa, que integra tanto la disposición horizontal como las variaciones de altura en el área, proporcionando una vista detallada y precisa del espacio que es esencial para proyectos de ingeniería, arquitectura y planificación de obras.

5.2 Métodos de levantamiento topográficos

5.2.1 Método por radiación

El método de radiación en topografía es una técnica que consiste en situar una estación en una posición central dentro del área de levantamiento, desde donde se puedan observar los puntos de interés, como mojones, vértices de los linderos y otros detalles importantes del terreno. Desde este punto central, se miden las distancias y ángulos (azimuts) hacia cada uno de estos puntos en el terreno, tomando como referencia un punto con coordenadas conocidas o eligiendo un punto de salida, como el norte magnético.

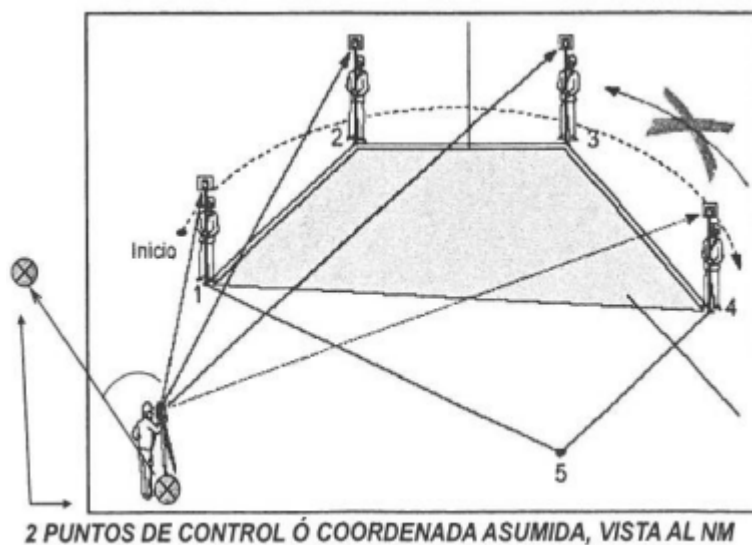


Imagen No. 5 - 1. Medicion por metodo de radiacion.

Fuente: Curso de especialización en tecnología GPS y sensores remotos, topografía moderna con Estación Total, ING. Wilfredo Amaya Zelaya

En el método de radiación, se puede tomar como referencia un punto con coordenadas establecidas previamente mediante un GPS. Esto permite tener una base precisa para medir los azimuts y distancias desde la estación central hacia los puntos de interés en el terreno, facilitando la obtención de datos georreferenciados y asegurando la exactitud de las posiciones relativas de los puntos en el levantamiento.

5.2.2 Método de poligonación.

El método de poligonación en topografía es una técnica utilizada para levantar terrenos grandes o con obstáculos que dificultan la visibilidad completa desde un solo punto. Consiste en trazar una poligonal, una serie de líneas consecutivas que sigue aproximadamente los linderos del terreno, permitiendo obtener los detalles del área desde diferentes posiciones.

En este método, se colocan estaciones o puntos de medición en cada vértice de la poligonal, desde los cuales se miden los detalles cercanos del terreno. Cada línea entre vértices se caracteriza por sus longitudes y direcciones, determinadas a partir de mediciones angulares y lineales tomadas en el campo.

Existen dos tipos de poligonales:

- **Poligonal abierta:** Las líneas no regresan al punto de inicio. Aunque son útiles en algunos casos, deben evitarse, ya que no permiten verificar errores en las mediciones.
- **Poligonal cerrada:** Las líneas regresan al punto de partida, formando un polígono cerrado tanto geométrica como analíticamente, lo cual permite comprobar la precisión de las mediciones y corregir errores.

Este método es fundamental en el levantamiento de áreas amplias o complejas, proporcionando una representación detallada del terreno con alta precisión.

5.3 Levantamientos topográficos con GNSS

Los levantamientos topográficos con GNSS (Global Navigation Satellite System) son una técnica avanzada que utiliza señales satelitales para determinar las posiciones exactas de puntos en la superficie terrestre. Este método se basa en el uso de receptores GNSS, que capturan las señales de los satélites y calculan las coordenadas geográficas de los puntos con una alta precisión.

Técnicas de medición con GPS:

- Medición estática
- Medición estática rápida
- Medición cinemática
- Medición en tiempo real (RTK)

El uso de GNSS en los levantamientos topográficos ofrece varias ventajas, como mayor rapidez, precisión y la capacidad de trabajar en terrenos difíciles o de difícil acceso, ya que no requiere líneas de visión directas como en otros métodos tradicionales, como el uso de estaciones totales. Además, la información georreferenciada obtenida mediante GNSS facilita la integración de los datos con otros sistemas de información geográfica (SIG) y aplicaciones de planificación.

5.4 Protocolo NTRIP

NTRIP es el acrónimo de Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, que se refiere al transporte de una red de datos en formato RTCM vía protocolo de Internet.

NTRIP consiste en la transmisión de correcciones diferenciales mediante el formato estándar RTCM a través del protocolo HTTP vía internet. Esta técnica proporciona un método para enviar y recibir datos base GNSS a través de Internet en lugar de usar radios UHF como es el caso habitual de RTK.

RTK-UHF utiliza la banda Ultra High Frequency que empieza desde los 300 MHz a 3 GHz. Los receptores vienen con una radio interna con potencia de 1W a 3W, permitiendo hacer levantamiento hasta 4 Kilómetros de distancia. Pero también se puede incluir una radio externa a la Base de 12.5W o 25W logrando con esto distancias de hasta 8 Kilómetros.



Imagen No. 5 - 2. Distribución de equipos en la técnica de medición RTK-UHF.

Fuente: Geocom. (febrero 2023) <https://www.geocom.cl/blogs/news/posicionamiento-rtk-recomendaciones-y-cuidados>

Por otro lado, RTK-NTRIP usa internet como medio de transferencia de las correcciones diferenciales en formato RTCM, por lo que la cobertura es muy amplia. En ocasiones se puede lograr cobertura de hasta 50 kilómetros con una buena precisión utilizando receptores de doble frecuencia. Eso sí, necesitamos siempre una conexión a Internet en la zona de trabajo.

Desventajas:

- Costo del servicio de corrección NTRIP. Algunas redes NTRIP son privadas o para uso gubernamental especial, por lo que debe suscribir un pago por usarlas.
- Ser dependiente de Internet. NTRIP solo funciona a través de Internet, por lo que necesita la cobertura de la red celular para usarlo. Eso significa que, si el terreno topográfico está más allá de la cobertura de Internet, NTRIP no está disponible.

5.5 Medición cinemática en tiempo real (RTK-NTRIP).

La técnica de medición RTK (Real-Time Kinematic) con NTRIP es un sistema avanzado utilizado para obtener coordenadas precisas en tiempo real, mediante la transmisión de correcciones diferenciales desde una estación base (receptor BASE) hacia un receptor móvil (ROVER). A continuación, se describe cómo funciona esta técnica:

1. Estación Base (BASE): Se ubica en un punto conocido, cuyas coordenadas exactas ya se conocen. El receptor BASE captura las señales de los satélites GPS y las utiliza para calcular su posición precisa. Luego, este receptor transmite observaciones GPS corregidas hacia uno o más receptores móviles (ROVER).

2. **Receptores Móviles (ROVER):** Son los dispositivos que se mueven de un punto a otro en el terreno y rastrean las señales de los satélites GPS, así como las correcciones provenientes de la estación BASE. Los ROVER reciben las correcciones en tiempo real a través de un enlace de comunicación, que puede ser un modem de radio o mediante Internet utilizando NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), lo que les permite ajustar sus lecturas y obtener coordenadas de alta precisión.

3. **Parámetros de Medición:**
 - **Intervalo de Grabación:** Las mediciones se registran a intervalos de 1 segundo, lo que garantiza una alta frecuencia de actualización de los datos en tiempo real.

 - **Máscara de Elevación:** Se establece una máscara de 10° , lo que significa que se ignorarán los satélites con una elevación inferior a este valor, reduciendo los errores derivados de señales débiles o de satélites cercanos al horizonte.

 - **Mínimo de Satélites:** Se requiere un mínimo de 4 satélites para asegurar que las mediciones sean fiables y se pueda calcular una posición precisa.

- Tiempo Mínimo de Observación: El tiempo mínimo de observación es de 1 a 5 segundos, lo que permite obtener lecturas rápidas y precisas, manteniendo un equilibrio entre la rapidez de la medición y la precisión.

En conjunto, esta técnica permite obtener coordenadas con una precisión de centímetros en tiempo real, lo que la hace muy útil en aplicaciones que requieren alta exactitud. El uso de RTK con NTRIP mejora significativamente la eficiencia y precisión de los levantamientos en comparación con otros métodos más tradicionales, al eliminar la necesidad de postprocesamiento y proporcionar resultados inmediatos.

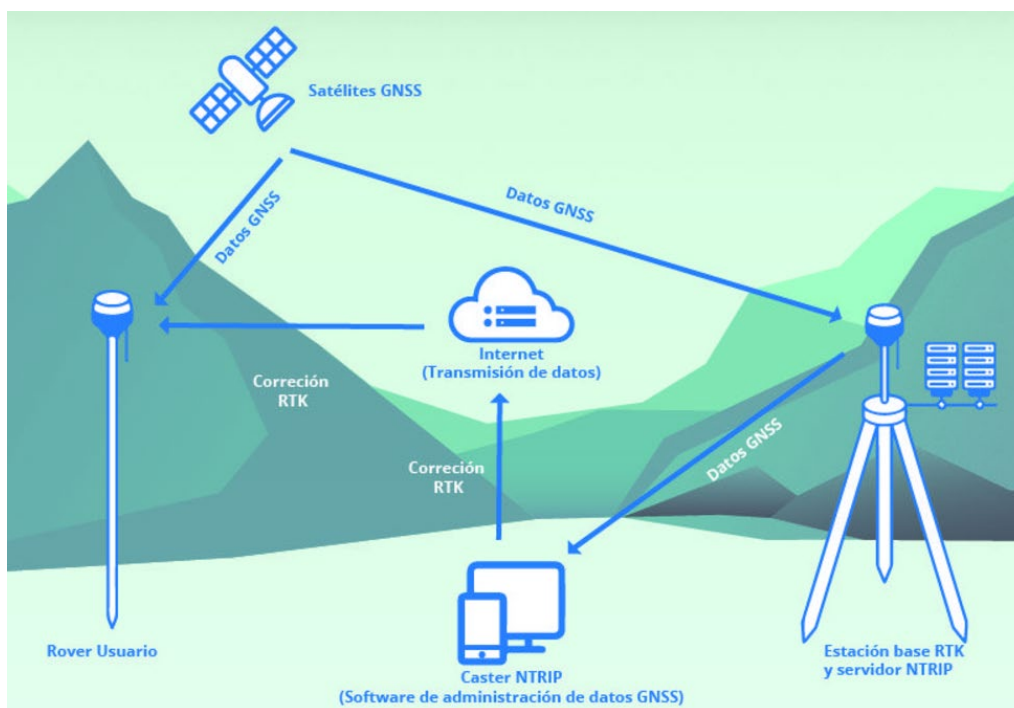


Imagen No. 5 - 3. Distribución de equipos en la técnica de medición RTK-NTRIP.

Fuente: SCS EQUIPOS (2024). <https://www.scsequipos.com/que-es-ntrip-conoce-sus-ventajas-para-la-topografia-gnss-rtk/>

CAPÍTULO VI: FUNDAMENTOS DE FOTOGRAMETRÍA

La fotogrametría es una técnica que ha obtenido, como muchas otras, grandes avances gracias a las nuevas herramientas que proporciona la tecnología. Su utilidad se extiende a diversos campos, entre ellos, en la cartografía, la topografía y la arquitectura. También en la ergonomía, la agricultura, la zoología y la arqueología.

6.1 Definición de Fotogrametría

La palabra Fotogrametría tuvo su origen en Europa y se deriva de tres palabras griegas que son:

- Photos, que significa “Luz”
- Gramma, que significa “Aquello que es dibujado o escrito”
- Metro, que significa “Medir”

El significado de la palabra Fotogrametría de acuerdo con las raíces de las tres palabras griegas que lo forman es “medición grafica mediante la luz”.

Sin embargo, este significado de la palabra fotogrametría no se puede considerar como una definición de lo que la fotogrametría es actualmente. Desde sus inicios principalmente durante las dos guerras mundiales, la fotogrametría ha experimentado un sinnúmero de contribuciones en instrumentos, técnicos y aplicaciones que han obligado a ampliar y modificar las

definiciones en más de una ocasión. En el Manual de la fotogrametría se define a la fotogrametría como la ciencia o arte de obtener mediciones confiables, por medio de fotografías.

La Sociedad Americana de Fotogrametría define la fotogrametría como el arte, la ciencia y la tecnología para obtener información fidedigna de objetos físicos, y del medio ambiente a través de procesos de grabación, medición e interpretación de imágenes, fotografías y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos.

La fotogrametría se puede dividir o clasificar según el aspecto que se considere. Por ejemplo, en la definición de fotogrametría se habla de obtener información; si la información que se obtiene es cualitativa, entonces estamos en el campo de la fotogrametría Interpretativa, que implica el reconocimiento e identificación de objetos. Si la información que se obtiene es cuantitativa entonces corresponde al campo de la fotogrametría Métrica, que es donde se determinan con precisión los tamaños y formas de los objetos. La Percepción Remota es una rama relativamente nueva de la fotogrametría Interpretativa.

Si consideramos la posición de la cámara se puede clasificar a la fotogrametría en: aérea, terrestre y espacial. Es aérea, cuando las fotografías se toman desde un vehículo aéreo, como por ejemplo un avión; mientras que recibe el nombre de terrestre, cuando las fotografías se toman con la cámara

apoyada en el terreno. Se considera espacial cuando las fotografías se toman desde un vehículo espacial como son los satélites.

De acuerdo con la técnica que se emplee en tratar y resolver los fotogramétricos, la fotogrametría se clasifica en gráfica, analógica y analítica. La fotogrametría Gráfica es la menos precisa y es donde se emplean dibujos y gráficos para encontrar las soluciones a los problemas. La fotogrametría Analógica es la de uso más generalizado y resuelve los problemas fotogramétricos mediante los múltiples instrumentos analógicos que existen en el mercado.

En la Fotogrametría Analítica todos los problemas se resuelven numéricamente. Anteriormente la Fotogrametría Analítica tenía muy poco uso por lo tardado y complicado de las operaciones numéricas que implicaba; pero actualmente, con el desarrollo de las computadoras modernas, el uso de la fotogrametría Analítica se está extendiendo rápidamente y día con día adquiere mayor importancia.

Según el sistema que se emplee, la fotogrametría también se puede clasificar como convencional y no convencional. Se habla de Fotogrametría Convencional cuando el equipo y sistema que se usó es convencional, como por ejemplo una cámara normal de proyección central en la cual se emplea película que registra la intensidad de rayos luminosas. La Fotogrametría no

convencional es aquella en donde se uso otro tipo de cámara que hacen uso de película que no registra la intensidad de los rayos luminosos.

<u>CUADRO RESUMEN</u>	
<u>Aspecto</u>	<u>Clasificación</u>
Información	Cualitativa (Interpretativa)
	Cuantitativa (Métrica)
Posición	Espacial
	Aérea
	Terrestre
Técnica	Gráfica
	Analógica
	Analítica
Sistema	Convencional
	No-Convencional

Imagen No. 6 - 1. Cuadro resumen de la definición de la fotogrametría.

Fuente: Fundamentos de Fotogrametría. (M.C Gualterio Luthe García- Profesor de ingeniería, topografía y geodesia)

6.2 Evolución de la fotogrametría

La base de la fotogrametría son las fotográficas, sin embargo, hay hechos que ocurrieron antes de la invención de las fotografías y que podemos considerarlos como antecedentes históricos de la Fotogrametría.

- 350 años A.C Aristóteles habla sobre la proyección óptica de imágenes.

- Siglo XVIII A principios de este siglo el Dr. Brook Taylor publicó su tratado sobre perspectiva lineal.
- En 1759 J.H Lambert sugiere el empleo de la geometría perspectiva en la elaboración de mapas. La fotogrametría no se pudo llevar a la práctica sino hasta que se inventó y perfeccionó la fotografía.
- En 1839 Se origina la fotografía inventada por el parisino Louis Daguerre.
- En 1840 El francés Arago demostró el uso de la fotografía en los levantamientos topográficos.
- En 1849 El coronel francés Aimé Laussedat hizo los primeros experimentos usando fotografías en los levantamientos topográficos. Se auxilió de globos para tomar fotografías aéreas. Tomó fotografías aéreas de la ciudad de Paris. Debido a las dificultades para tomar fotografías aéreas, sus experimentos se concentraron en fotografías terrestres en combinación con un teodolito.
- En 1859 El coronel Laussedat presentó ante la Academia de Ciencias en Paris los resultados de sus experimentos que demostraron el uso exitoso de fotografías en la elaboración de mapas.
- En 1867 Laussedat exhibe públicamente el primer fototeodolito que se conoce, así como un plano de Paris elaborado a partir de fotografías. Su trabajo esfuerzo y dedicación le valieron el título de “Padre de la fotogrametría”.

- En 1892 El Dr. A. Meydenbauer que fue el primero en prestar atención a los mapas a partir de fotografías, publicó en Alemania un escrito al respecto, en el cual usa por primera vez la palabra “fotogrametría”.
- En 1901 El Alemán Dr. Carl Pulfrich encuentra una manera practica para usar la marca flotante en mediciones.
- Inventa un Estereocomparador en Jena (Alemania)
- Su trabajo es la base de muchas técnicas actuales en la elaboración de mapas.
- En 1902 Los hermanos Wright inventan el aeroplano, lo que propicia el desarrollo de la fotogrametría Aérea Moderna.
- En 1913 El avión se usa por primera vez para tomar fotografías aéreas con fines Cartográficos.
- En 1916 El alemán Gasser desarrolló un instrumento similar a la actual Multiplex y el cual se usaba con anaglifos.
- En 1920 a 1940 Gruber y un grupo de científicos desarrollan las matemáticas usadas en fotogrametría.
- En 1940 Kelsh inventó un instrumento que lleva su nombre.
- En 1960 Empieza a generalizarse el uso de las computadoras, lo que propicia el desarrollo de la fotogrametría Analítica.
- En 1950 a 1970 E. Church realizó trabajos de investigación en la Universidad de Ohio, sobre la fotogrametría Numérica o Analítica.

En resumen, el origen de la fotogrametría se remonta a la invención de la fotografía por Louis Daguerre y Nicéphone Niepce, lo que permitió a Aimé Laussedat emplear la fotografía para la elaboración de cartografía en 1849. En 1913, el capitán italiano Tardivo utilizó un avión para transportar una cámara, logrando la creación de un fotomosaico de la ciudad de Bengasi, Libia. Sin embargo, fue durante la Primera Guerra Mundial cuando la fotogrametría experimentó un notable impulso, ya que los países involucrados en el conflicto demandaron el uso de esta técnica para la elaboración de mapas detallados y la planificación de las operaciones militares.

6.3 Tipos de fotogrametría

Los tipos de fotogrametría son:

La fotogrametría aérea: Emplea un conjunto de fotografías secuenciales tomadas desde un medio de transporte aéreo. En este proceso, el eje óptico de la cámara se orienta perpendicularmente al plano horizontal del objeto en estudio. Esta técnica permite generar modelos 3D o mapas digitales a partir de las imágenes capturadas. En la actualidad, los drones han revolucionado esta práctica, ya que permiten la captura de imágenes en áreas de difícil acceso o de alto riesgo, donde el uso de aviones podría resultar complicado o impráctico.

La fotogrametría terrestre: Utiliza fotografías tomadas con cámaras ubicadas en el terreno y el eje óptico de la cámara es paralelo al plano

horizontal del terreno. También en este tipo de fotogrametría se incluye la fotogrametría de corto alcance, que es cuando las imágenes se capturan con una cámara de mano o con una cámara montada en un trípode.

La fotogrametría satelital utiliza imágenes obtenidas desde satélites que poseen un conjunto de sensores digitales que describen el comportamiento de ondas del espectro electromagnético con el objeto de estudio.

Clasificación de la fotogrametría según el procesamiento de imágenes:

La fotogrametría se puede clasificar de acuerdo con las características del procesamiento de las imágenes en analógica, analítica y digital.

La fotogrametría analógica utiliza fotografías físicas para la generación de modelos estereoscópicos, a partir de sistemas ópticos y mecánicos. Es de las técnicas fotogramétricas más antiguas y NO utilizadas en este momento.



Imagen No. 6 - 2. Restituidor fotogramétrico analógico.

Fuente: IGN Honduras (2024), <https://www.ign.hn/museo>.

La fotogrametría analítica utiliza fotografías físicas para generar modelos matemáticos que permiten realizar mediciones y definir coordenadas del objeto de estudio.



Imagen No. 6 - 3. Restituidor fotogramétrico analítico.

Fuente: Universidad de Extremadura (2024), <https://topografiaepcc.unex.es/index.php/l-analitico/>.

La fotogrametría digital utiliza fotografías digitales y reconstruye modelos espaciales siguiendo conceptos de tratamiento digital de imágenes.

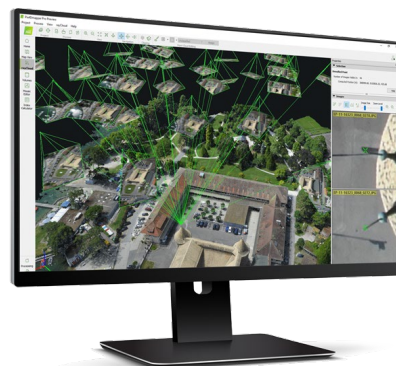


Imagen No. 6 - 4. Fotogrametría digital.

Fuente: Gonos topografía (2024), <https://www.gonostopografia.com/pix4d-uav>.

6.4 Fotogrametría con Drones

Tenemos dos definiciones por parte de instituciones reconocidas a nivel mundial. La Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) y la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS). La primera de ellas define la fotogrametría como “la ciencia encargada de realizar mediciones confiables por medio de fotografías para obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición) del objeto fotografiado”.

Por otra parte, la definición que proporciona la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) es “el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante u otros fenómenos”.

En el ámbito de la fotogrametría aplicada a la topografía, la fotogrametría con drones se define como una técnica que permite realizar mediciones precisas de dimensiones, formas y posiciones de objetos en el espacio. Mediante la superposición de imágenes capturadas por los drones, es posible generar modelos tridimensionales (3D) altamente detallados. Esta tecnología facilita la creación de planos y mapas con una notable precisión y eficiencia.

Antes de la incorporación de los drones, las fotografías aéreas se obtenían mediante el uso de avionetas o helicópteros, lo cual implicaba elevados costos y riesgos asociados a las operaciones. Aunque también se empleaban fotografías satelitales, estas ofrecían una resolución limitada, lo que resultaba en productos con baja precisión. La llegada de los drones ha transformado significativamente esta práctica, proporcionando una alternativa más económica, segura y precisa.

Ventajas de la Fotogrametría con drones

Existen varias ventajas que enumeramos a continuación.

- Una de ellas se refiere a la rapidez para la realización de los trabajos fotogramétricos. Los tiempos se han reducido considerablemente debido a la precisión en la aerotriangulación fotogramétrica, que es la forma de obtener las coordenadas de diversos puntos del terreno a través de fotografías, así como también el procesamiento de dichas imágenes a través de software especializado que agiliza el trabajo fotogramétrico.
- Los costes de operación son mucho más bajos. La realización de fotogrametría con drones resulta mucho más económica respecto a los otros métodos de captación de la información.
- Otra ventaja se refiere a la seguridad de los operarios quienes realizan sus actividades de manera remota. Esto se realiza generalmente en una estación de trabajo y los drones se encargan del resto. Ya no es

necesario que los operarios recorran físicamente terrenos escarpados o espacios que en muchos casos implicarían riesgos para ellos. También facilita el trabajo en grandes extensiones, de ahí que cada vez se use más la fotogrametría con drones en carreteras, por ejemplo.

- La resolución en las imágenes es otra gran ventaja de la que podemos hablar. Con los drones pueden realizarse tomas a distintas alturas, permitiendo una gran calidad, así como mayor control de los resultados.

Principales aplicaciones de la Fotogrametría UAV

La fotogrametría con drones tiene actualmente muchas aplicaciones y son extensas las áreas o nichos en las que puede trabajarse. La ingeniería fotogramétrica tiene su aplicación en: agricultura de precisión, minería, agronomía, medio ambiente (impacto ambiental) y evaluación de la vegetación. Para el tema municipal podemos encontrar catastro, ingeniería y obras civiles, planeación y ordenamiento territorial. Así también inspección de infraestructura térmica / paneles solares, geología, tanto tectónica como estructural. En otras áreas también encontramos arquitectura y arqueología, entre muchas otras.

- **Catastro**

La fotogrametría con drones enfocada a diferentes áreas municipales ha sido de gran valor. Este es el caso del catastro municipal. Temas como la actualización del padrón catastral, el cálculo de impuesto predial, avalúos catastrales, así como los traslados de dominio, son realizados con mayor

precisión y eficiencia. Los tiempos del proceso, desde la toma de información hasta su procesamiento, se han reducido considerablemente gracias a esta herramienta.

- **Ingeniería y obras civiles**

Son muchas las áreas de aplicación de la fotogrametría con drones en ingeniería y obras civiles. Esto es por el gran desarrollo que suponen para las ciudades. Por mencionar algunas, como ejemplo nos referiremos a carreteras, puentes, túneles, acueductos, edificios, análisis hidrológicos, planeación urbana, etc. Las inspecciones que se realizan con drones implican un ahorro substancial tanto en tiempos como en los recursos económicos aplicados garantizando resultados muy precisos.

Software para Fotogrametría con drones

Existen diferentes tipos de software para procesar información fotogramétrica. Hay gran cantidad de herramientas que podemos utilizar.

Pix4D

Las características de este software de fotogrametría digital hacen que sea muy versátil y a la vez una muy buena opción en todo lo que se refiere a procesamiento de datos fotogramétricos. En general, funciona generando nubes de puntos que son comunes entre ellos, con lo cual pueden construirse ortomosaicos y modelos digitales de superficies y de terrenos a partir de grupos de imágenes sobrepuestas.

CAPÍTULO VII: GENERALIDADES DE LOS DRONES

7.1 Uso de drones para fotogrametría

El uso de drones en la topografía ha experimentado un notable avance en las últimas dos décadas, revolucionando los métodos tradicionales de los levantamientos topográficos. Originalmente, los levantamientos fotogramétricos se realizaban con cámaras montadas en aviones tripulados, lo que implicaba altos costos y logística compleja.



Imagen No. 7 - 1. Equipo para fotogrametría.

Fuente: <https://www.timetoast.com/timelines/etapas-de-la-fotogrametria>

Con el desarrollo de drones, también conocidos como vehículos aéreos no tripulados (VANTs), estos procesos se han vuelto más accesibles, precisos y eficientes. A partir de la década de 2010, los drones comenzaron a

popularizarse gracias a mejoras en la tecnología de navegación GPS, cámaras de alta resolución y software avanzado de procesamiento de imágenes.

La fotogrametría aérea realizada con drones proporciona no solo imágenes detalladas, sino también una nube de puntos georreferenciada que facilita el análisis topográfico. Estas nubes de puntos se utilizan para calcular volúmenes de tierra, identificar elevaciones y pendientes, y elaborar modelos digitales de terreno (DTM) y modelos digitales de superficie (DSM). Gracias a su versatilidad y precisión, los drones se han consolidado como una herramienta indispensable en la topografía moderna, permitiendo optimizar el uso de recursos y mejorar la calidad de los datos obtenidos en proyectos de planificación y construcción.

7.2 Tipos de drones

1. Drones de ala fija.

- **Características:** Tienen un diseño similar al de un avión, con alas fijas que les permiten planear y recorrer grandes distancias de manera eficiente.
- **Ventajas:** Son ideales para cubrir áreas extensas y realizar levantamientos de grandes superficies, como campos agrícolas, regiones forestales y proyectos de infraestructura.

- Limitaciones: No pueden despegar o aterrizar de manera vertical y requieren un espacio amplio para realizar estas maniobras. Su capacidad de maniobra en espacios reducidos es limitada.
- Ejemplos: SenseFly eBee, Parrot Disco-Pro AG.



Imagen No. 7 - 2. DJI Dron de ala fija Delair UX11.

Fuente: El vuelo del Drone. <https://elvuelodeldrone.com/drones-profesionales/drones-industriales/drone-de-ala-fija-delair-ux11/>



Imagen No. 7 - 3. DJI Dron de ala fija Delair UX11.

Fuente: TYC-GIS. <https://tycgis.com/tg6-m-dron-ala-fija-teledeteccion-multiespectral/>

2. Drones multirrotor.

- Características: Equipados con múltiples rotores (normalmente de 4 a 8), estos drones son conocidos por su capacidad de despegue y aterrizaje vertical.
- Ventajas: Son ideales para vuelos más precisos y de corta duración, permitiendo maniobras en espacios reducidos y capturas de imágenes detalladas en áreas pequeñas o urbanas.
- Limitaciones: Tienen un tiempo de vuelo limitado en comparación con los drones de ala fija, lo que restringe su uso en áreas muy grandes.
- Ejemplos: DJI Phantom 4 RTK, DJI Matrice 300 RTK.



Imagen No. 7 - 4. DJI Matrice 300 RTK.

Fuente: El vuelo del Drone. DJI/ HELIBOSS. <https://heliboss.cl/wingtra/2603-dron-wingtraone-gen-ii.html>

3. Drones híbridos.

- Características: Combinan las características de los drones de ala fija y los multirrotores, permitiendo despegue y aterrizaje vertical con la capacidad de vuelo de largo alcance.
- Ventajas: Ofrecen versatilidad y eficiencia al cubrir tanto áreas extensas como zonas más precisas. Son adecuados para proyectos que requieren una cobertura mixta de terreno.
- Limitaciones: Su tecnología más compleja puede hacer que sean más costosos y requieran un mantenimiento más especializado.
- Ejemplos: WingtraOne, Quantum Systems Trinity F90+.



Imagen No. 7 - 5. WingTraOne Gen II.

Fuente: DJI/ HELIBOSS. <https://heliboss.cl/wingtra/2603-dron-wingtraone-gen-ii.html>

4. Drones VTOL (Vertical Take-Off and Landing).

- Características: Son una subcategoría de los drones híbridos, capaces de despegar y aterrizar verticalmente como un multirrotor, pero con la capacidad de vuelo eficiente de un ala fija durante la misión.
- Ventajas: Pueden operar en áreas donde no hay espacio suficiente para un despegue horizontal, combinando el alcance de los drones de ala fija con la flexibilidad de los multirrotores.
- Limitaciones: Requieren un manejo y mantenimiento más cuidadoso, y pueden ser más costosos que los drones de tipos más básicos.
- Ejemplos: LIFT Aircraft Hexa, Quantum Systems Vector.



Imagen No. 7 - 6. Dron FDG30 Mako Shark.

Fuente: DJI/ HELIBOSS. <https://heliboss.cl/wingtra/2603-dron-wingtraone-gen-ii.html>

5. Drones con cámaras de alta resolución y sensores especializados

- Características: Equipados con cámaras de alta resolución, sensores RGB y otros sensores especializados como LiDAR, cámaras térmicas e infrarrojas.
- Ventajas: Permiten realizar levantamientos fotogramétricos con gran detalle y precisión, además de combinar datos de diferentes tipos de sensores para un análisis más completo del terreno.
- Limitaciones: El costo puede aumentar significativamente debido al equipo especializado.
- Ejemplos: DJI Zenmuse L1 (sensor LiDAR), drones equipados con cámaras Sony Alpha o cámaras de espectro múltiple para análisis agrícolas.



Imagen No. 7 - 7. Matrice 300 RTK + Zunmuse L1.

Fuente: KDDI SmartDrone. <https://heliboss.cl/wingtra/2603-dron-wingtraone-geni.html>

6. Microdrones

- Características: Son pequeños y ligeros, diseñados para realizar misiones en áreas muy reducidas o de difícil acceso.
- Ventajas: Ideales para levantamientos en interiores, en espacios muy limitados o en lugares donde un drone más grande no podría operar con seguridad.
- Limitaciones: Su capacidad de carga y tiempo de vuelo son limitados, lo que restringe su uso a proyectos específicos y de menor escala.



Imagen No. 7 - 7. DJI Mini 3.

Fuente: KDDI SmartDrone. <https://heliboss.cl/wingtra/2603-dron-wingtraone-geni.html>

7.3 Planificación y ejecución de un levantamiento fotogramétrico con drones

La planificación es una fase crítica en la fotogrametría con drones, ya que de ella depende la precisión y la efectividad de los resultados obtenidos. El proceso comienza con la selección del área de estudio, que debe ser claramente delimitada y evaluada en términos de accesibilidad y condiciones del terreno. Factores como la extensión del área, la presencia de obstáculos (edificios, árboles, postes de luz) y las condiciones topográficas deben ser considerados para definir la estrategia de vuelo y la altura óptima de operación.

La definición de la misión incluye la elección de los parámetros técnicos, como la superposición de las imágenes (overlap), que suele estar entre un 70% y 90% en dirección frontal y lateral para asegurar una correcta reconstrucción 3D. También es importante determinar la resolución deseada (GSD, Ground Sample Distance), que influye en la altitud de vuelo y la calidad de los datos capturados. La planificación incluye el uso de software especializado que simula la ruta de vuelo y permite ajustar detalles antes de la ejecución real, optimizando el tiempo en campo y reduciendo la posibilidad de errores.

La ejecución del vuelo comienza con la verificación de las condiciones meteorológicas, ya que factores como el viento, la lluvia y la luz solar pueden afectar la estabilidad del dron y la calidad de las imágenes. Una vez aseguradas las condiciones favorables, se procede a realizar una revisión de

pre-vuelo, donde se verifica el estado de la batería, el funcionamiento de los sistemas de navegación GPS y RTK (si se utiliza), y la calibración de la cámara o sensor.

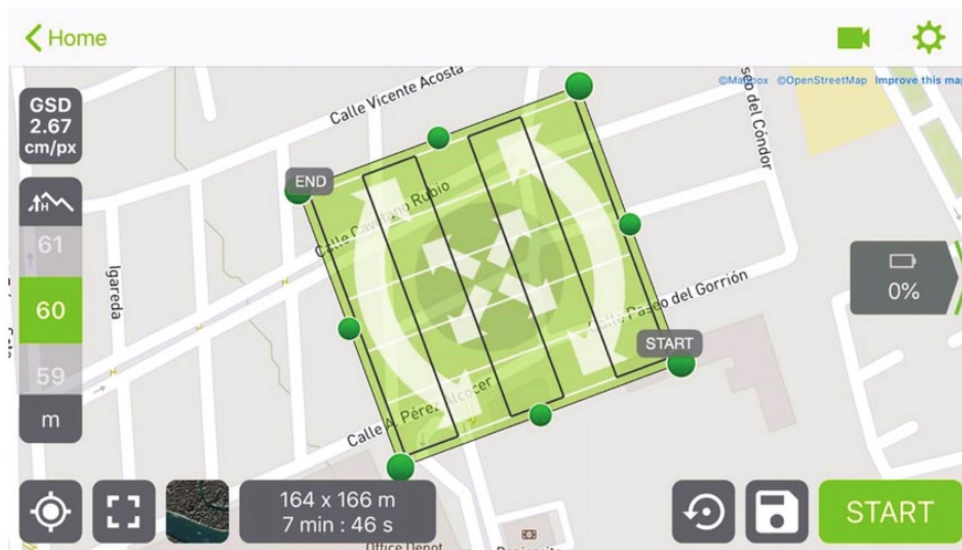


Imagen No. 7 - 8. Ejemplo de plan de vuelo.

Fuente: Elaboración propia.

El vuelo se realiza de acuerdo con la ruta programada previamente en el software de planificación. En caso de vuelos automáticos, es importante tener un plan de contingencia y la capacidad de tomar control manual si es necesario. La captura de datos se realiza mediante la toma continua de fotografías que cubren toda el área de estudio, asegurando la superposición adecuada para la reconstrucción posterior. Si se utilizan drones con sensores adicionales, como LiDAR, el procedimiento de captura se adapta para incluir la recolección de datos de múltiples tipos.

El uso de drones en la fotogrametría conlleva responsabilidades relacionadas con la seguridad y el cumplimiento de regulaciones. Antes de cualquier operación, se deben conocer y respetar las normativas locales e internacionales que regulan el uso de drones, especialmente en áreas urbanas o cercanas a centros educativos, como en el caso del Centro Escolar Valle del Sol. Esto puede incluir la obtención de permisos de vuelo, la certificación del piloto y la identificación de áreas restringidas.

Los protocolos de seguridad comienzan con la evaluación de riesgos, identificando posibles peligros para personas, edificios y vehículos. Es importante establecer un perímetro de seguridad alrededor del área de operación y comunicar a la comunidad y a las partes interesadas sobre la actividad. Además, los operadores deben contar con un plan de emergencia en caso de fallos técnicos o de comunicación, lo que incluye un procedimiento de aterrizaje seguro y la capacidad de recuperar el control manual.

El uso de drones cerca de infraestructuras sensibles requiere tomar medidas para proteger la privacidad, como evitar la captura de imágenes de personas no involucradas en el proyecto. Para ello, se deben seguir pautas éticas y de protección de datos. Por último, la inspección y el mantenimiento del droné antes y después de cada vuelo aseguran que el equipo esté en condiciones óptimas y minimizan el riesgo de incidentes durante la operación.

CAPÍTULO VIII: OBRAS DE MITIGACIÓN

8.1 Conceptualización

Las obras de mitigación son intervenciones diseñadas y ejecutadas para reducir o eliminar el impacto de fenómenos naturales o procesos ambientales adversos que pueden poner en peligro a comunidades, infraestructuras y ecosistemas. Estas obras tienen como objetivo principal minimizar la vulnerabilidad de áreas específicas y mejorar la resiliencia ante eventos potencialmente destructivos, como inundaciones, deslizamientos de tierra, erosión y sismos.

La implementación de obras de mitigación es fundamental en proyectos que lo requieran ya que contribuye a garantizar la seguridad y sostenibilidad de las zonas intervenidas.

Según González (2018), las obras de mitigación incluyen intervenciones para estabilizar pendientes y controlar la erosión en zonas vulnerables, minimizando el riesgo de deslizamientos y pérdida de suelo.

Torres (2020) enfatiza que las obras de mitigación abarcan la construcción de sistemas de drenaje y canales que desvían las aguas pluviales, reduciendo el riesgo de inundaciones en áreas urbanas.

Mediante una combinación de medidas estructurales, como la construcción de muros de contención, canales de drenaje y sistemas de estabilización de taludes, y enfoques no estructurales, como la reforestación y la planificación del uso del suelo, las obras de mitigación buscan un equilibrio entre la protección de las comunidades y la conservación del medio ambiente.

8.2 Clasificación de obras de mitigación

8.2.1 Obras Hidráulicas

Estas obras se enfocan en el manejo y control del agua para prevenir inundaciones y erosiones. Los canales de drenaje y sistemas de evacuación de aguas pluviales permiten la conducción eficiente del agua para evitar acumulaciones y desbordes, mientras que los diques y presas controlan el caudal de ríos y regulan el almacenamiento de agua en embalses (Pérez, 2019).

8.2.2 Obras Geotécnicas

Las obras geotécnicas están relacionadas con la estabilización de suelos y taludes para prevenir deslizamientos. Los muros de contención están diseñados para resistir la presión lateral de la tierra y son esenciales en zonas de alto riesgo. Además, la estabilización de taludes implica el uso de técnicas como anclajes, geomallas y drenajes subterráneos, las cuales contribuyen a la seguridad de áreas con pendientes pronunciadas (Ramírez, 2017).

8.2.3 Obras de Protección Ambiental

Estas medidas están orientadas a conservar el entorno natural y prevenir la erosión. La reforestación ayuda a estabilizar el terreno y mejora la infiltración del agua, reduciendo el riesgo de deslizamientos. Por su parte, la construcción de barreras vegetativas es efectiva para controlar la erosión en laderas y márgenes de ríos (López, 2020).

8.2.4 Obras de Planificación Urbana y Gestión del Riesgo

La planificación y gestión del riesgo en áreas urbanas son esenciales para mitigar el impacto de fenómenos naturales. La zonificación del uso del suelo limita la construcción en áreas de alto riesgo, lo que disminuye la exposición a desastres. Asimismo, los sistemas de alerta temprana y la capacitación comunitaria son fundamentales para preparar a la población y reducir la vulnerabilidad (Torres, 2018).

8.3 Metodología de implementación

La implementación de obras de mitigación requiere una metodología sistemática que garantice un enfoque integral desde la identificación de la necesidad hasta la ejecución de las obras. A continuación, se describe una metodología comúnmente empleada:

8.3.1 Visualización de la Necesidad

El proceso comienza con la identificación de una necesidad en la comunidad o área de interés. Esta visualización puede surgir a partir de observaciones preliminares, informes de riesgos previos o situaciones recurrentes como inundaciones o deslizamientos

8.3.2 Visitas de Campo y Reconocimiento del Terreno

Se realizan visitas de campo para llevar a cabo un reconocimiento detallado del sitio. Estas visitas permiten observar las características físicas del terreno, identificar áreas críticas y evaluar las condiciones actuales de las infraestructuras existentes

8.3.3 Toma de Datos y Estudios Iniciales

Durante las visitas de campo, se recolectan datos relevantes, tales como:

- Datos topográficos: Levantamientos detallados que incluyen cotas, pendientes, perfiles y otros elementos geográficos esenciales para el análisis del terreno.
- Datos estructurales: Evaluación de estructuras existentes y determinación de su estado y capacidad de carga.

- Estudios de suelos y geotécnicos: Realización de sondeos y análisis de las propiedades del suelo para determinar su estabilidad, capacidad portante y características de absorción de agua.
- Estudios hidrológicos: Revisión de los patrones de lluvia y el comportamiento del agua en el área para dimensionar adecuadamente los sistemas de drenaje.

8.3.4 Propuesta de Diseño

Con los datos recolectados, se elabora una propuesta de diseño que incluya las soluciones técnicas más adecuadas para mitigar los riesgos identificados. Esta fase implica:

- Desarrollo de alternativas de solución y selección de la opción más viable.
- Especificación de los materiales a utilizar y las técnicas de construcción.
- Evaluación de costos y tiempos de ejecución.

8.3.5 Planos de Detalles

Se elaboran planos de detalle que describen de forma precisa las características de la obra. Estos planos deben incluir:

- Esquemas de las obras estructurales y no estructurales.

- Detalles de sistemas de drenaje, muros de contención, y otras infraestructuras.
- Secciones transversales y perfiles longitudinales del terreno y las estructuras.

8.3.6 Ejecución de las Obras

La fase de ejecución incluye:

- Preparación del sitio: Despeje, nivelación y preparación del terreno según los requerimientos del proyecto.
- Construcción: Implementación de las soluciones de ingeniería propuestas, siguiendo los planos y especificaciones técnicas.
- Monitoreo y control de calidad: Supervisión constante para asegurar que las obras cumplan con los estándares de seguridad y las normativas establecidas.
- Pruebas y ajustes: Realización de pruebas para verificar la funcionalidad de los sistemas, como drenajes y muros de contención, y hacer ajustes si es necesario.

8.3.7 Informe Final y Entrega

Una vez finalizada la obra, se elabora un informe final que incluye:

- Descripción detallada del proceso de ejecución.
- Resultados de las pruebas de funcionamiento.
- Plan de mantenimiento y recomendaciones para garantizar la durabilidad de la infraestructura.

CAPÍTULO IX: SISTEMAS DE DRENAJES DE AGUAS LLUVIAS

9.1 Generalidades de los sistemas de drenajes de aguas lluvias

Los sistemas de drenaje son infraestructuras diseñadas para recolectar, transportar y evacuar aguas pluviales y residuales de manera eficiente.

Para los centros escolares, el sistema de drenaje debe estar diseñado considerando tanto la recolección efectiva de aguas pluviales como su descarga controlada. Esto implica asegurar que el agua recolectada se dirija de manera segura y no cause problemas en las áreas circundantes. La descarga de aguas pluviales debe realizarse en ubicaciones estratégicas donde se eviten riesgos de erosión y deslizamientos, fenómenos que pueden comprometer la estabilidad del suelo y, en última instancia, la seguridad de la infraestructura escolar.

Además, es fundamental que el diseño del sistema de drenaje en centros escolares se considere la topografía y las características del suelo de la zona. En áreas con pendientes pronunciadas o suelos inestables, un sistema de drenaje sin un diseño adecuado podría agravar el riesgo de deslizamientos. Para evitar esto, es importante incorporar elementos que controlen el flujo de agua y reduzcan la velocidad de descarga. Esto puede lograrse mediante el uso de canales de drenaje en terrazas o escalonados, dispositivos de disipación de

energía y sistemas de almacenamiento temporal, como tanques de retención, que permitan una liberación gradual del agua hacia áreas seguras.

Otra medida crucial para evitar deslizamientos y erosión es la instalación de barreras vegetales, como la plantación de árboles y vegetación autóctona, que ayudan a estabilizar el suelo alrededor de las zonas de descarga. Estos elementos naturales no solo fortalecen el suelo, sino que también mejoran la capacidad de infiltración del agua, reduciendo la cantidad de agua superficial que fluye rápidamente hacia el sistema de drenaje.

9.2 Tipos de sistemas de drenajes de aguas lluvias

Existen varios tipos de sistemas de drenaje de aguas lluvias, diseñados para recolectar y desviar el agua de lluvia de manera efectiva para evitar inundaciones y otros problemas relacionados. Aquí te presento algunos de los más comunes:

- **Drenaje superficial:** Utiliza zanjas y canales abiertos para desviar el agua de lluvia. Es ideal para áreas rurales o donde no hay alta densidad de edificios.
- **Drenaje subterráneo:** Consiste en tuberías enterradas que recogen el agua de lluvia de sumideros o rejillas en la superficie y la dirigen a un punto de descarga, como un río o un lago.

- Drenaje urbano: Incluye sistemas de alcantarillado pluvial diseñados para áreas urbanas densamente pobladas. Estos sistemas combinan rejjas de desagüe, canales y tuberías subterráneas.
- Sistemas de retención y detención: Utilizan estanques o áreas de almacenamiento temporales para retener el agua de lluvia y liberarla lentamente, ayudando a reducir el riesgo de inundaciones.
- Sistemas de infiltración: Permiten que el agua de lluvia se infiltre en el suelo en lugar de ser dirigida hacia un cuerpo de agua. Esto puede incluir zanjas de infiltración, pozos de absorción y pavimentos permeables.

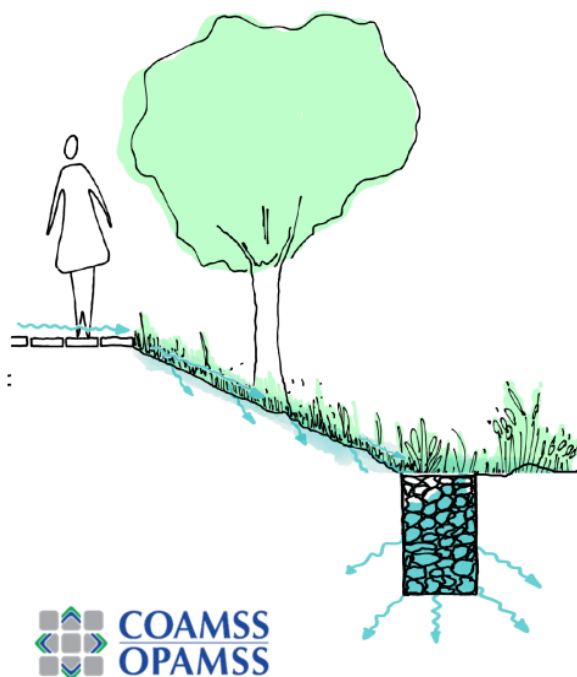


Imagen No. 9 - 1. Zanjas de infiltración .

Fuente: Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS, módulo 3.

- **Techos verdes y sistemas de recolección de agua de lluvia:** Los techos verdes ayudan a reducir la escorrentía al absorber el agua de lluvia, mientras que los sistemas de recolección de agua de lluvia almacenan el agua en tanques para su uso posterior.

9.3 Elementos y componentes de un sistema de drenaje de aguas lluvias

- **Sumideros:** Son estructuras ubicadas en las superficies para capturar el agua de lluvia y dirigirla hacia el sistema de drenaje subterráneo. Pueden estar en las calles, aceras o zonas específicas de captación. Están equipados con rejillas para evitar que objetos grandes entren al sistema y causen obstrucciones.
- **Alcantarillas:** Son conductos que canalizan el agua desde los sumideros hasta las tuberías principales. Están diseñadas para soportar grandes volúmenes de agua en períodos de lluvias intensas. Existen diferentes tipos de alcantarillas, como las pluviales y sanitarias, cada una diseñada para gestionar tipos específicos de agua.
- **Tuberías:** Son el componente principal de transporte dentro del sistema de drenaje, conectando sumideros, alcantarillas y pozos de inspección. Están hechas de materiales como PVC, concreto o metal, seleccionados según la capacidad de carga y la resistencia a la corrosión o presión. Su tamaño varía de acuerdo con el volumen de agua que deben manejar.

- **Pozos de inspección:** Son cámaras o espacios subterráneos que permiten la inspección, limpieza y mantenimiento de las tuberías. Están ubicados en puntos estratégicos de la red de drenaje, como en las intersecciones de tuberías o en tramos largos, y facilitan la entrada de equipos de mantenimiento sin tener que excavar.
- **Cámaras de caída:** Son estructuras que permiten cambios en el nivel de flujo dentro del sistema sin generar turbulencias significativas. La cámara reduce la velocidad del agua en tramos donde hay grandes pendientes o desniveles, protegiendo las tuberías y evitando daños por erosión en el sistema.
- **Canales de drenaje:** Son estructuras superficiales, como zanjas o cunetas, que guían el agua hacia los sumideros. Son comunes en áreas donde se necesita controlar el flujo de agua de manera visible, como caminos rurales o en áreas con pendientes. Suelen estar recubiertos de concreto o materiales permeables.
- **Estanques de retención y detención:** Se utilizan para almacenar temporalmente el exceso de agua en eventos de lluvias fuertes. Mantienen el agua hasta que pueda ser absorbida lentamente por el suelo o usada en riego. Los estanques de detención almacenan el agua temporalmente y luego la descargan controladamente al sistema, reduciendo el riesgo de desbordamiento en el drenaje.

- **Disipadores de energía:** Son dispositivos que disminuyen la velocidad del agua en los puntos de descarga, especialmente en pendientes o en áreas con riesgo de erosión. Utilizan elementos como piedras, rejillas o pequeñas rampas para disipar la energía del agua, reduciendo así la posibilidad de daños al suelo y al entorno.

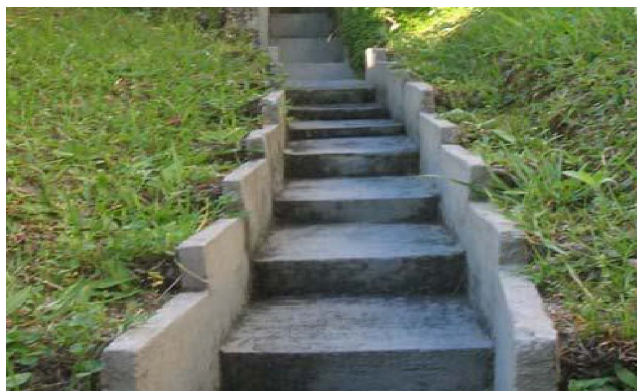


Imagen No.9 - 2. Gradas disipadoras de energía.

Fuente: <https://cersa.org.pe/capacitaciones/?q=content/blog/los-disipadores-de-energ%C3%ADa-hidraulica-m%C3%A1s-usados>

- **Filtros y rejillas:** Colocados en sumideros, canales y puntos de entrada, estos componentes evitan que la basura y los escombros entren al sistema, minimizando la probabilidad de obstrucciones y reduciendo la necesidad de mantenimiento.
- **Bombas de drenaje:** Estas bombas impulsan el agua hacia niveles más altos dentro del sistema o directamente hacia el punto de descarga, asegurando que el sistema se mantenga operativo incluso en condiciones desfavorables de topografía.

9.4 Diseño y dimensionamiento de sistemas de drenajes

9.4.1 Cálculo de caudal de agua lluvia

La fórmula racional es una ecuación empírica utilizada para estimar el caudal máximo de escorrentía en una cuenca, especialmente en áreas urbanas o pequeñas cuencas hidrográficas. Es simple y ampliamente utilizada en el diseño de sistemas de drenaje y obras hidráulicas. La fórmula es la siguiente:

$$Q = C.I.A / 60$$

Donde:

- Q: Caudal máximo de escorrentía (Lts/s).
- C: Coeficiente de escorrentía (adimensional), que depende del tipo de suelo, cobertura vegetal y el uso del suelo. Este valor se estima en función de la capacidad del terreno para absorber el agua de lluvia. En áreas pavimentadas, el coeficiente es alto (cercano a 1), mientras que en áreas con vegetación o permeables es menor.
- I: Intensidad de la lluvia de diseño (mm/min), que se determina en función de la duración de la tormenta y el periodo de retorno. Se obtiene a partir de estudios climáticos, considerando tormentas de duración e intensidad específicas para el área de la cuenca.

- A: Área de la cuenca (m²). Representa la extensión total del terreno que contribuye al flujo de escorrentía.

Áreas Urbanas:

Uso de suelo	Coefficientes de escorrentía
Comercio	0.70-0.95
Residencial alta densidad	0.65-0.80
Residencial media densidad	0.40-0.60
Residencial baja densidad	0.30-0.50
Industrial más del 70% impermeable	0.60-0.90
Industrial hasta el 70% impermeable	0.50-0.80
Parques y Cementerios	0.10-0.25
Parqueos Concreto	0.70-0.95
Parqueos Asfalto	0.80-0.95
Áreas Peatonales	0.75-0.85
Techos	0.75-0.95

Tabla No. 9 - 1. Coeficientes de escorrentía.

Fuente: opamss.org.sv/wp-content/uploads/2020/07/COMPILACION_LEY-Y-REGLAMENTO.pdf

La fórmula racional es útil en el diseño de sistemas de drenaje urbano y en proyectos que requieren estimar el caudal para prevenir inundaciones. Su simplicidad la hace ideal para cuencas pequeñas (generalmente menores de 200 ha), en las que se puede asumir que la intensidad de la precipitación es uniforme en toda el área y durante el tiempo que dura la tormenta.

9.4.2 Determinación de la intensidad de la precipitación de diseño

Curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF)

Para el cálculo de las curvas de intensidad–duración–frecuencia, se debe contar con una serie de datos históricos de precipitación máxima en un periodo de 24 horas para cada mes, provenientes de estaciones pluviométricas dentro del área en estudio o cercanas a ella. Estos datos se encuentran en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN (Observatorio Ambiental). Dado que se cuenta con datos mensuales de precipitación máxima en 24 horas, se deben seleccionar los datos máximos anuales de precipitación para cada año disponible, a fin de realizar pruebas de bondad de ajuste y determinar el tipo de función probabilística que mejor represente las precipitaciones históricas. Con base en el tipo de función probabilística y la cantidad de datos disponibles, se obtienen los valores estadísticos necesarios para calcular la precipitación máxima, en función de la precipitación media y del período de retorno.

Tiempo de concentración (Tc)

Para determinar la Intensidad de Diseño, es fundamental conocer la duración asociada de la lluvia. El Método Racional asume que esta duración será equivalente al Tiempo de Concentración de la cuenca estudiada. Este tiempo representa el lapso que tarda una gota de agua en desplazarse desde el

punto más distante de la cuenca hasta el punto de salida o el designado para el análisis hidrológico.

También puede definirse como el tiempo mínimo necesario para que todas las áreas de la cuenca contribuyan con agua de escorrentía de manera simultánea en el punto de salida.

Para realizar el cálculo se emplea la ecuación de Kirpich, la cual fue desarrollada para pequeñas cuencas y con pendientes de entre el 3% y el 10% la fórmula es la siguiente:

$$T_c = 0.02L^{0.7} S^{-0.3}$$

Donde:

- T_c : tiempo de concentración en minutos
- L : longitud del cauce mas largo en metros
- S : pendiente (m/m)

El periodo de retorno (T_r)

Es el intervalo promedio de tiempo entre eventos de lluvia, inundación u otros fenómenos hidrológicos de una magnitud específica o mayor en un lugar determinado. En otras palabras, indica cada cuánto tiempo, en promedio, se espera que ocurra un evento de determinada intensidad o volumen.

El periodo de retorno según el artículo V.14 del Reglamento de la Ley de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador: “Todo proyecto u ocupación que genere superficies impermeables y que se localice en zonas donde exista falta de capacidad en la infraestructura de drenaje de aguas lluvias, deberá poseer un dispositivo de control del escurrimiento del agua de origen pluvial, tal como los sistemas de detención o retención, que garanticen la condición de Impacto Hidrológico Cero, en adelante IHC. Estos dispositivos deberán instalarse dentro de los terrenos del proyecto solicitado como parte de sus redes de drenajes, antes de los puntos de descarga hacia el sistema público de alcantarillado de aguas lluvias o quebrada y deberán diseñarse para tormentas con períodos de retorno de diez años mínimo.

Selección de la Intensidad de Precipitación (I)

Con el gráfico de la curva IDF para el período de retorno de diseño y el tiempo de concentración de lo calculado, se procede a identificar la Intensidad de Diseño. Esto se hace ubicando en la curva el punto correspondiente al tiempo de concentración y períodos de retornos establecidos, obteniendo así la intensidad de precipitación esperada, que se usará en los cálculos de escorrentía y dimensionamiento de obras de drenaje.

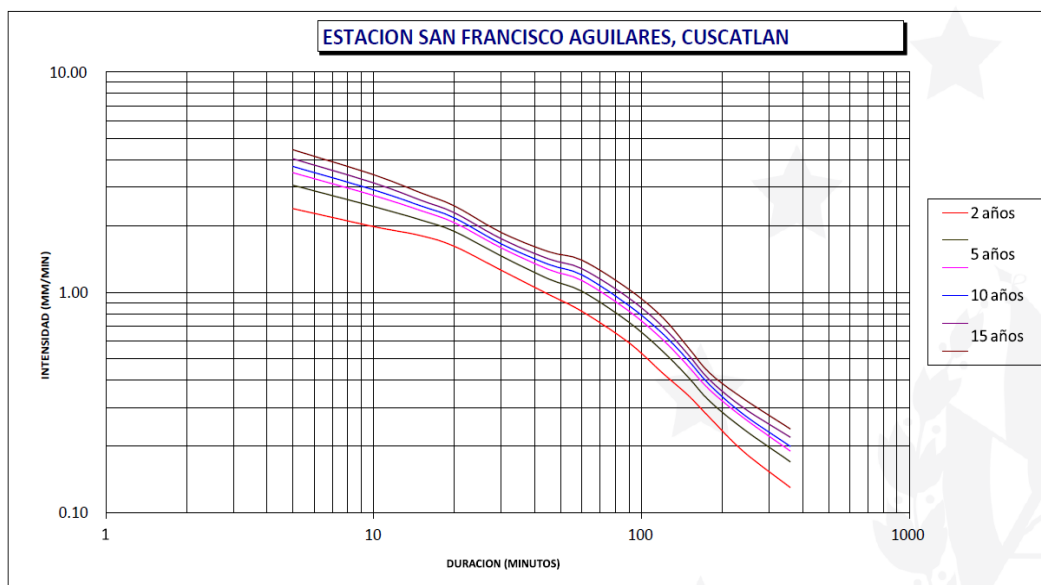


Imagen No. 9 - 3. Gráfica intensidad – duración - frecuencia con datos de estación “San Francisco Aguilares, Cuscatlán”.

Fuente: Dirección del observatorio de amezas y recursos naturales.

Dimensionamiento del Sistema de Drenaje utilizando la Ecuación de Manning

Para dimensionar los elementos del sistema (como canales y tuberías), se aplica la ecuación de Manning, que calcula la velocidad de flujo en función del radio hidráulico, la pendiente y la rugosidad del material del canal:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde:

V: Velocidad del flujo (m/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning, determinado según el tipo de material (por ejemplo, concreto, tierra, pasto).

R: Radio hidráulico, que es el área de flujo dividida por el perímetro mojado.

S: Pendiente del conducto.

9.5 Normativas y regulaciones para sistemas de drenajes de aguas lluvias en El Salvador

9.5.1 El Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC)

En El Salvador, actualmente no existe una normativa específica que regule de manera integral los sistemas hidráulicos en las edificaciones. Esto ha llevado a los profesionales del área a recurrir al Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC), que proporciona un marco normativo sólido y probado para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas hidráulicos y sanitarios. En algunos casos, también se utilizan normativas peruanas, que, aunque no son locales, ofrecen criterios útiles en ausencia de directrices nacionales.

El IPC se enfoca en varios aspectos fundamentales que buscan asegurar la eficiencia y seguridad de las instalaciones hidráulicas. Entre sus características más relevantes se encuentran:

Diseño Sostenible: Promueve el uso eficiente del agua y la implementación de tecnologías que minimizan el consumo y el desperdicio, fomentando prácticas sostenibles en la gestión de recursos hídricos.

Calidad del Agua: Establece estándares para prevenir la contaminación del agua potable, garantizando que las instalaciones sanitarias y de plomería sean seguras para la salud pública.

Instalación y Mantenimiento: Proporciona lineamientos detallados sobre la correcta instalación de sistemas hidráulicos, así como recomendaciones para su mantenimiento, asegurando su funcionamiento a largo plazo y reduciendo el riesgo de fallos o daños.

Regulaciones Técnicas: Incluye especificaciones técnicas sobre los materiales y métodos de instalación que deben ser utilizados, asegurando la durabilidad y funcionalidad de las infraestructuras hidráulicas.

Cumplimiento Normativo: Facilita a los diseñadores y constructores cumplir con las regulaciones locales y nacionales, ya que ofrece un estándar reconocido internacionalmente.

9.5.2 Ley de urbanismo y construcción.

La Ley de Urbanismo y Construcción de El Salvador es el marco legal que regula el desarrollo urbano, la construcción y el uso del suelo en el país. Su principal propósito es asegurar que el crecimiento urbano se realice de manera ordenada, segura y sostenible, con respeto al medio ambiente y atención a las necesidades sociales.

Algunos aspectos clave de esta ley incluyen:

- **Zonificación y uso de suelo:** Establece los criterios de zonificación para definir qué actividades pueden realizarse en diferentes áreas del país (residenciales, comerciales, industriales, etc.), regulando así el uso adecuado del suelo.
- **Normas de construcción:** Define los estándares y requisitos técnicos que deben cumplir las edificaciones para garantizar seguridad estructural y calidad. Esto incluye regulaciones para construcciones en zonas de alto riesgo, como áreas propensas a deslizamientos o inundaciones.
- **Permisos y licencias:** Exige que los proyectos de construcción obtengan permisos y aprobaciones de las autoridades competentes, como el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) y las municipalidades. Estos permisos son esenciales para asegurar que las obras cumplan con las normas urbanísticas y ambientales.

- Protección ambiental: La ley incluye disposiciones para la conservación del medio ambiente en el proceso de desarrollo urbano, promoviendo prácticas sostenibles y evitando daños ecológicos.
- Roles y responsabilidades institucionales: Asigna competencias a varias instituciones, como la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), para la planificación y regulación del desarrollo urbano.

El artículo 91 de la Ley de Urbanismo y Construcción de El Salvador establece que los proyectos de parcelación ubicados cerca de ríos o quebradas deben incluir un estudio hidrológico de la cuenca para evaluar el impacto en proyectos aledaños. Además, si el área tiene pendientes pronunciadas, se deben implementar medidas de protección contra la erosión. Se requiere un diseño hidráulico para las tuberías y el sistema de drenaje de aguas lluvias, calculado para intensidades de lluvia de un período de retorno de cinco años, con especificaciones adicionales para drenajes de mayor diámetro. También se detallan dimensiones y características de las tuberías y estructuras de drenaje, incluyendo el uso de pozos de visita y condiciones para la entrega de aguas pluviales a colectores, garantizando que la infraestructura se ajuste a normativas que prevengan obstrucciones y erosión

9.5.3 Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños

La Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños tiene como principal objetivo regular el uso y desarrollo del territorio en el área metropolitana y sus alrededores. Esto se logra mediante el aprovechamiento adecuado de los recursos y la implementación de instrumentos de planificación que faciliten una mejor organización urbana y rural.

La ley establece un marco institucional que determina los organismos responsables de la planificación y el control del desarrollo territorial, así como un marco técnico que incluye el Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial. Además, regula aspectos relacionados con la obtención de permisos de construcción y parcelación, la inspección de obras y la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno para garantizar la dotación de servicios públicos en la región.

El artículo V.14 de la “PARTE QUINTA DE LAS PARCELACIONES” de la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador se regula la elaboración de estudios, análisis y diseños para mitigar el impacto hidrológico derivado de proyectos de urbanización que aumentan las áreas impermeables, lo que a su vez incrementa la escorrentía en las cuencas.

Se establecen requerimientos específicos según la superficie impermeable del proyecto:

Proyectos menores o iguales a 150 m²: Se permite presentar alternativas de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).

Proyectos entre 150 m² y 500 m²: Deben presentar alternativas tipo SUDS, junto con una memoria de cálculo.

Proyectos mayores a 500 m²: Se requiere un estudio hidrológico e hidráulico y la implementación de Sistemas de Mitigación del Impacto Hidrológico (SMIH).

Para todos los SMIH, se exige que sean diseñados para un caudal hidrológico con un período de retorno de 25 años, utilizando datos de lluvia específicos del estudio hidrológico. Este marco normativo busca garantizar un desarrollo urbano sostenible, que considere adecuadamente los efectos sobre el drenaje y la gestión del agua. Además, los propietarios de los inmuebles son responsables del mantenimiento de las infraestructuras relacionadas con los SMIH, independientemente de su ubicación en terreno público o privado.

CAPÍTULO X: RECONOCIMIENTO DE CAMPO Y MEDICIÓN DE PUNTOS DE CONTROL FOTOGRAMÉTRICOS (PCF)

10.1 Descripción del lugar de levantamiento

El lugar en estudio es el Centro Escolar Valle del Sol, identificado con el código 11327, este es asignado bajo un marco normativo asignado por el MINEDUCYT, el inmueble se localiza en la Urbanización Valle del Sol, sobre la Avenida Juan Martín, Block B, Distrito de Apopa, Municipio de San Salvador Oeste, Departamento de San Salvador. Este centro educativo es una institución clave para la comunidad de la zona, brindando servicios de educación parvularia y básica a un gran número de estudiantes de los alrededores.



Imagen No. 10 - 1. Ubicación de Centro Escolar Valle del Sol.

Fuente: Google Earth. (2024). Centro Escolar Valle del Sol, Apopa, San Salvador (13°44'35.2"N, 89°10'14.8"W) [Imagen de satélite].

Se ubica dentro de un área muy densificada, el uso de suelo urbano es el predominante en la zona, el inmueble recibe el uso de suelo de equipamiento.

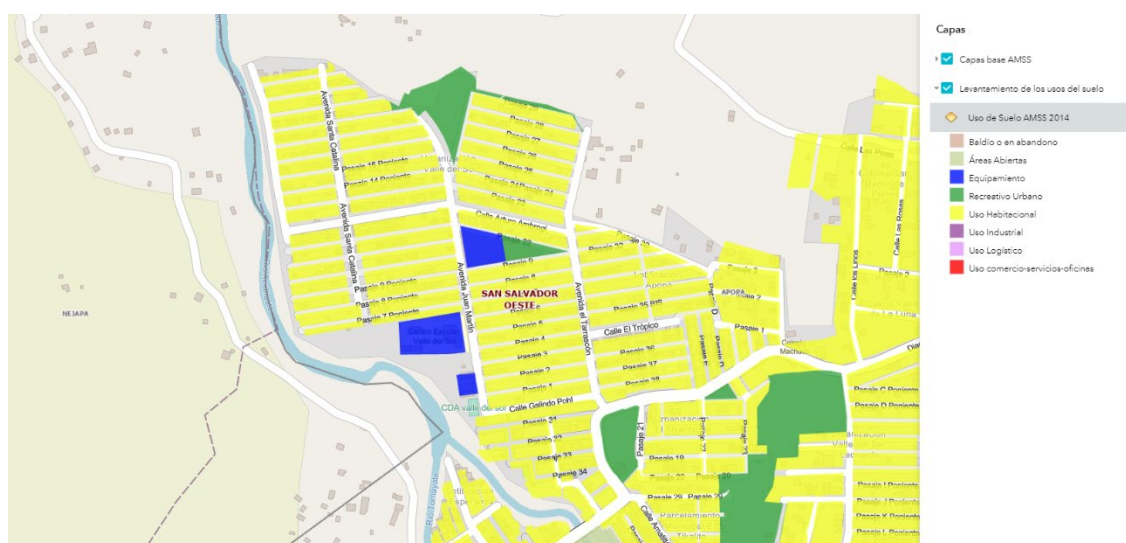


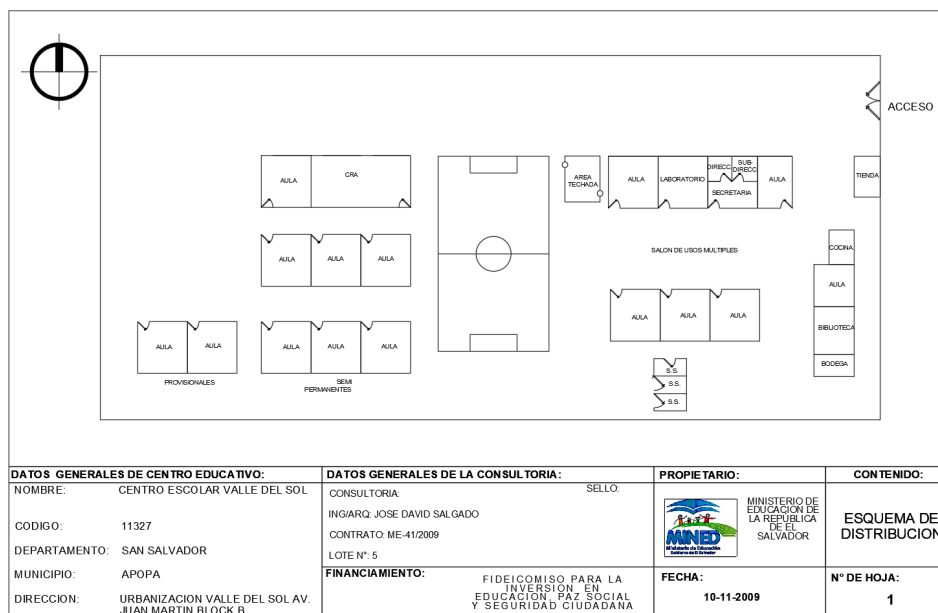
Imagen No. 10 - 2. Mapa de usos de suelo.
Fuente: Geoportal esquema director OPAMSS.



Imagen No. 10 - 3. Acceso principal de Centro Escolar Valle del Sol.
Fuente: Elaboración propia.

10.2 Reconocimiento del lugar

Como primer paso del proceso para poder desarrollar las diferentes actividades de campo las cuales permitieron obtener los datos necesarios para poder desarrollar el procesamiento de la información, se contactó a la directora de la institución para exponer el motivo de la visita. Posteriormente se realizó un recorrido por todas las instalaciones del centro educativo con parte del personal de este, lo cual permitió conocer las condiciones actuales del terreno, los riegos que presentan, las zonas vulnerables, el perímetro y las zonas circundantes. Con la finalidad de tener un acercamiento y poder programar las siguientes etapas del proceso de medición. Como insumo se recibió un esquema de distribución.



*Imagen No. 10 - 4. Esquema de distribución de Centro Escolar Valle del Sol.
Fuente: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MINEDUCYT).*

En las siguientes fotografías se muestra parte del proceso de reconocimiento realizado.



*Imagen No. 10 - 5. Recorrido exterior de muro perimetral.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 10 - 6. Exterior de módulo de aulas.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 10 - 7. Ruta de acceso a colindancia oeste.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 10 - 8. Vista interior de infraestructura en zona oeste.
Fuente: Elaboración propia.*

10.3 Medición de los Puntos de Control Fotogramétricos (PCF)

10.3.1 Equipo GPS utilizado

Se utilizó el equipo GPS TERSUS OSCAR para obtener los puntos de control fotogramétricos a través de la técnica de medición RTK NTRIP.



*Imagen No. 10 - 9. Equipo GPS TERSUS OSCAR.
Fuente: Elaboración propia.*

10.3.2 Ubicación de los Puntos de Control Fotogramétricos (PCF)

Un Punto de Control Fotogramétrico (PCF) es una marca o referencia georreferenciada utilizada en proyectos de fotogrametría para garantizar la precisión y la calidad de los modelos obtenidos a partir de imágenes aéreas o terrestres. Estos puntos son esenciales para vincular las imágenes capturadas con un sistema de coordenadas específico, mejorando la exactitud geométrica del producto final, como ortofotos, modelos digitales de terreno (MDT) o de superficie (MDS)

Para poder referenciarlos se utilizaron lonas cuadradas de vinil de 0.5 metros por lado y marcas con espray sobre la superficie natural distribuidas uniformemente, las cuales actúan como marcador visual desde al aire para que el software de fotogrametría pueda identificarlos como referencias exactas, asegurando que los modelos sean precisos.



*Imagen No. 10 - 10. Modelo de lona utilizada de 0.5 m x 0.5 m.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 10 - 11. Marca típica de PCF elaborada con espray.
Fuente: Elaboración propia.*



Imagen No. 10 - 12. Distribución de Puntos de Control Fotogramétricos (PCF).

Fuente: Elaboración propia.

10.3.3 Medición de puntos de control fotogramétricos con la técnica RTK

NTRIP

Primeramente, se enlazó el equipo GPS TERSUS OSCAR mediante la aplicación NUWA por medio de bluetooth desde una tableta Android (a la cual se le compartió internet desde un celular para poder establecer conexión y recibir la corrección diferencial), una vez verificada la conexión nos movilizamos a cada uno de los puntos de control fotogramétricos.



Imagen No. 10 - 13. Enlace de GPS a aplicación NUWA.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 10 - 14. Preparación de equipo GPS TERSUS OSCAR.
Fuente: Elaboración propia.



*Imagen No. 10 - 15. Medición de PCF-7.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 10 - 16. Medición de PCF-6.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 10 - 17. Medición de PCF-8.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 10 - 18. Medición de PCF-9.
Fuente: Elaboración propia.*

CAPITULO XI: USO DE ESTACIÓN TOTAL PARA COMPLEMENTO DE LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

11.1 Integración de datos de estación total y del levantamiento fotogramétrico

Para complementar el levantamiento fotogramétrico nos apoyamos de la estación total debido a que las imágenes fotogramétricas en algunos casos no capturan con suficiente detalle características pequeñas como bordillos, alcantarillas, postes o esquinas exactas de edificaciones especialmente cuando existen obstáculos en el área en estudio, en este caso fueron las cubiertas de los techos y la vegetación existente.

La estación total permite medir con gran exactitud los puntos críticos, mejorando así el nivel de detalle del levantamiento. Esto genera una nube de puntos secundaria que se integra con la nube de puntos obtenida por el procesamiento de las imágenes fotogramétricas, lo cual ajusta las curvas de nivel eliminando el error que generan los obstáculos obteniendo una nueva superficie a partir de la intersección de las nubes de puntos. Lo anterior permite representar en el plano todos los elementos necesarios, proporcionando información topográfica detallada y la ubicación exacta de las infraestructuras existentes, lo que sirve como base fundamental para la proyección de propuestas de obras de diferente índole, sean estas arquitectónicas, hidráulicas, de mitigación, etc.

11.2 Metodología utilizada

11.2.1 Materialización de puntos

Se colocaron 4 puntos auxiliares con el apoyo del GPS (TERSUS OSCAR), lo que permitió obtener las coordenadas y la elevación de estos puntos, se utilizó la siguiente nomenclatura Plg - # para identificarlos. Se materializaron a través de un clavo de acero inmerso en la superficie y una marca con espray alrededor para identificarlo con una mayor facilidad.

	A	B	C	D
1	Nombre	E	N	h
2	Plg1	4.793.295.795	2.997.641.844	4.178.729
3	Plg2	4.793.723.313	2.997.644.661	4.189.877
4	Plg3	4.794.134.519	2.997.863.494	4.177.711
5	Plg4	4.794.291.253	2.997.903.720	4.156.211

*Imagen No. 11 - 1. Coordenadas y elevación de puntos para estación total.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 11 – 2. Medición de Plg-3.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen No. 11 – 3. Medición de Plg-2.
Fuente: Elaboración propia.*

11.2.2 Equipo Utilizado

Se utilizó la estación total HTS-220R marca Hi-Target, un trípode, un bastón y un prisma.



Imagen No. 11 - 4. Estación Total HTS-220R.

Fuente: Elaboración propia.

11.2.3 Medición por radiación

Se colocaron 4 puntos para formar pares entre ellos, entre los Plg-1 y Plg-2 se forma el primer par y entre los Plg-3 y Plg-4 se conformó el segundo par, para poder utilizar la técnica de radiación y centrar el equipo en un Plg-x y dar la vista atrás hacia el par correspondiente, fue necesario colocar puntos auxiliares debido a los obstáculos que se encontraban en campo. Previamente se analizó que hubiera una línea de visión clara entre los pares y fueran puntos estratégicos que permitieran visualizar la mayor cantidad de detalles posibles.

En las siguientes fotografías se muestra parte del proceso de medición con estación total utilizando el método de radiación.



Imagen No. 11 - 5. Medición de punto en zona de tapial.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 11 - 6. Centrado y nivelado de estación total en Plg-2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 11 - 7. Distribución de puntos "Plg-x" para estación total.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO XII: PLAN DE VUELO

12.1 Software DJI GO 4

El software DJI GO 4 es una aplicación diseñada para el control y operación de drones de la marca DJI, siendo la interfaz entre los usuarios y los equipos. Este software permite ajustar los parámetros para el correcto manejo del equipo.



Imagen No. 12 - 1. Logo de aplicación DJI GO4.

Fuente: DJI GO - DJI



Imagen No. 12 - 2. Interfaz de DJI GO 4.

Fuente: Trabajo de Graduación: Restitución Fotogramétrica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, por Flor Alejandra Carbajal Ponce y otros.

Configuración de parámetros en software DJI GO 4.

- Regreso inteligente por batería baja.

Este parámetro permite evitar accidentes, asegurando que el dron volverá al punto de origen cuando este alcance un porcentaje definido por el usuario, en el plan de vuelo formulado para este proyecto se estableció que cuando la batería esté a un 15% de su capacidad el dron regrese al punto de origen.

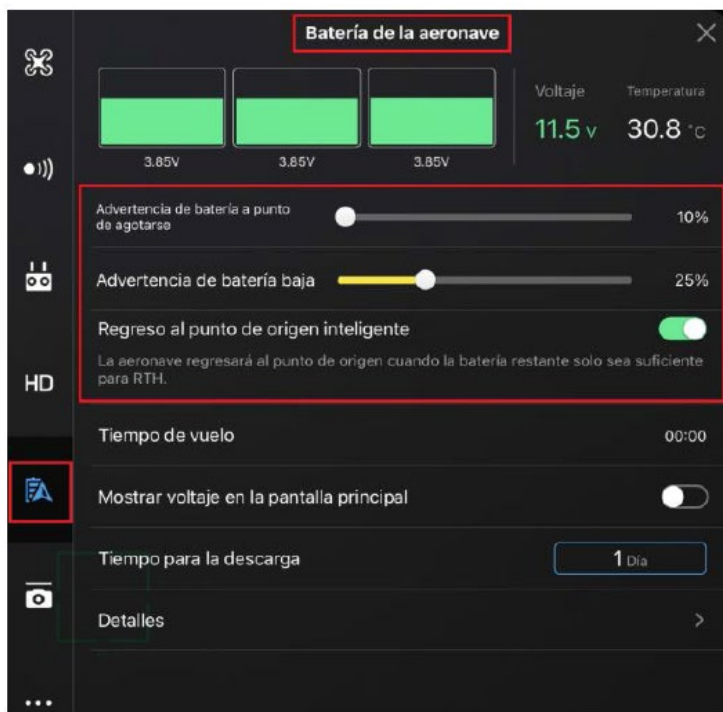


Imagen No. 12 - 3. Configuración de regreso inteligente al punto de origen.

Trabajo de Graduación: Restitución Fotogramétrica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, por Flor Alejandra Carbajal Ponce y otros.

- Configuración de navegación

Permite activar el sistema anticolidión, estos funcionan con sensores integrados en el equipo para garantizar la integridad física del equipo y del entorno.

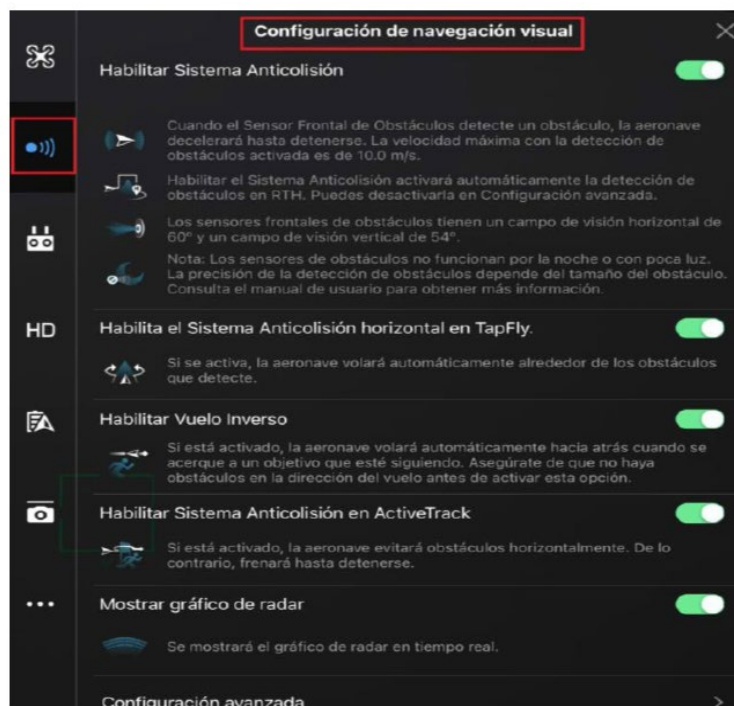


Imagen No. 12 - 4. Configuración de navegación en DJI GO 4.

Trabajo de Graduación: Restitución Fotogramétrica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, por Flor Alejandra Carbajal Ponce y otros.

12.2.1 Generalidades del software DJI GO 4 para levantamientos fotogramétricos

- **Interfaz de Usuario Intuitiva:** DJI GO 4 proporciona una interfaz que muestra información clave en tiempo real, como la altitud, velocidad, y posición del dron, facilitando el monitoreo de cada vuelo.
- **Control de Cámara y Calidad de Imágenes:** permite ajustar la resolución y configuración de la cámara, optimizando la captura de imágenes según las condiciones de luz y las características del área a estudiar. La calidad de imagen resulta adecuada para obtener fotografías de alta resolución, necesarias para un levantamiento fotogramétrico detallado.
- **Modo de Vuelo Automatizado:** Aunque DJI GO 4 no tiene capacidades avanzadas para planificar misiones fotogramétricas, sí permite el vuelo controlado con precisión, permitiendo vuelos en línea recta y a alturas estables. Para misiones más avanzadas, DJI GO 4 puede complementarse con otras aplicaciones de planificación de vuelo fotogramétrico como DroneDeploy o Pix4D.
- **Estabilización y Precisión:** utiliza sistemas GPS y GLONASS para mejorar la estabilidad y precisión de vuelo, especialmente en áreas con baja cobertura satelital, manteniendo una altura y posición consistentes para asegurar que las imágenes capturadas sean precisas y puedan integrarse correctamente en un modelo 3D.

- Almacenamiento de Datos y Seguridad: DJI GO 4 permite almacenar de manera segura las imágenes y datos del vuelo en la memoria interna del dron o en tarjetas SD externas.

12.2 Equipo utilizado

Se tuvo a disposición el dron DJI Mavic 2 Pro para realizar el levantamiento fotogramétrico.



Imagen No. 12 - 5. Dron DJI Mavic 2 Pro.

Fuente: TEST: DJI Mavic 2 Pro - BM

12.2.1 Descripción del Equipo DJI Mavic 2 Pro

DJI Mavic 2 es un dron avanzado y versátil, conocido por su calidad de cámara, estabilidad de vuelo, y una serie de características que lo hacen ideal en la captura de imágenes aéreas y cartografía. A continuación, se describen algunos de sus aspectos más relevantes:

- Cámara: viene en dos versiones principales: el Mavic 2 Pro, que cuenta con una cámara de 20 megapíxeles con un sensor CMOS de 1 pulgada.
- Rango de vuelo: tiene una distancia de vuelo de hasta 8 km (con transmisión OcuSync 2.0) y una velocidad máxima de 72 km/h.
- Estabilidad y control de vuelo: cuenta con sensores de obstáculos omnidireccionales, que permiten detectar obstáculos en todas las direcciones para evitar colisiones y volar de manera segura.
- Duración de la batería: tiene una autonomía de hasta 31 minutos por carga, lo cual es considerable para drones de esta categoría.

Armado de dron DJI Mavic 2 Pro

Para armar el DJI Mavic 2 Pro, primero se despliegan las patas traseras y luego las delanteras en su posición de vuelo. Posteriormente nos aseguramos de que cada hélice esté correctamente instalada y bloqueada en el motor correspondiente (las hélices negras en motores con marcas negras y las grises en motores sin marcas). Luego se procede a insertar la batería en la parte superior trasera del dron hasta escuchar un clic, se debe pulsar el botón de encendido una vez y en seguida una segunda vez mintiéndolo sostenido entre 3-5 segundos, se observará una luz en la batería hasta que enciende

totalmente, en este momento nos aseguramos de tener suficiente carga en la batería del dron y del control remoto para evitar interrupciones durante el vuelo.



Imagen No. 12 - 6. Armado de dron DJI Mavic 2 Pro.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 12 - 7. Instalación de hélices de dron DJI Mavic 2 Pro.

Fuente: Elaboración propia.

12.3 Diseño de plan de vuelo en software Pix4Dcapture

Para realizar el levantamiento fotogramétrico con el dron DJI Mavic 2 Pro se utilizó el software Pix4Dcapture como planificador del vuelo. Es un software que permite controlar parámetros como la altura del vuelo, el tiempo de la misión, el tipo de cuadrícula, cantidad de fotografías, los cuales determinan la calidad del levantamiento. Se describirán los pasos empleados en la planificación de la misión de vuelo del área en estudio.

Primeramente, debemos abrir Pix4Dcapture en algún dispositivo móvil y seleccionar el dron con el que se tenga disponibilidad.



Imagen No. 12 - 6. Logo de aplicación PIX4Dcapture Pro.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 12 - 8. Selección de dron DJI Mavic 2 Pro.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se debe seleccionar el tipo de misión, en este caso se utilizó la doble cuadrícula para obtener un modelo tridimensional.



Imagen No. 12 - 9. Selección de misión en doble cuadrícula.

Fuente: Elaboración propia.

Se configuran algunos parámetros del vuelo, como el área a cubrir en nuestro caso 164x109 m, la altura de vuelo fue de 50 m, el tiempo de la misión de 12 minutos y 56 segundos, la resolución de 1.42 cm/píxel y velocidad de 3.9 m/s.



Imagen No. 12 - 10. Ejemplo de área de vuelo.

Fuente: Zavaleta, García, Mejía, Mejía (2023). Utilización de drones en levantamiento topográfico para el análisis de cárcava en residencial Santa Lucía, Municipio de Ilopango.

Una vez configurados los parámetros y definida el área se inicia la misión desde Pix4Dcapture, el dron despegará automáticamente y comenzará a seguir la ruta definida, el software controla la captura automática de imágenes, tomando fotos con el traslape especificado para asegurar la cobertura completa del área.

Una vez finalizada la misión, las imágenes se almacenarán en la tarjeta SD del dron. Se pueden descargar y cargarlas en Pix4Dmapper para el procesamiento fotogramétrico y la generación de modelos 3D o mapas ortomosaicos.

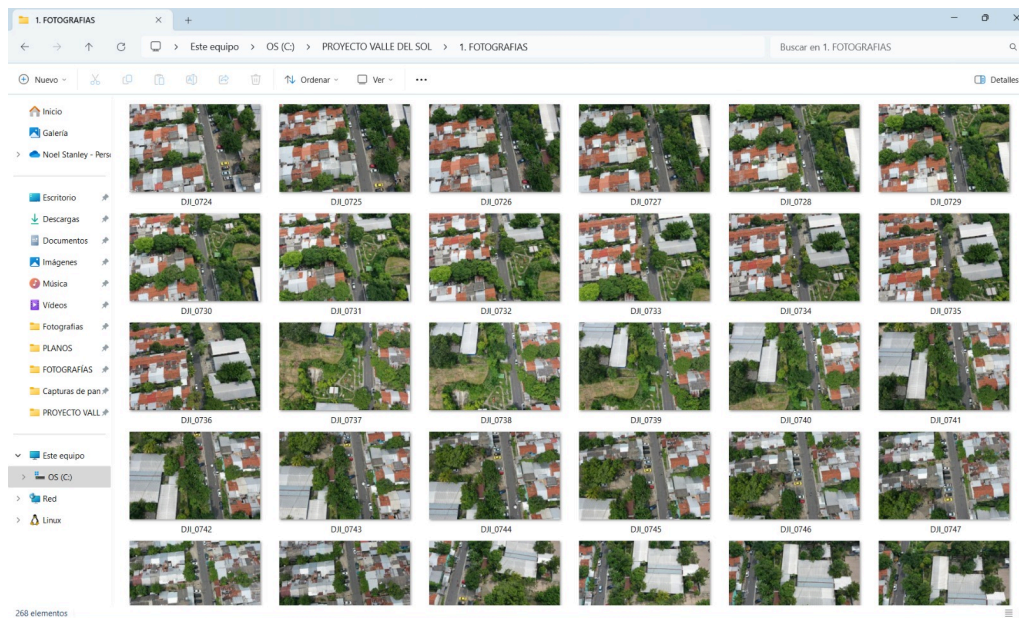


Imagen No. 12 - 11. Carpeta con fotografías exportadas desde el dron DJI Mavic 2 Pro.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO XIII: PROCESAMIENTO DE DATOS FOTOGRAMÉTRICOS

13.1 Generalidades del software Pix4D

Pix4D es un software especializado en fotogrametría y procesamiento de imágenes aéreas para la creación de modelos 3D, ortomosaicos, mapas de elevación y otros productos de mapeo. Este software es ampliamente utilizado en sectores como la agricultura, la construcción, la minería y la topografía para realizar levantamientos precisos y detallados.

Permite transformar imágenes capturadas por drones en modelos 3D, ortofotos y nubes de puntos. Esto se logra mediante algoritmos de fotogrametría que miden las distancias y formas basándose en múltiples imágenes tomadas desde diferentes ángulos. Lo que facilita el uso del software para usuarios con diferentes niveles de experiencia y ahorra tiempo en el procesamiento de datos.

Pix4D utiliza puntos de control fotogramétricos (PCFs) para georreferenciar los mapas y modelos con alta precisión, lo que es clave para aplicaciones que requieren datos de ubicación exactos.

Es compatible con una amplia gama de drones y sensores, incluyendo cámaras multispectrales y térmicas, lo que lo hace versátil para diferentes aplicaciones.

Productos generados al final del procesamiento:

- Ortomosaicos: Imágenes aéreas corregidas para eliminar la distorsión y alineadas a una escala uniforme.
- Modelos Digitales de Elevación (DEM): Mapas de elevación de la superficie terrestre, representado por las curvas de nivel.
- Nubes de puntos: Representación detallada de la topografía y estructura de una zona.
- Modelos 3D: Representaciones en tres dimensiones de edificaciones, terrenos o áreas urbanas.

13.2 Procesamiento de datos en el software Pix4D

Primeramente, se crea una carpeta en el DISCO (C): con el nombre “PROYECTO VALLE DEL SOL” y dentro de ella tres carpetas con los nombres de “Fotografías”, “PCF” y “SRG”.

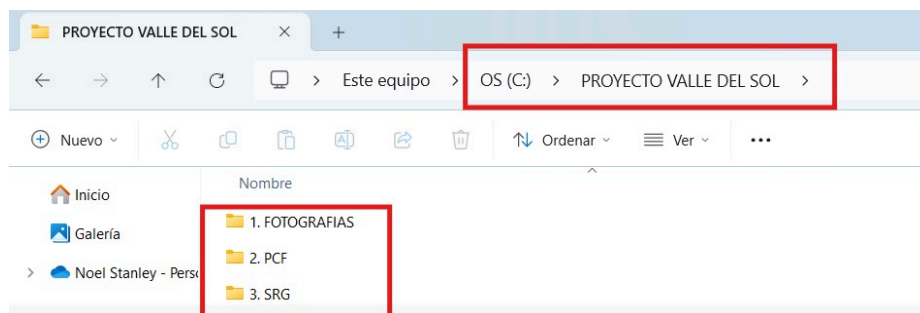


Imagen No. 13 - 1. Carpeta de proyecto creada en disco local (C:).

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de cada una de estas carpetas se encuentran:

FOTOGRAFÍAS: Fotografías aéreas tomadas durante el vuelo.

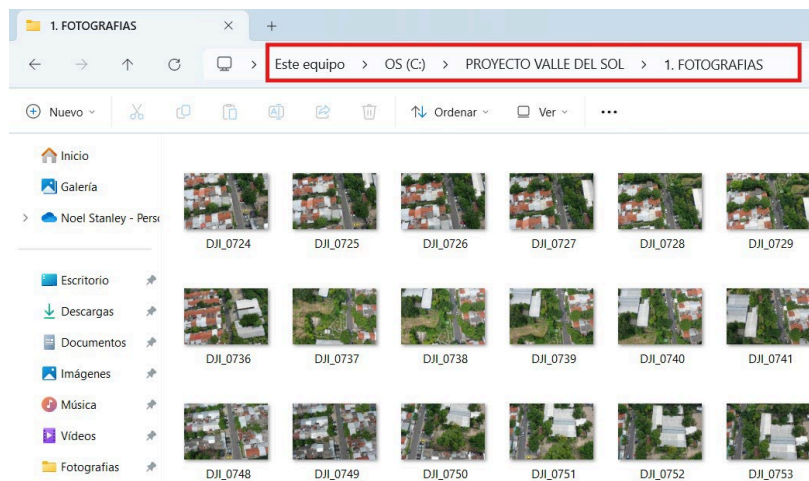


Imagen No. 13 - 2. Contenido de carpeta fotografías.

Fuente: Elaboración propia.

PCF: Puntos de control fotogramétrico tomados con el método RTK
(enlace por NTRIP)

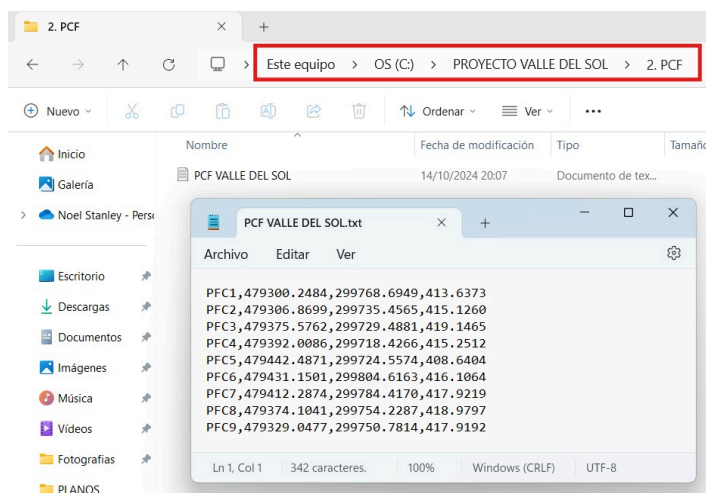


Imagen No. 13 - 3. Contenido de carpeta PCF.

Fuente: Elaboración propia.

SRG: Proyección del Sistema de Referencia Geodésico “Lambert Sirgas 2007” en formato prj.

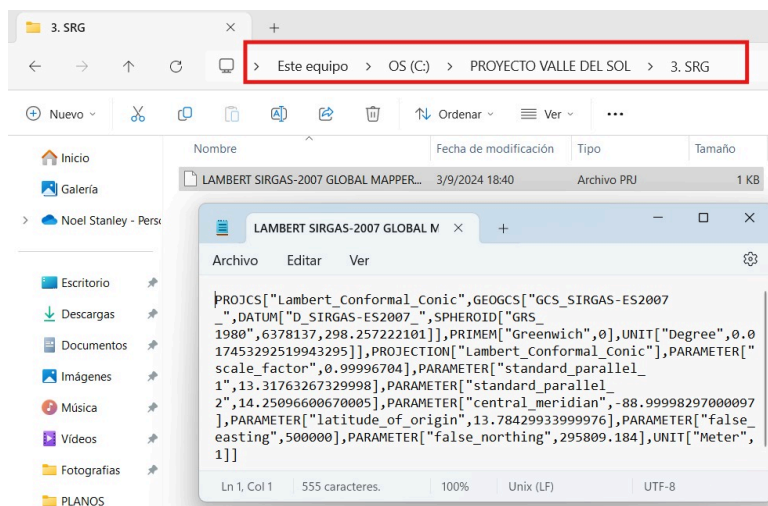


Imagen No. 13 - 4. Contenido de carpeta SRG.

Fuente: Elaboración propia.

Abrimos el programa “PIX4D” y creamos un nuevo proyecto con el nombre “PROCESAMIENTO CE VALLE DEL SOL” en la ubicación de la carpeta creada en el paso anterior.

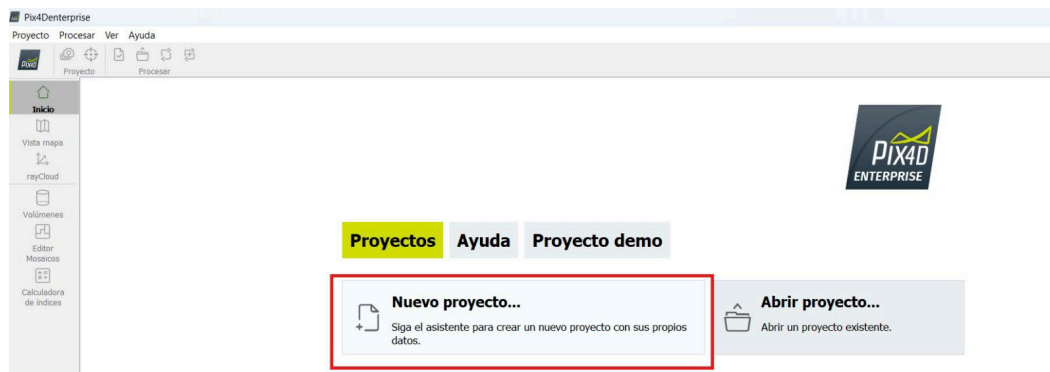


Imagen No. 13 - 5. Creación de nuevo proyecto en PIX4D.

Fuente: Elaboración propia.

Nuevo Proyecto

Este asistente crea un nuevo proyecto.
Seleccione un nombre, una carpeta de destino y un tipo para su nuevo proyecto.

Nombre: PROCESAMIENTO CE VALLE DEL SOL

Crear En: C:/PROYECTO VALLE DEL SOL Navegar...

Usar como Ubicacion del Proyecto por Defecto

Tipo de Proyecto

- Nuevo Proyecto
- Proyecto Fusionado a partir de Proyectos Existentes
- Nuevo Proyecto con Cámara Rigs
- Proyecto Fusionado a partir de Proyectos Existentes para la Calibración de Cámara Rig

Ayuda < Atrás Siguiete > Cancelar

Imagen No. 13 - 6. Selección de ubicación de proyecto en PIX4D.

Fuente: Elaboración propia.

Seleccionamos en “Añadir Directorios” para seleccionar la carpeta donde se encuentran las fotografías aéreas tomadas durante el vuelo fotogramétrico.



Imagen No. 13 - 7. Procedimiento para cargar imágenes tomadas durante el plan de vuelo.

Fuente: Elaboración propia.

Damos clic en la carpeta correspondiente, “seleccionar” y “siguiente”.

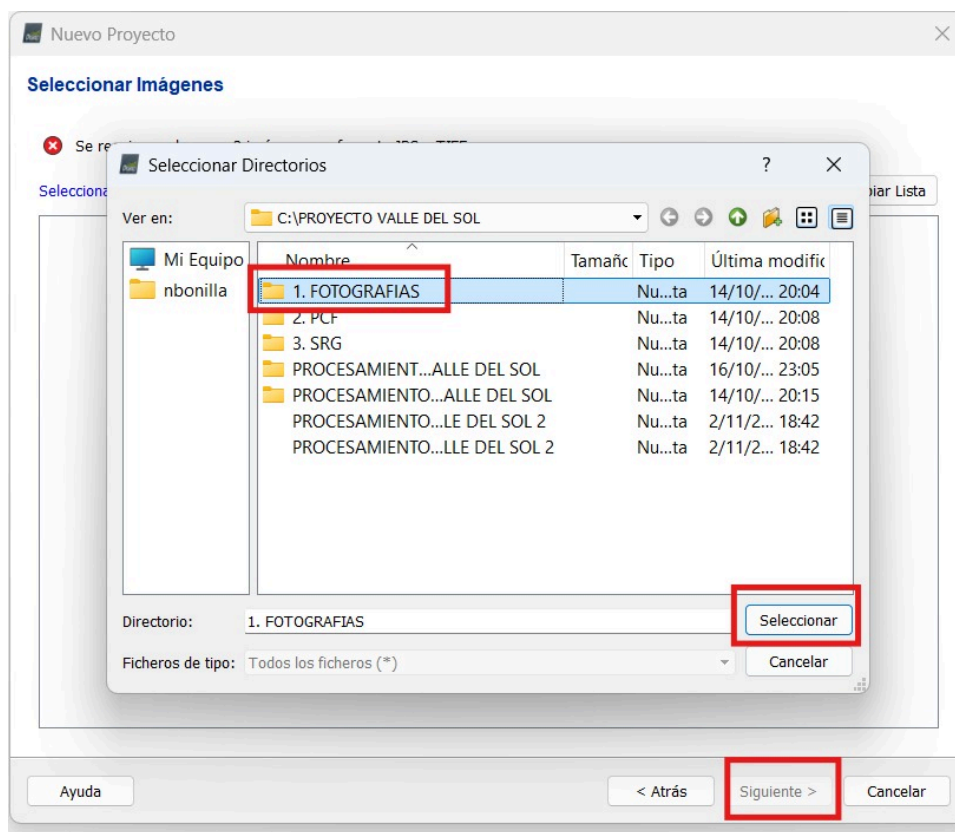


Imagen No. 13 - 8. Procedimiento para cargar carpeta de fotografías.

Fuente: Elaboración propia.


Seleccionamos el sistema de coordenadas de las imágenes, la precisión de geolocalización y el modelo de cámara utilizado.

Nuevo Proyecto X

Propiedades de Imagen

Geolocalización de Imágenes

Sistema de Coordenadas


 Datum: World Geodetic System 1984; Sistema de Coordenadas: WGS 84 (EGM 96 Geoid) Editar...

Geolocalización y Orientación

Imágenes Geolocalizadas: 268 de 268 Limpiar De EXIF De Fichero... A fichero...

Precisión de geolocalización: Estándar Baja Personalizado

Modelo de Cámara Seleccionado

 L1D-20c_10.3_5472x3648 (RGB) Editar...

Activada	Imagen	Grupo	Latitud [grado]	Longitud [grado]	Altitud [m]	F
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0724.JPG	group1	13.82044625	-89.19011636	503.000	5.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0725.JPG	group1	13.82033636	-89.19010344	502.000	5.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0726.JPG	group1	13.82026544	-89.19009669	502.000	5.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0727.JPG	group1	13.82018967	-89.19009100	502.000	5.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0728.JPG	group1	13.82011325	-89.19008428	502.000	5.000

Ayuda
< Atrás
Siguiete >
Cancelar

Imagen No. 13 - 9. Parámetros para carga de imágenes a PIX4D.

Fuente: Elaboración propia

Luego se debe indicar el sistema de coordenadas de salida de las imágenes, para lo cual se carga el archivo prj. de la Proyección Cartográfica Lambert Sirgas anteriormente guardado en la carpeta "SRG" para convertir las coordenadas geográficas WGS-84 de las imágenes, en coordenadas planas. También, indicamos el modelo de geoide "EGM 2008".

Nuevo Proyecto

Seleccionar Sistema de Coordenadas de Salida

Sistema de coordenadas seleccionado

Datum: SIRGAS-ES2007_
Sistema de Coordenadas: Lambert_Conformal_Conic (EGM 2008 Geoid)

Sistema de Coordenadas de Salida/Puntos de Apoyo

Unidad: m

Sistema de coordenadas arbitrario [m]

Auto detectado: WGS 84 / UTM zone 16N

Sistema de coordenadas conocido [m]

Lambert_Conformal_Conic

Desde PRJ... Desde la Lista... Desde EPSG...

Más sistemas de proyección disponibles en <http://spatialreference.org/>

Sistema de coordenadas vertical

MSL EGM 2008 Geoid Expresado en metre sobre WGS 84

Altura del geoide GRS_1980 sobre el elipsoide [m]

Arbitrario

Opciones avanzadas de coordenadas

Ayuda < Atrás Siguiete > Cancelar

Imagen No. 13 - 10. Selección del archivo .prj y modelo de geoide.

Fuente: Elaboración propia

Para configurar el procesamiento seleccionamos la plantilla “3D Maps”, se debe verificar dejar vacía la casilla de “Iniciar procesamiento ahora” damos en “Finalizar” y el proyecto se habrá creado con éxito.

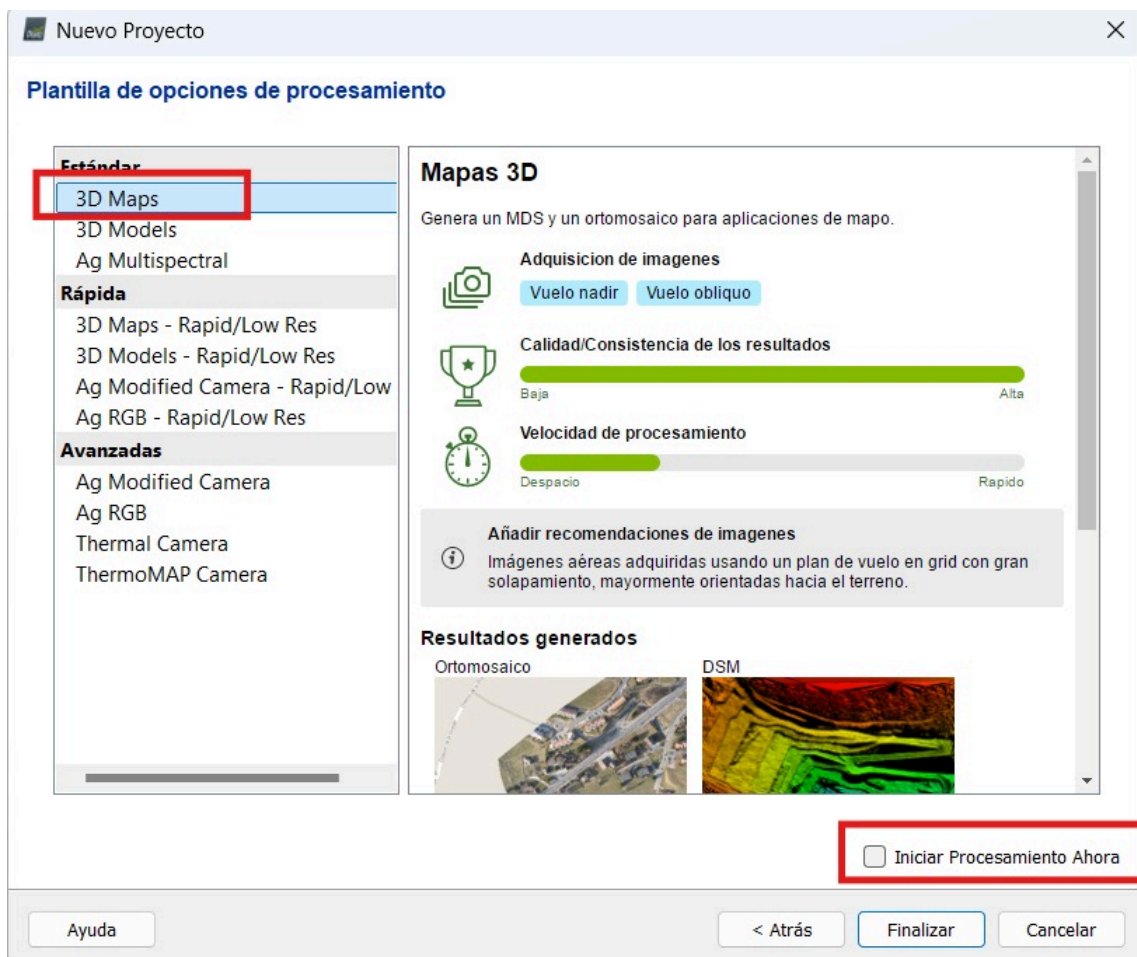


Imagen No. 13 - 11. Selección de Plantilla 3D Maps.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente nos carga el plan de vuelo ejecutado en PIX4D y puede verificarse en el extremo inferior derecho, la proyección Cartográfica, modelo de geoide y coordenadas.

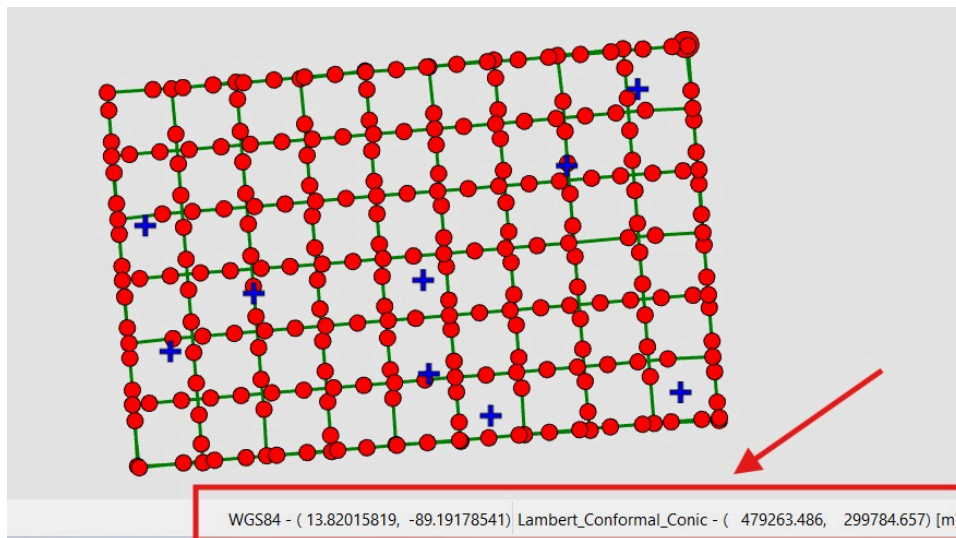


Imagen No. 13 - 12. Vista de plan de vuelo, coordenadas geodésicas y coordenadas planas.

Fuente: Elaboración propia

Puede verificarse que al hacer clic en cada círculo en rojo, carga la fotografía que corresponde al levantamiento.

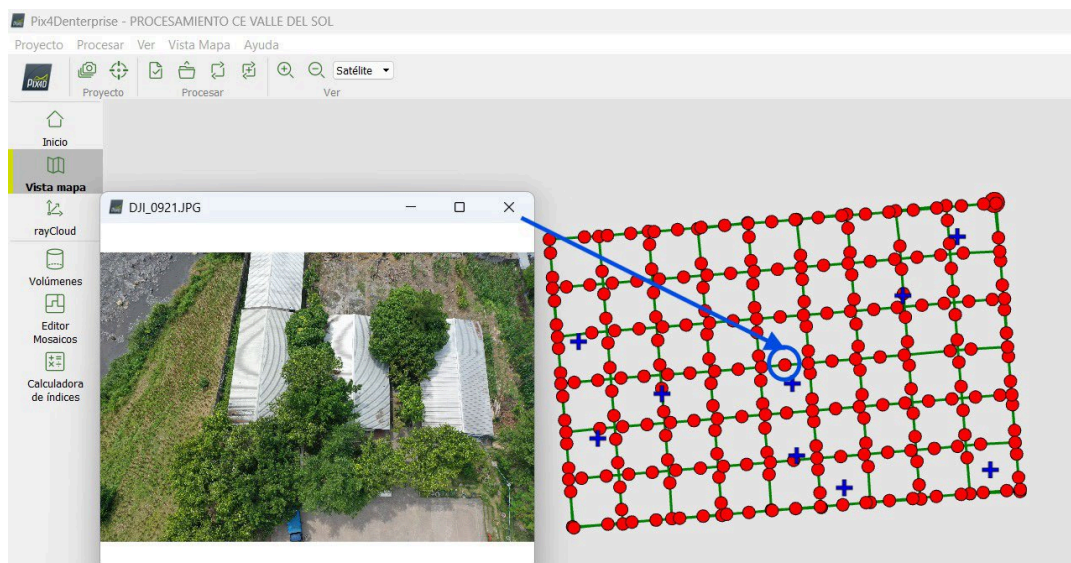


Imagen No. 13 - 13. Fotografía de un punto de los cargados en PIX4D.

Fuente: Elaboración propia

El procesamiento de imágenes en PIX4D se realiza a través de 3 pasos:

1. Procesamiento Inicial
2. Nube de Puntos y Malla
3. MDS, Ortomosaico e índices

Al realizar estos tres pasos de manera lógica y ordenada, obtendremos un modelo que refleje la realidad del sitio levantado por medio de esta técnica fotogramétrica.

13.2.1 Procesamiento Inicial

En opciones de procesamiento se selecciona únicamente el “Procesamiento Inicial”.

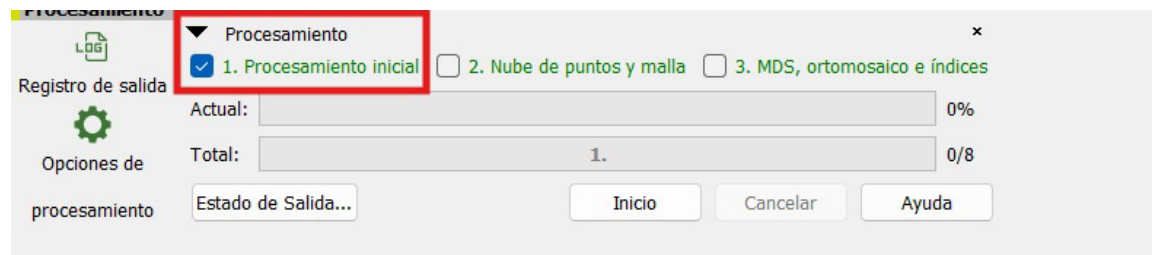


Imagen No. 13 - 14. Selección de procesamiento inicial.

Fuente: Elaboración propia

Cargará una ventana en donde configuraremos el procesamiento inicial. Seleccionamos la opción de “Escala de imagen para puntos clave” como “COMPLETA”. Damos clic en Aceptar.

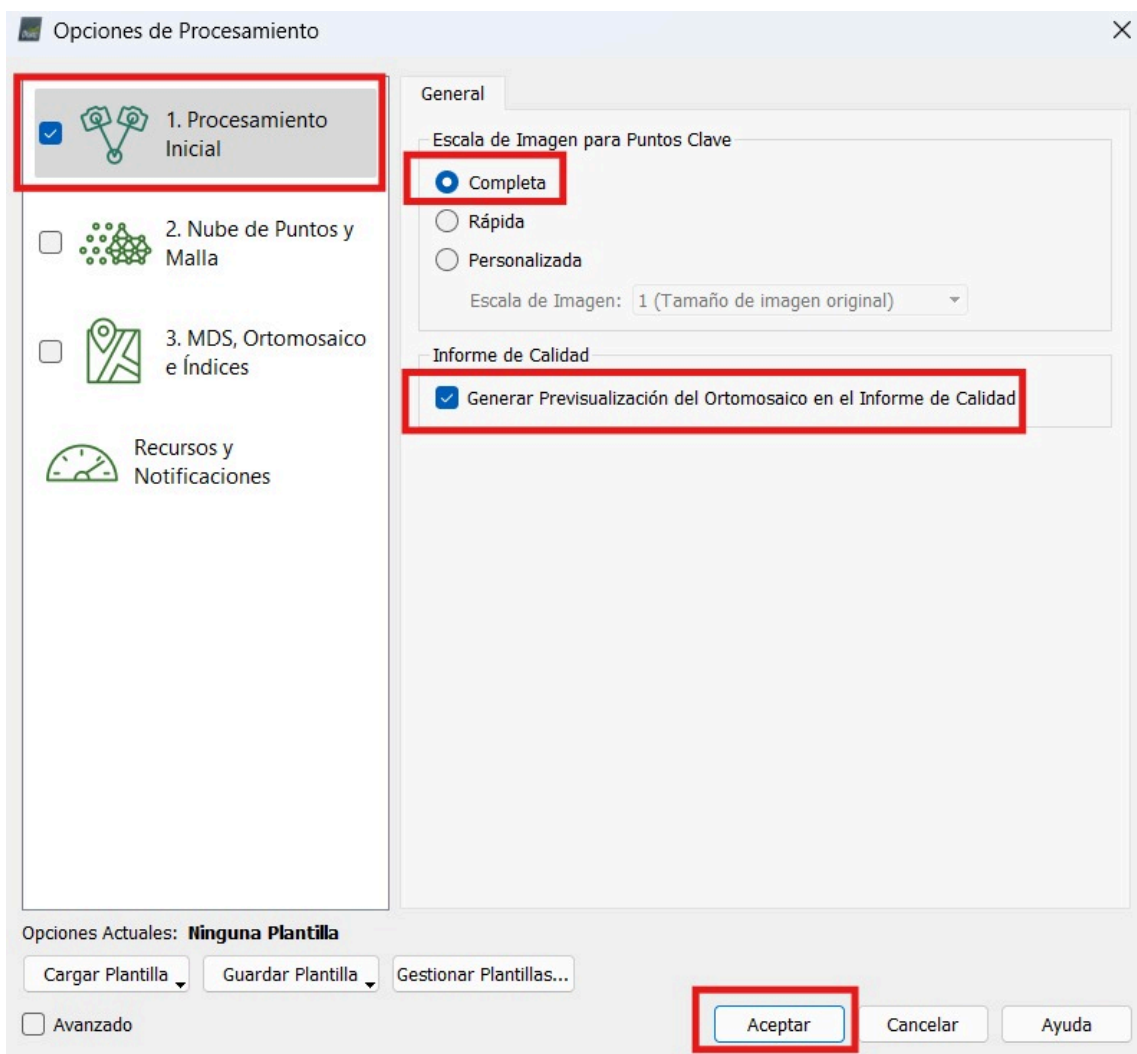


Imagen No. 13 - 15. Configuración de procesamiento inicial.

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se da inicio al procesamiento inicial y a partir de este punto el programa empieza a traslapar las imágenes que comparten punto en común generando la nube de puntos densa. Esta nube de puntos pasará por un proceso de control de calidad que finalmente debe arrojar los productos finales optimizados.

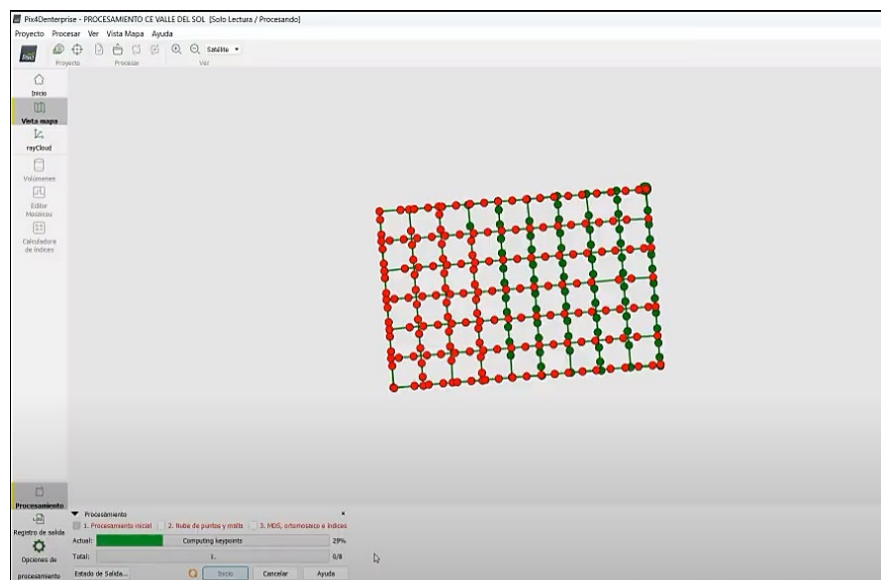
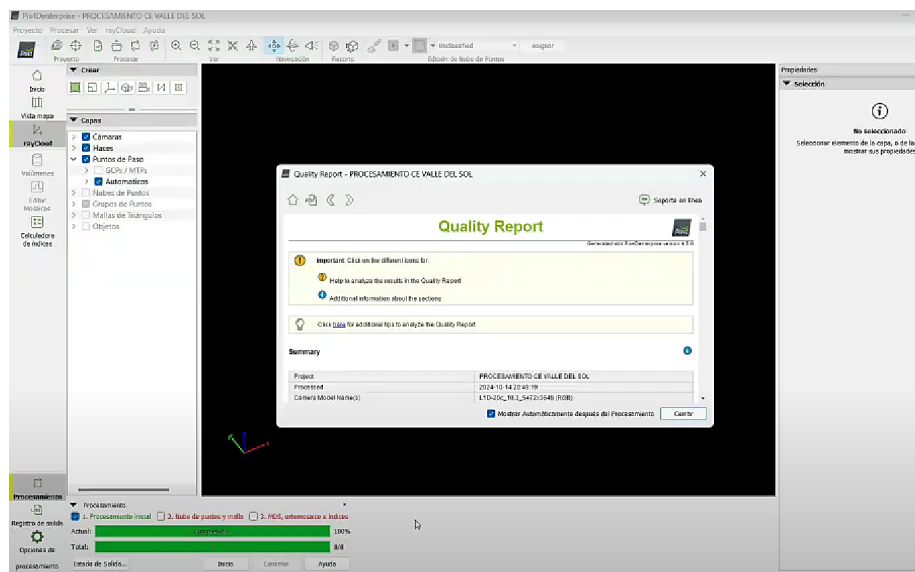


Imagen No. 13 - 16. Puesta en marcha del "Procesamiento inicial".

Fuente: Elaboración propia

Una vez finaliza el procesamiento nos muestra un informe de reporte de calidad.



Quality Report



Generated with Pix4Dentriprise version 4.5.6

- Important:** Click on the different icons for:
- Help to analyze the results in the Quality Report
 - Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	PROCESAMIENTO CE VALLE DEL SOL
Processed	2024-10-14 20:49:19
Camera Model Name(s)	L1D-20c_10.3_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.43 cm / 0.56 in
Area Covered	0.056 km ² / 5.5748 ha / 0.02 sq. mi. / 13.7827 acres
Time for Initial Processing (without report)	19m:52s

Imagen No. 13 - 17. Final del "Procesamiento inicial".

Fuente: Elaboración propia

🔍 Images	median of 71641 keypoints per image	✔️
🔍 Dataset	268 out of 268 images calibrated (100%), all images enabled	✔️
🔍 Camera Optimization	3.85% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✔️
🔍 Matching	median of 22412.3 matches per calibrated image	✔️
🔍 Georeferencing	yes, no 3D GCP	⚠️

🔍 Preview

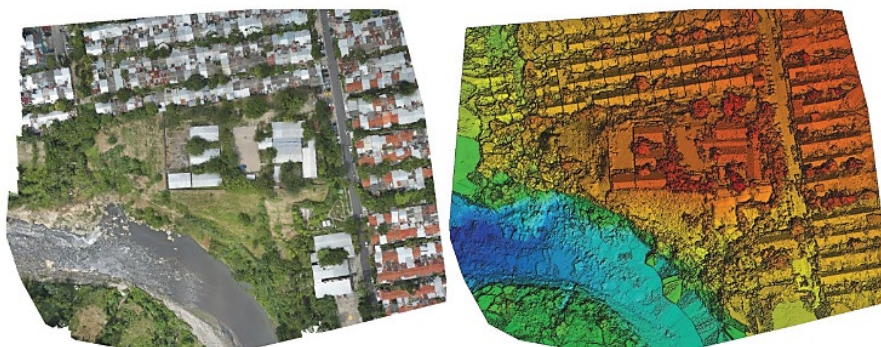


Imagen No. 13 - 18. Parámetros de reporte del procesamiento inicial

Fuente: Elaboración propia.

Finalizado el paso 1 “Procesamiento inicial”, al seleccionar la opción “rayCloud” se muestra la nube densa de puntos. En este paso se utilizaron las imágenes para realizar las siguientes tareas:

- Puntos clave que coinciden: Encuentra qué imágenes tienen los mismos puntos clave y hace que coincidan con ellas.
- Optimización del modelo de la cámara: Calibra la distancia interna (distancia focal) y parámetros externos (Orientación) de la cámara.

- Localización GPS / GCP: Localiza el modelo si se proporciona información de geolocalización.

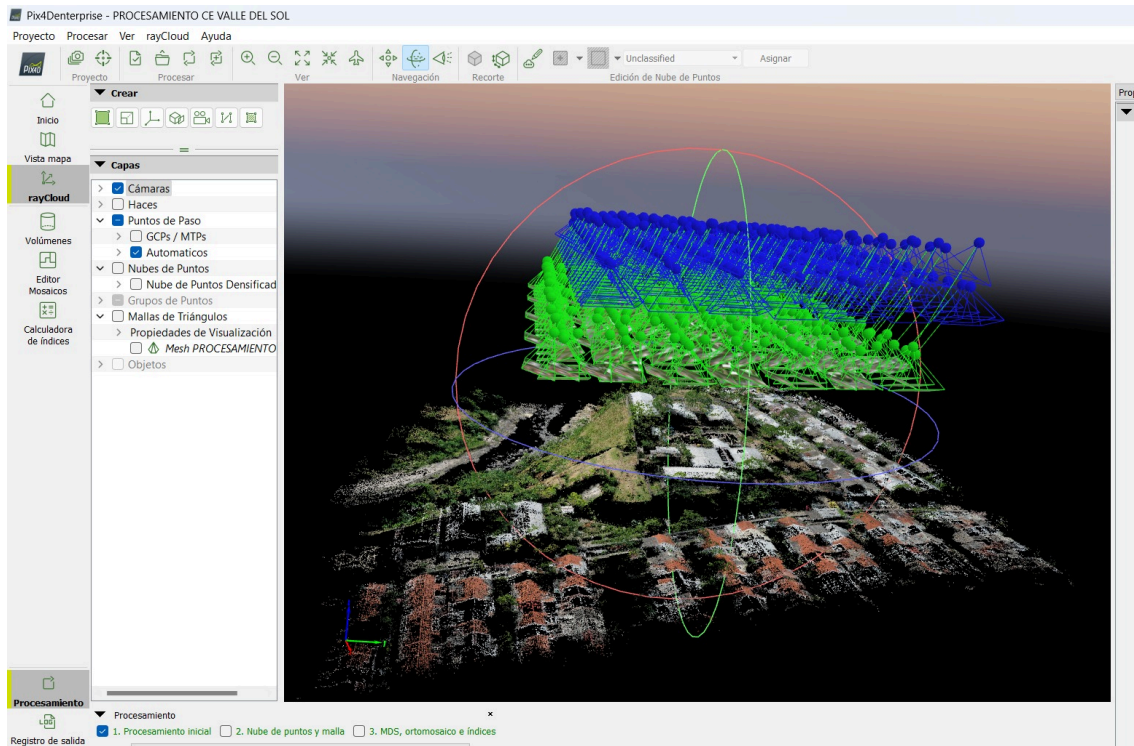


Imagen No. 13 - 19. Nube densa de puntos.

Fuente: Elaboración propia

PUNTOS DE PASO

Son puntos de control fotogramétricos *foto identificables* cuya función consiste en unir, emparejar, orientar y alinear las imágenes, uniendo puntos en común entre imágenes. Al unir estos puntos se tendrá una mejor precisión en coordenadas que permitirá reducir la distorsión de los productos finales.

En el proyecto se han ubicado de forma estratégica los puntos de paso, distribuyéndolos por cada punto cardinal de forma de lograr cubrir la mayor parte del terreno en cuanto se pueda. Los puntos de paso seleccionados de la nube densa de puntos consisten en elementos naturales que cumplen con las condiciones de ser puntos de paso, eso quiere decir que sean foto identificables y que idealmente se encuentren en el suelo.

Se describirá a manera de ejemplo la selección de un punto de paso utilizado en el proyecto:

1. Primero hacemos clic en el icono “punto de paso nuevo”, luego el puntero se convertirá en una pequeña cruz y podremos seleccionar nuestro punto de paso. Al seleccionar de la nube densa de puntos un punto y buscar un objeto o elemento foto identificable, hacemos clic en él y en todas las fotos donde este aparezca y se pueda identificar con facilidad. Para mayor agilidad en el proceso se hace clic en el objeto en dos o tres fotos donde este se encuentre y luego pulsaremos el botón “foco en la selección” y después en el botón marcado automático.

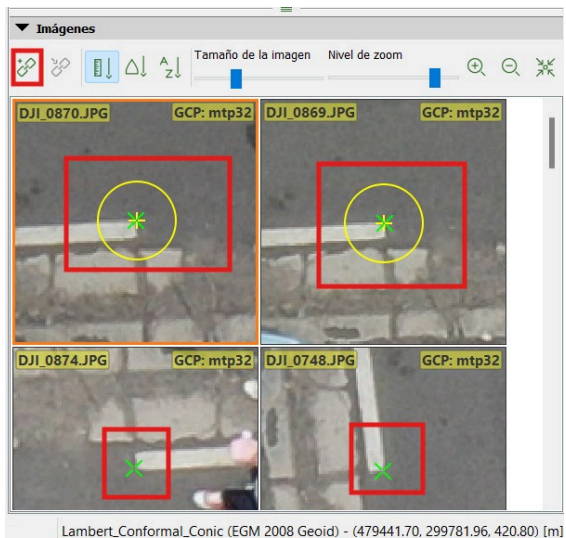


Imagen No. 13 - 20. Creación y selección de nuevo punto de paso.

Fuente: Elaboración propia

2. Identificado el punto, seleccionamos dos o tres imágenes y damos clic en icono de “foco en la selección”, para que lo identifique de manera automática.

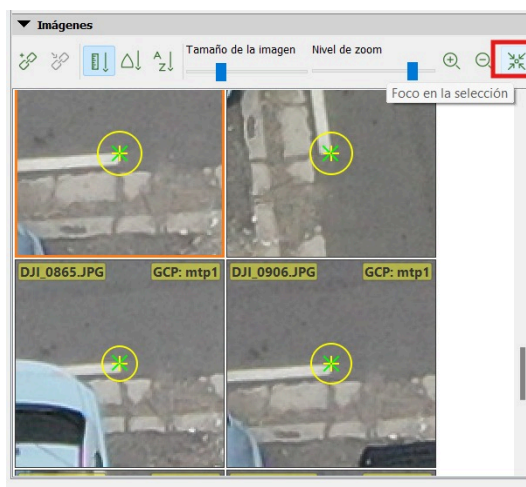


Imagen No. 13 - 21. Selección de “foco en la selección”.

Fuente: Elaboración propia.

3. Se debe verificar en el paso anterior (imagen No. 13 – 21) que esté el círculo amarillo con equis en verde al centro, este aparece al hacer clic en la imagen, indica que se está ajustando la coordenada a ese punto, al aplicar marcado automático se coloca la equis verde en el centro en todas las imágenes que contengan ese punto y nuestro trabajo ahora en el procesamiento se reduce a verificar que las marcas estén lo más cercanas al centro de cada elemento/objeto natural designado como punto de paso en cada imagen.

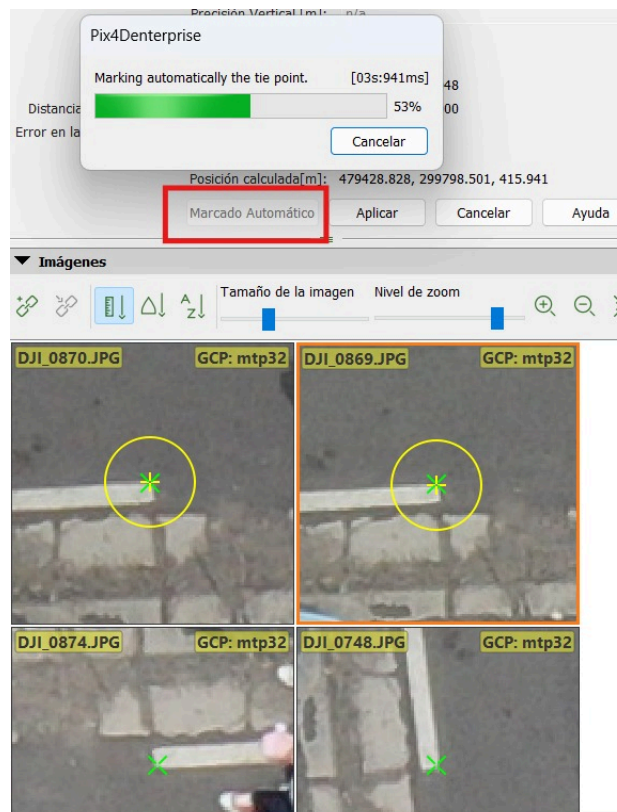


Imagen No. 13 - 22. Selección de botón “marcado automático”.

Fuente: Elaboración propia.

4. Una vez verificado la selección de todas las fotografías donde es visible el punto de paso damos clic en “Aplicar”. De la misma forma se realiza el proceso para cada uno de los puntos de paso que tengamos en el proyecto.

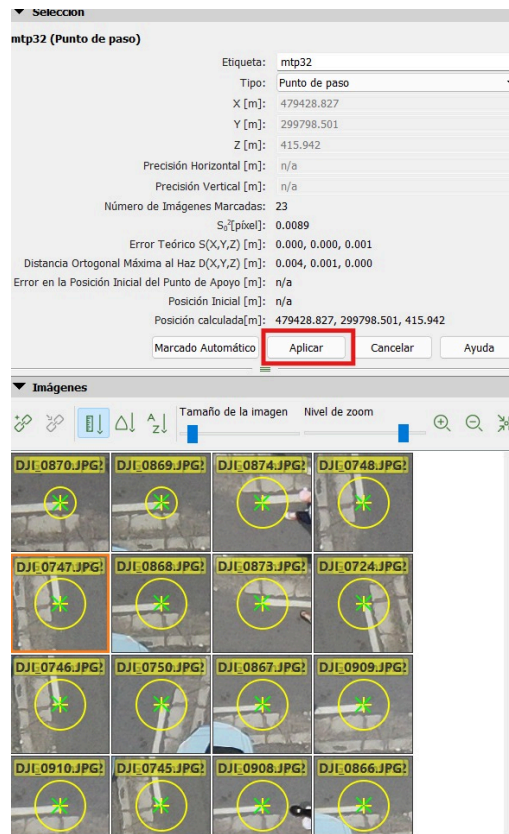


Imagen No. 13 - 23. Aplicación de parámetros de punto de paso

Fuente: Elaboración propia.

5. Cuando todos los puntos de paso ya estén definidos hacemos clic en la pestaña “Procesar” y seleccionamos “Reemparejar y optimizar”, con esto concluimos el proceso de asignar los puntos de paso del terreno, en este procesamiento se utilizaron veintidós puntos de paso.

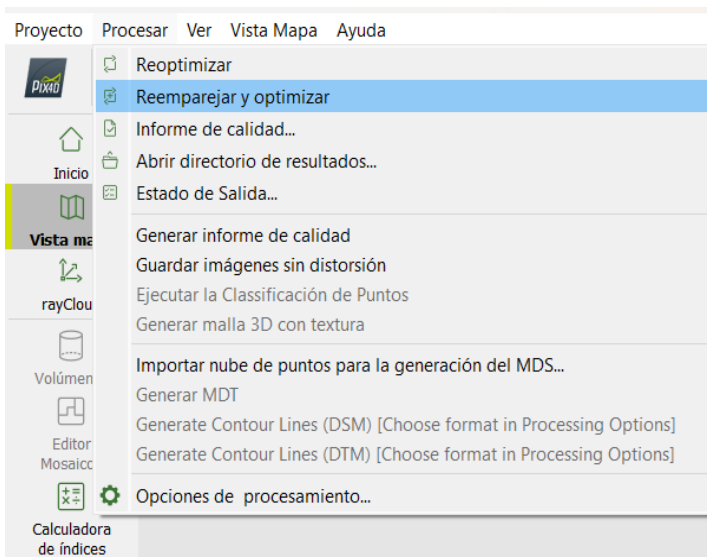


Imagen No. 13 - 24. Aplicación de parámetros de punto de paso.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 13 - 25. Visualización de distribución de puntos de paso.

Fuente: Elaboración propia.

PUNTOS DE CONTROL FOTOGRAMÉTRICOS

Los puntos de control fotogramétricos (PCF) son puntos foto identificables con marcas que se encuentran normalmente en el suelo del terreno y que, a diferencia de los puntos de paso, es el usuario el que define su ubicación de forma estratégica.

Además, a estos puntos se le asignan coordenadas geodésicas reales que fueron tomadas en campo utilizando equipos GNSS por medio de la técnica de medición RTK (NTRIP). Las coordenadas de estos puntos están amarrados a la red geodésica nacional y permitirán georreferenciar las fotografías de una manera precisa.

Procedimiento:

1. De la pestaña “Proyecto” hacemos clic en “Gestor GCP/MTP”.

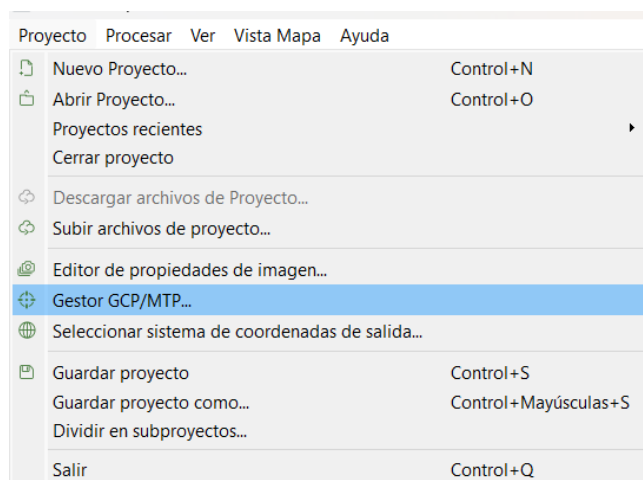


Imagen No. 13 - 26. Sección de “Gestor GCP/MPT”.

Fuente: Elaboración propia.

2. Al hacer clic en él se abrirá una ventana auxiliar, donde ingresaremos los puntos de paso con las coordenadas planas de nuestra Proyección Cartográfica.

3. Damos clic en el botón “Importar puntos de apoyo” y nos mostrará la siguiente ventana, donde seleccionaremos el orden de las coordenadas, (X, Y Z) o (Y, X, Z). Luego cargaremos las coordenadas previamente guardadas en la carpeta “PCF”. Estos puntos pueden cargarse de forma manual uno por uno o también cargar un archivo con todos los puntos en formatos (.txt, .csv).

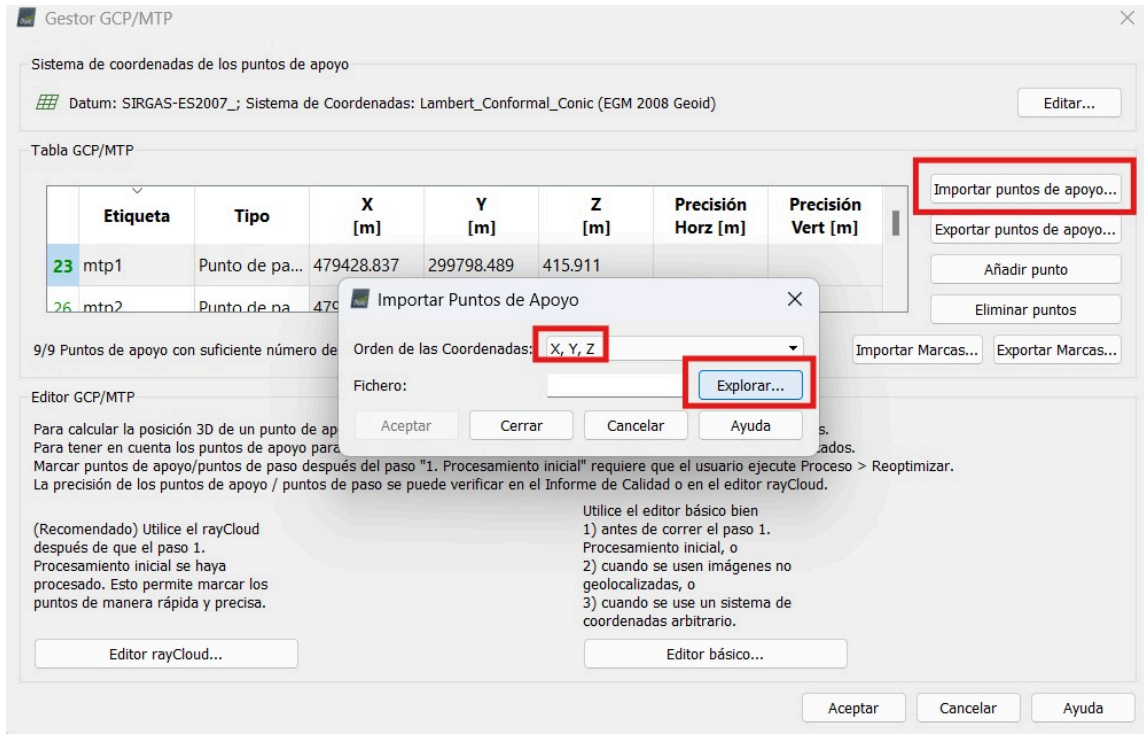


Imagen No. 13 - 26. Importación de los puntos de control fotogramétricos.

Fuente: Elaboración propia.

4. Selección de archivo con coordenadas de puntos de control fotogramétrico.

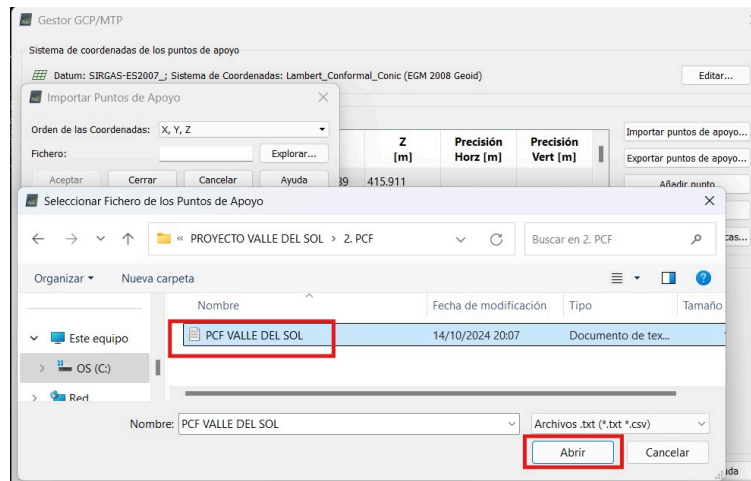


Imagen No. 13 - 27. Selección de archivo con coordenadas de puntos de control.
Fuente: Elaboración propia.

5. Cargamos el archivo y damos clic en aceptar.

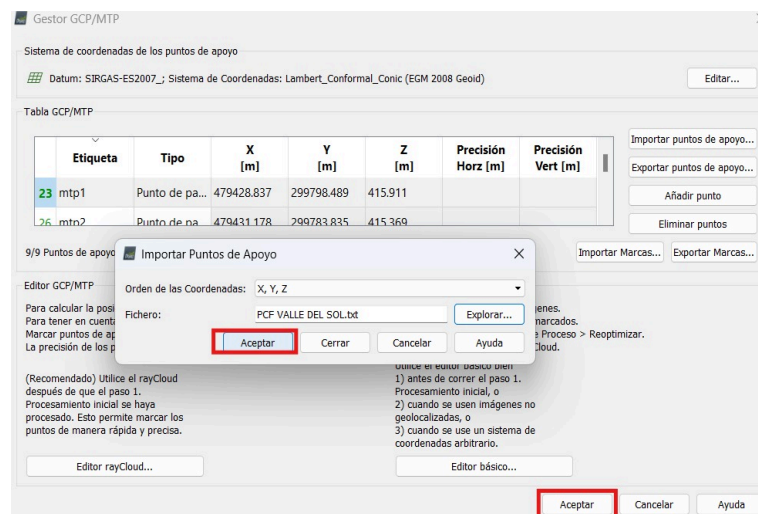


Imagen No. 13 - 28. Archivo de puntos de control fotogramétricos cargado.
Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que para poder georreferenciar la nube de puntos densa debemos amarrarla a nuestros puntos de control, para esto lo que haremos será ajustar la nube de puntos a coordenadas reales seleccionando cada punto de control y modificando su ubicación al centro de cada lona o marca utilizada en la medición de estos puntos en cada imagen mostrada.

En estos puntos, basta con seleccionar dos imágenes en las que aparezca la lona o marca y al aplicar marcado automático se coloca el círculo amarillo con la equis verde en el centro, en todas las imágenes que contengan ese punto y lo que nos resta en el procesamiento se reduce a verificar que las marcas estén lo más cercanas al centro de cada lona o marca para cada punto. Este proceso se repite para cada punto de control que tengamos en el proyecto.

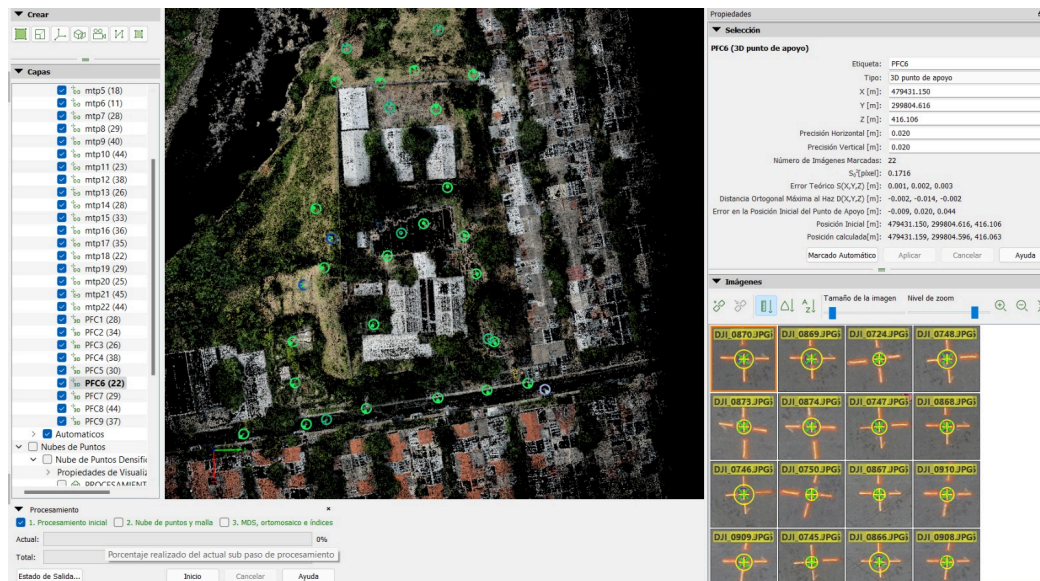


Imagen No. 13 - 29. Ajuste de PCF6.

Fuente: Elaboración propia.

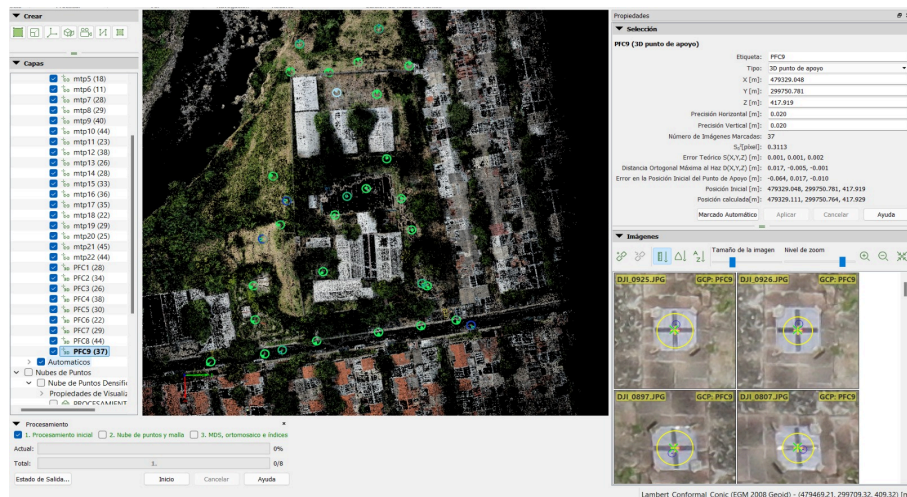


Imagen No. 13 - 29. Ajuste de PCF9.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez los todos puntos de control fotogramétrico estén ajustados, se procede a la optimización dando clic en la pestaña “Procesar” y seleccionar “Reemparejar y optimizar” tal y como se hizo con los puntos de paso.

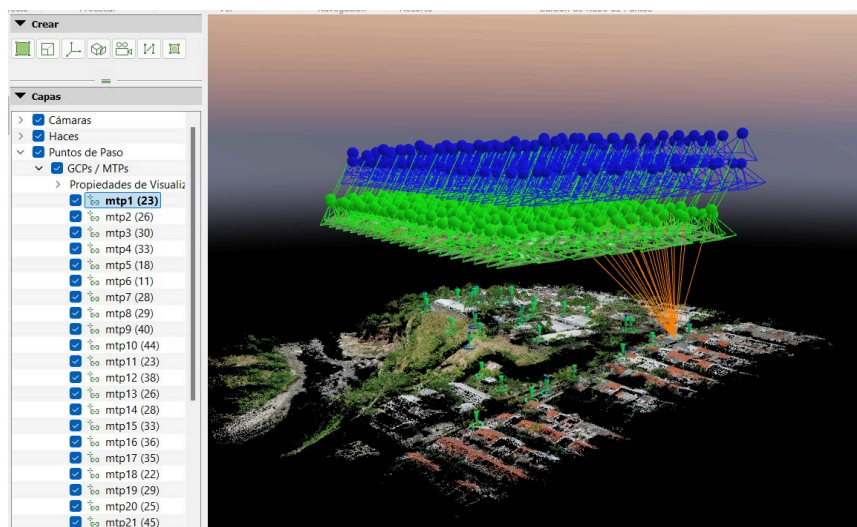


Imagen No. 13 - 29. Puntos de paso y PCFs optimizados.

Fuente: Elaboración propia.

13.2.2 Nube de puntos y malla

En la etapa del proceso de "Nube de puntos y malla" en PIX4D, se generan modelos tridimensionales a partir de las imágenes capturadas en campo. Esta etapa es clave para la creación de la nube de puntos densa y una malla texturizada, los cuales representan en detalle el terreno y las estructuras que se han fotografiado.

En las siguientes imágenes se muestran los parámetros de configuración de las pestañas "Nube de puntos" y "Malla 3D con Textura" de la segunda categoría de "Opciones de procesamiento".

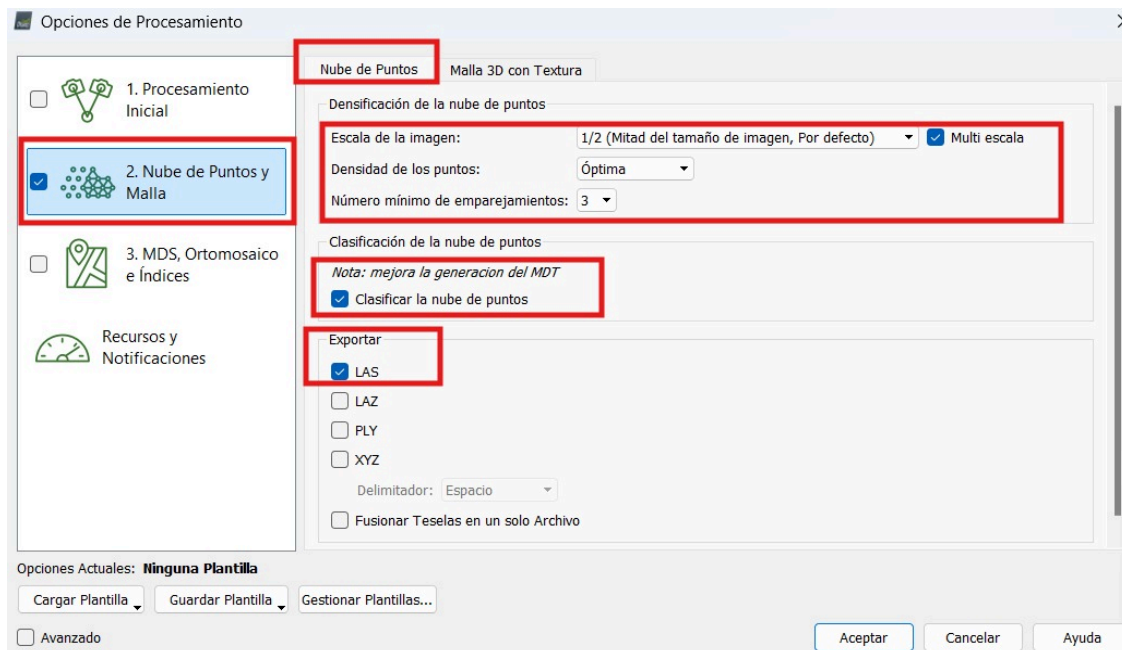


Imagen No. 13 - 30. Selección de parámetros de pestaña "Nube de Puntos".

Fuente: Elaboración propia.

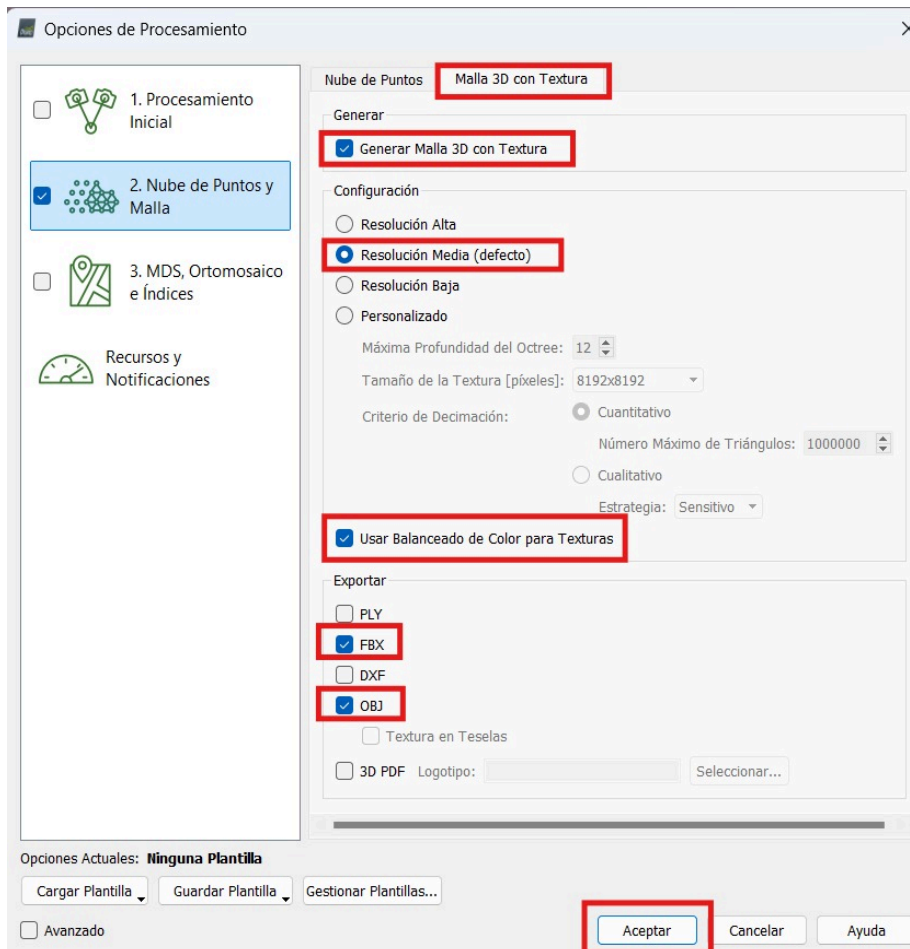


Imagen No. 13 - 31. Selección de parámetros de pestaña “Malla 3D con Textura”.

Fuente: Elaboración propia.

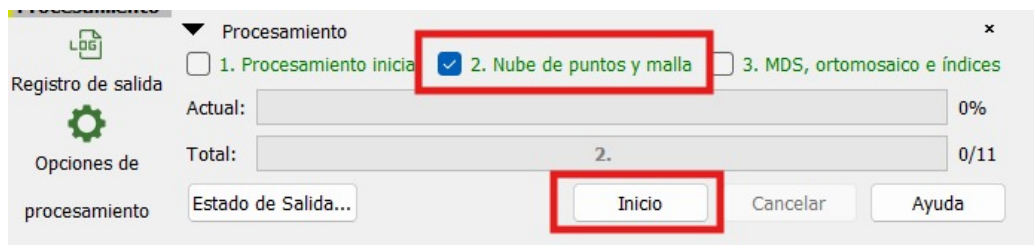


Imagen No. 13 - 32. Inicio del procesamiento del paso 2.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez finalizado el segundo paso del procesamiento, se genera un nuevo reporte de calidad donde se revisa detenidamente para comprobar que los resultados mostrados se encuentren dentro de lo aceptable. Se recomienda guardar el proyecto después de revisar el reporte de calidad para evitar la pérdida de los avances logrados hasta ese punto.



Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Imagen No. 13 - 32. Reporte del procesamiento del paso 2: "Nube de Puntos y Malla.

Fuente: Elaboración propia.

El resultado del Paso 2, es una nube densa de Puntos y una malla de triángulos para generar las curvas de nivel.



Imagen No. 13 - 33. Visualización de nube densa de puntos y malla de triángulos.

Fuente: Elaboración propia.

13.2.3 Procesamiento para generar DMS, Ortomosaico e índices

Los siguientes pasos muestran cómo realizar el procesamiento para generar un archivo ráster que contiene el Modelo Digital de Superficie (MDS) en formato Geo TIFF y un Ortomosaico en formato Geo TIFF.

1. Seleccionamos únicamente la opción del “MDS, Ortomosaico e Índices”. En la pestaña de “MDS y Ortomosaico se colocan los siguientes parámetros.

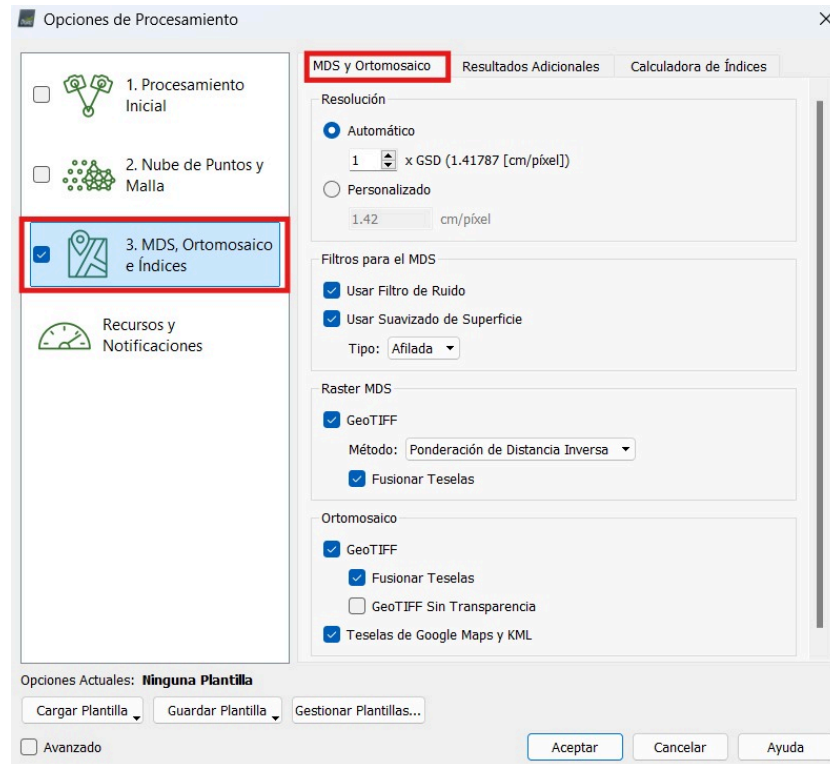


Imagen No. 13 - 34. Parámetros de configuración de pestaña “MDS, Ortomosaico e índices”.

Fuente: Elaboración propia.

2. En la Pestaña “Resultados Adicionales” seleccionar los parámetros indicados en la siguiente imagen para generar un archivo ráster que contiene el Modelo Digital de Terreno (MDT) en formato Geo TIFF y las Curvas de Nivel en formato Shape y DXF.

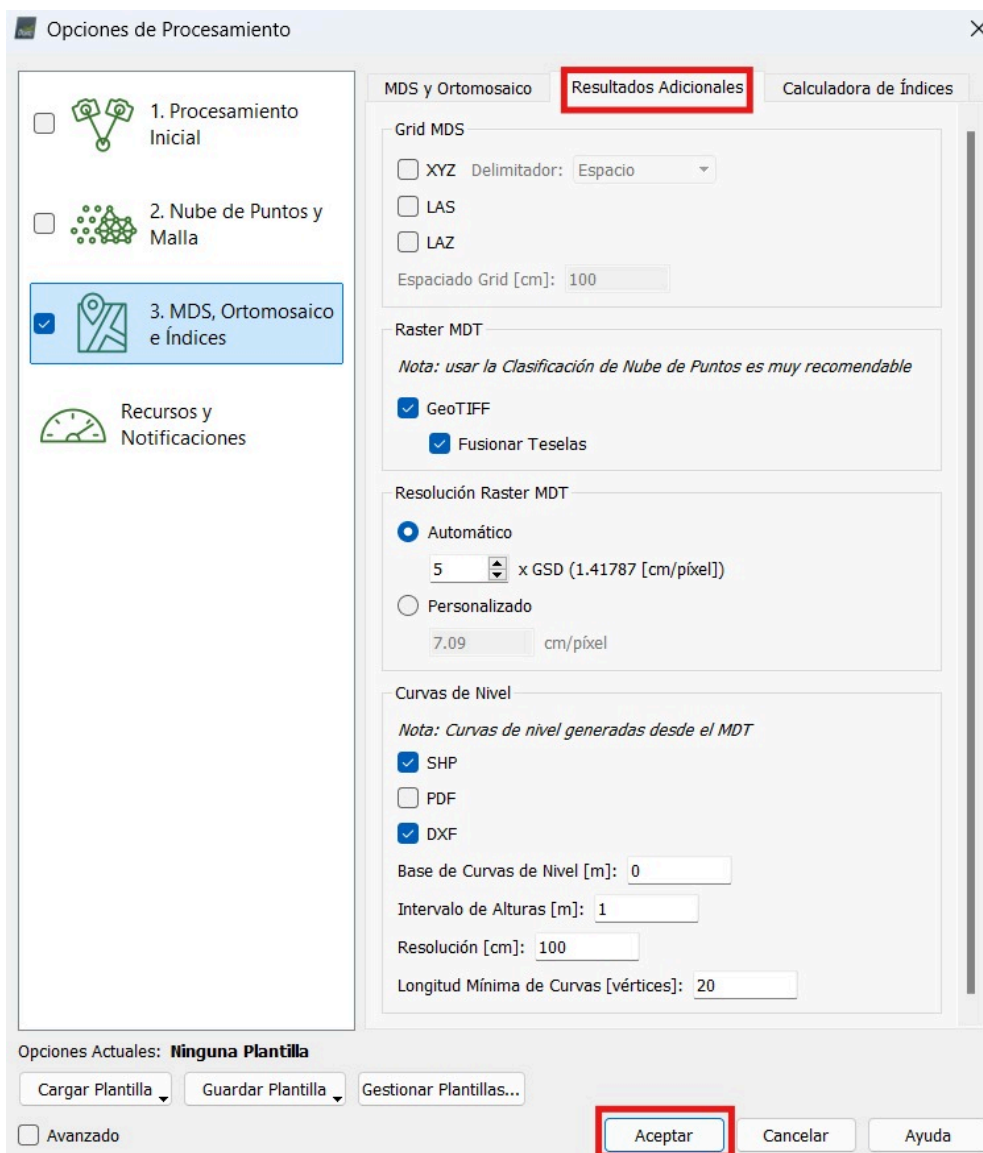


Imagen No. 13 - 35. Parámetros de configuración de pestaña "MDS, Ortomosaico e índices".

Fuente: Elaboración propia.

3. La pestaña "Calculadora de Índices" se dejará por defecto.

4. Hacemos clic en “Aceptar” y el procesamiento comenzará.

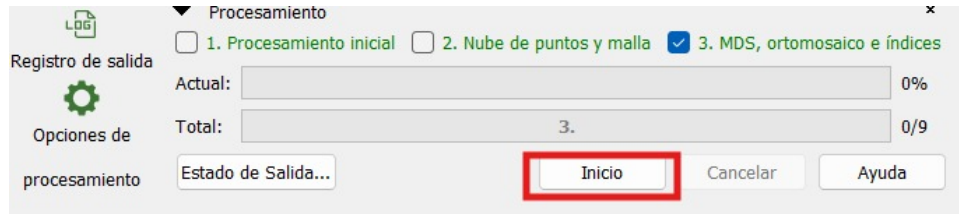


Imagen No. 13 - 36. Inicio del procesamiento del paso 3: “MDS, Ortomosaico e índices”.

Fuente: Elaboración propia.

13.3 Productos obtenidos

Cuando finalice el procesamiento el programa guardará en la carpeta seleccionada al inicio del procesamiento los siguientes productos generados:

- Ortomosaico u ortofoto.
- Modelo Digital de Superficie (DSM)
- Archivo KMZ

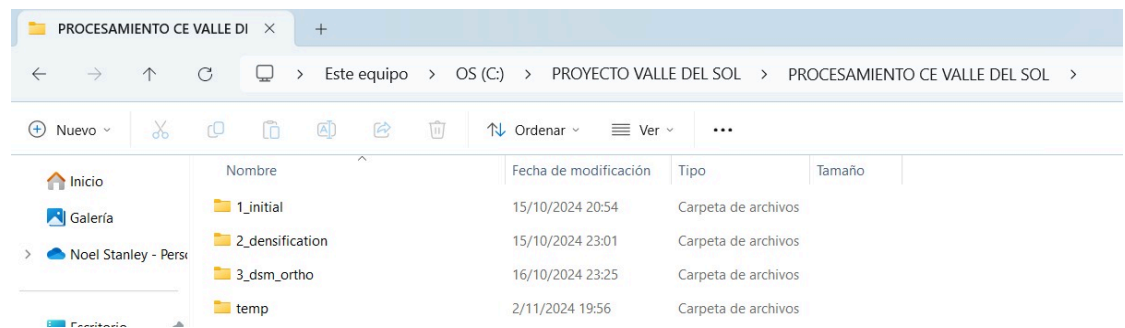


Imagen No. 13 - 37. Carpeta creada al finalizar el procesamiento.

Fuente: Elaboración propia.

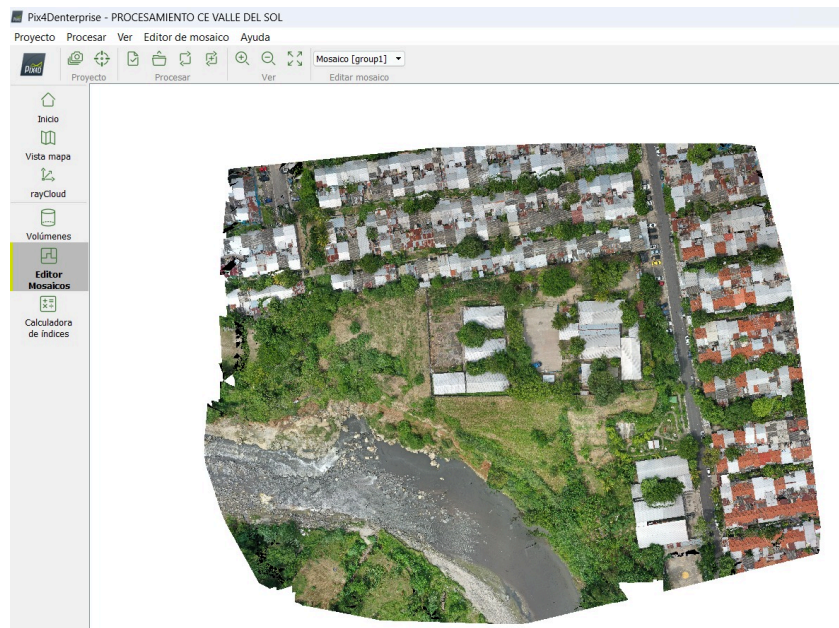


Imagen No. 13 - 38. Ortofoto generada.

Fuente: Elaboración propia.

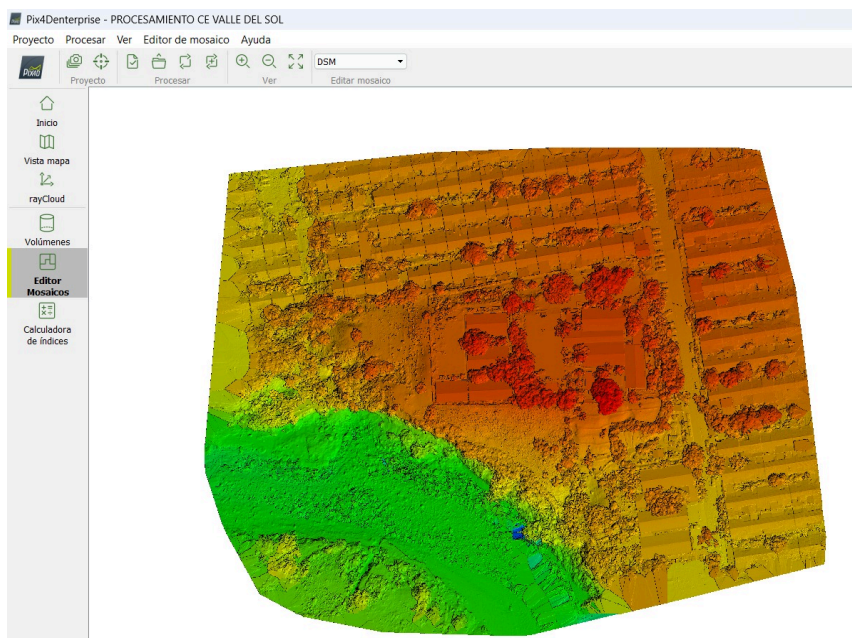


Imagen No. 13 - 39. Modelo Digital de Superficie (DSM) generado.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 13 - 40. Visualización de Ortomosaico generado por PIX4D en Google Earth Pro

Fuente: Elaboración propia.

13.4 Reporte final de calidad de Pix4D

Al finalizar el paso 3 en Pix4DMapper, se produce un informe de calidad que presenta los resultados finales del procesamiento. Este informe proporciona datos técnicos como la cantidad de imágenes procesadas exitosamente, la extensión total del área cubierta, la resolución espacial media del terreno en píxeles (GSD), la optimización de los parámetros de calibración de la cámara y el error asociado a la georreferenciación.

Quality Report

Generated with Pix4Denterprise version 4.5.6

Important: Click on the different icons for:

- ? Help to analyze the results in the Quality Report
- i Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary i

Project	PROCESAMIENTO CE VALLE DEL SOL
Processed	2024-10-15 20:56:13
Camera Model Name(s)	L1D-20c_10.3_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.42 cm / 0.56 in
Area Covered	0.056 km ² / 5.5512 ha / 0.02 sq. mi. / 13.7244 acres

Quality Check i

? Images	median of 71641 keypoints per image	✔
? Dataset	268 out of 268 images calibrated (100%), all images enabled	✔
? Camera Optimization	2.73% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✔
? Matching	median of 24550.7 matches per calibrated image	✔
? Georeferencing	yes, 9 GCPs (9 3D), mean RMS error = 0.04 m	⚠

Imagen No. 13 - 41. Parámetros de reporte final.

Fuente: Elaboración propia.

El procesamiento se llevó a cabo correctamente y los parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos por los desarrolladores del software, solo se observa una advertencia en la precisión de la georreferenciación debido a que el error medio cuadrático (RMS) de los puntos de control fotogramétricos con un valor de 0.04 m o 4.00 cm es dos veces mayor pero cuatro veces menor que la distancia de muestreo del suelo (GSD) con un valor de 1.42 cm, a pesar de la advertencia una precisión menor a 5 cm es considerada aceptable.

13.5 Mapa de elevaciones utilizando QGIS

QGIS es un software libre de sistema de información geográfica para analizar y visualizar datos espaciales. Se utilizó el archivo ráster generado en el tercer paso del procesamiento en Pix4D. Los pasos para crear un mapa de elevaciones en QGIS son los siguientes:

Desde QGIS en proyecto seleccionar nuevo proyecto.

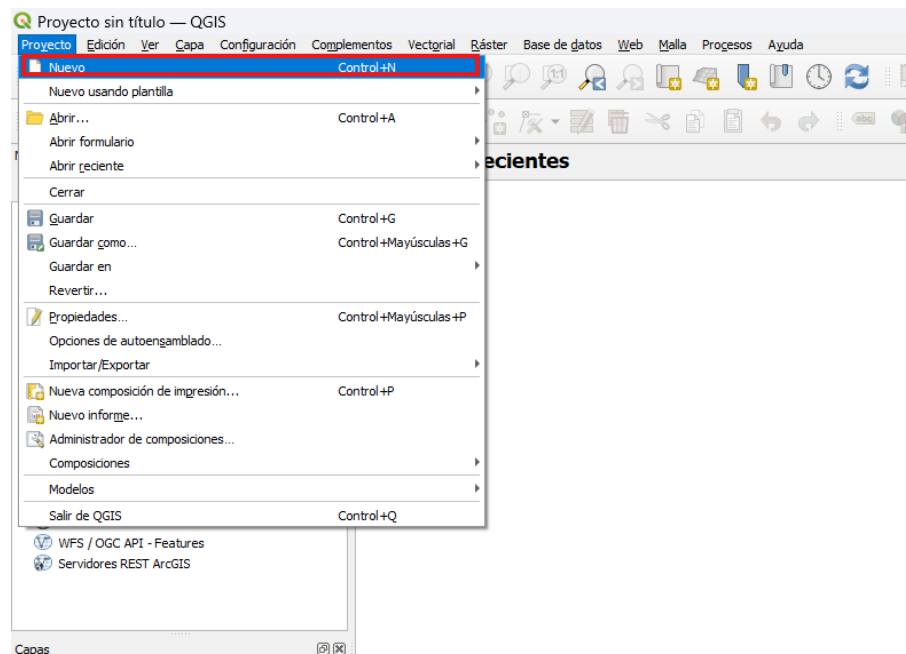


Imagen No. 13 - 42. Creación de nuevo proyecto en QGIS.

Fuente: Elaboración propia.

Definir el sistema de coordenadas de referencia: desde opciones del proyecto en “SRC definido por el usuario” se inserta el sistema SIRGAS ES-

2007 con la proyección cónica conformal de Lambert utilizando los parámetros del “prj” creado con el software Global Mapper.

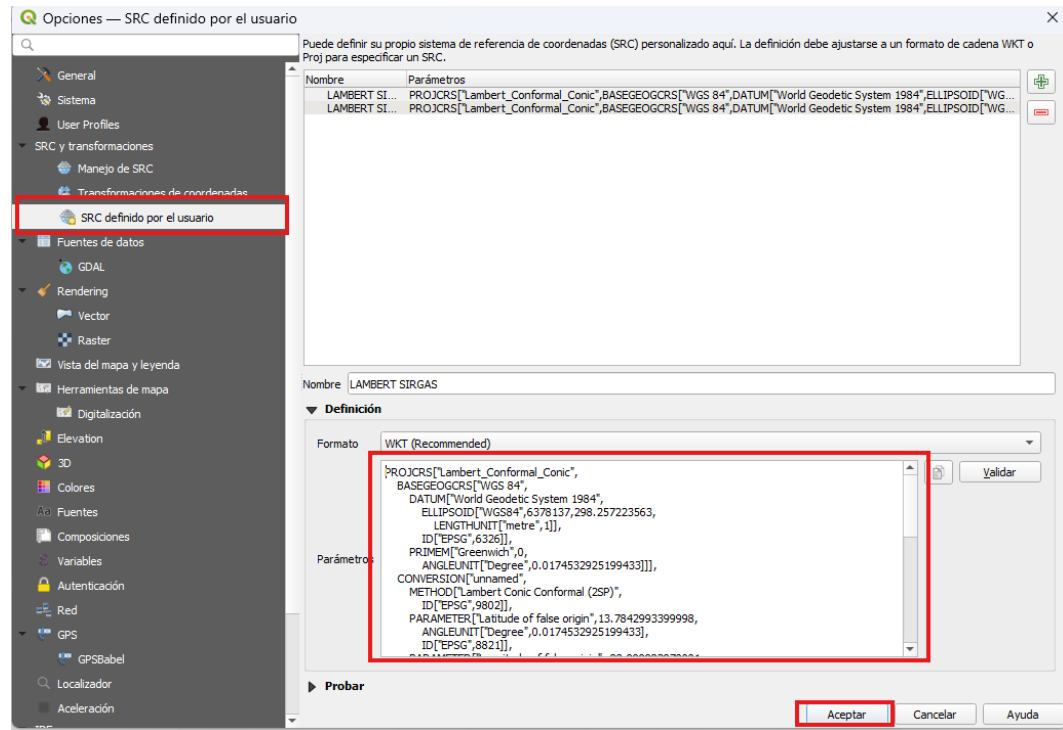


Imagen No. 13 - 43. Definición de sistema de referencia SIRGAS ES-2007 en QGIS.

Fuente: Elaboración propia.

Insertamos el archivo DSM (Digital Surface Model) en formato TIF generado durante el procesamiento de las imágenes del drone, el cual es un formato de imagen donde cada píxel almacena información de elevación en una posición específica, permitiendo visualizar la topografía completa de la superficie, con todos los elementos visibles en el terreno. En la barra de herramientas seleccionamos capa> añadir capa >añadir capa ráster, lo que nos permite insertar la imagen en formato TIF.

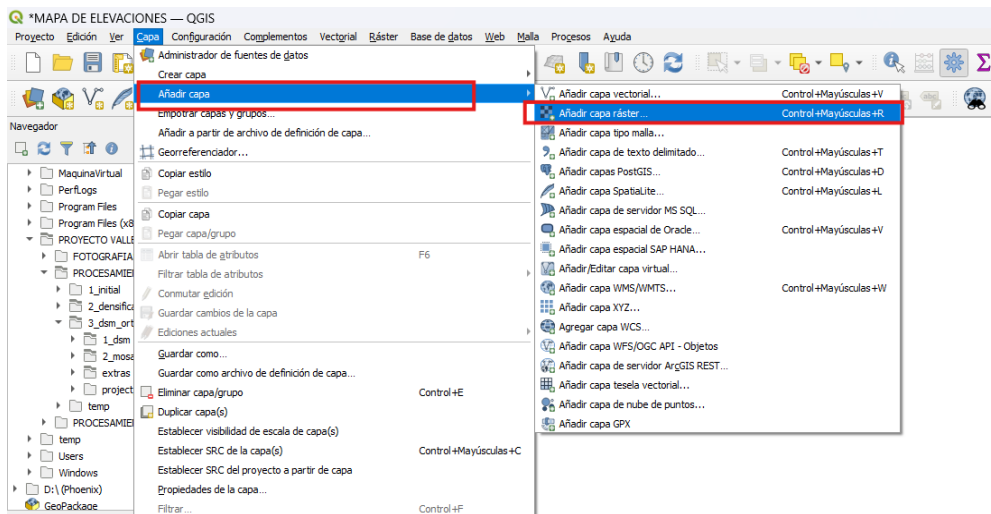


Imagen No. 13 – 44. Creación de capa ráster en QGIS.

Fuente: Elaboración propia.

Buscamos el modelo digital de elevaciones dsm creado con el software PIX4Dmapper y lo abrimos.

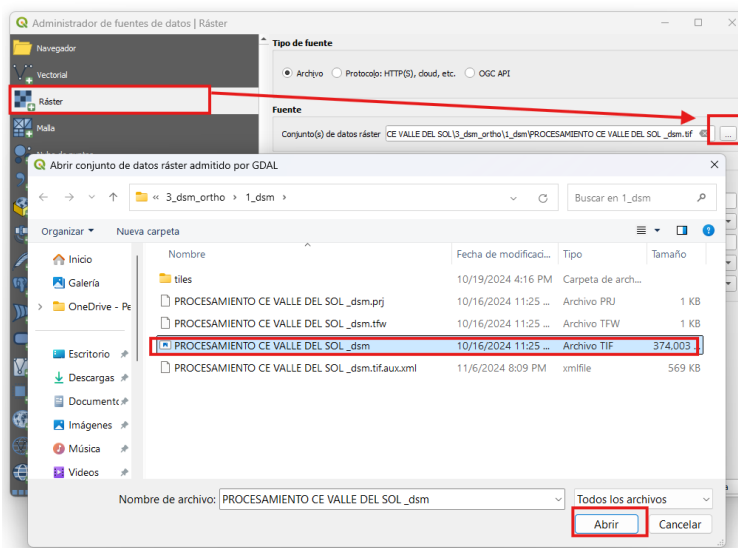


Imagen No. 13 – 45. Importación de archivo dsm a QGIS.

Fuente: Elaboración propia.

Activamos el panel de “caja de herramientas de proceso” y buscamos análisis de ráster para crear el mapa de sombras “hillshade”. Luego seleccionamos “guardar archivo” y ejecutamos.

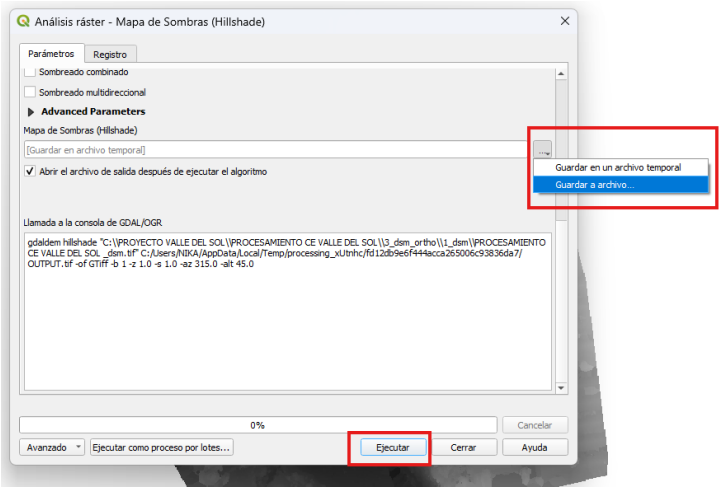


Imagen No. 13 – 46. Creación de mapa de sombras (Hillshade).

Fuente: Elaboración propia.

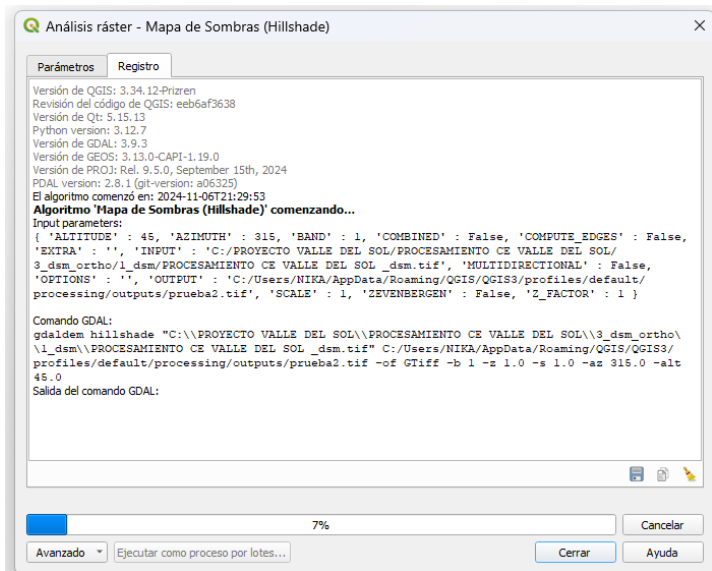


Imagen No. 13 – 47. Ejecución de mapa de sombras (Hillshade).

Fuente: Elaboración propia.

En las propiedades del modelo digital de terreno importado (dsm), cambiamos las propiedades de renderizado a “pseudocolor monobanda” y asignamos una rampa de colores que representaran el rango de elevaciones.

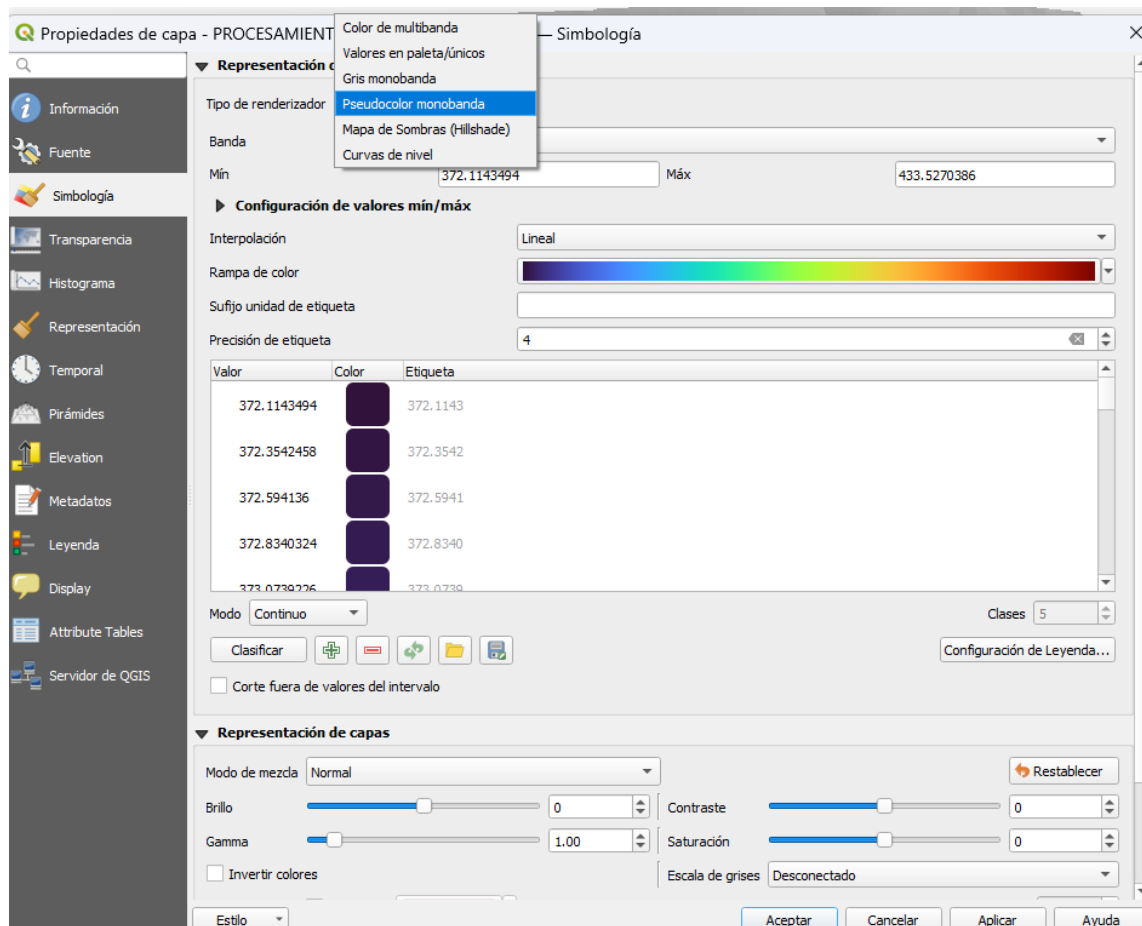


Imagen No. 13 – 48. Asignación de Rango de elevaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Para terminar, se crea el mapa con la herramienta de “Nueva composición de impresión”, se añade el modelo digital del terreno con el rango de elevaciones creado, una cuadrícula con las coordenadas planas según el sistema de referencia nacional SIRGAS-ES2007, su respectiva escala y norte.

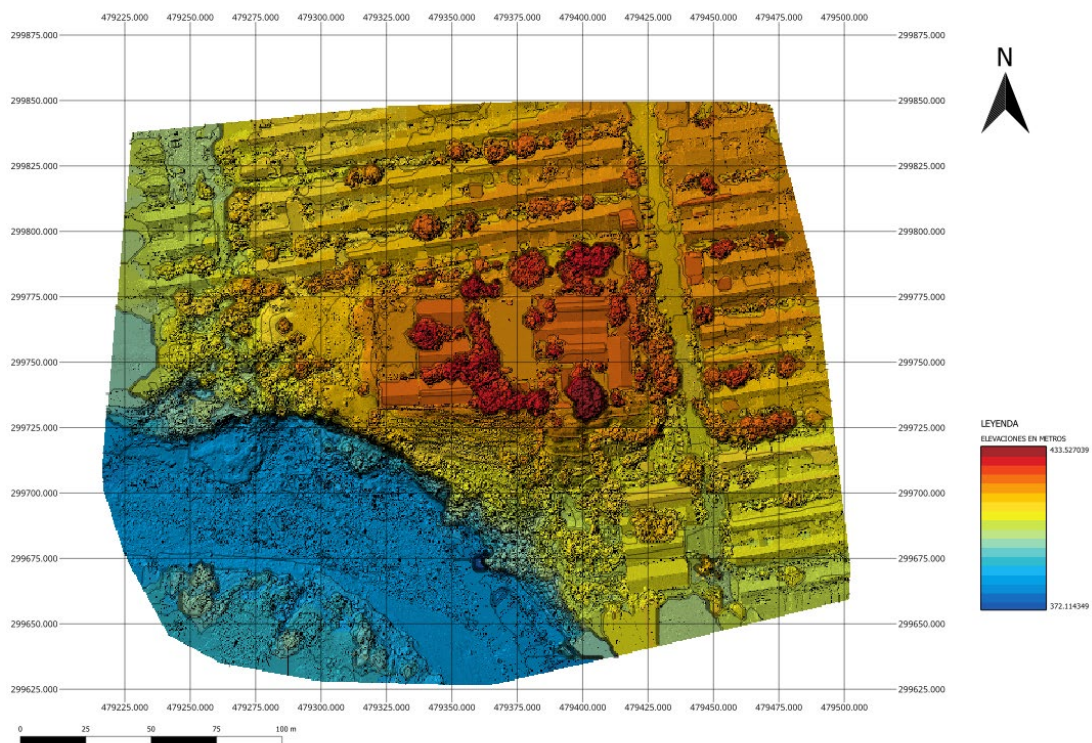


Imagen No. 13 – 49. Mapa de elevaciones elaborado en QGIS.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO XIV: Elaboración del plano topográfico

14.1 Pasos preliminares, proceso del IGCN

Para poder elaborar el plano topográfico necesitamos obtener la clave catastral de la parcela, con la información de: área, dirección, colindantes, matrícula y el mapa catastral que contenga el perímetro o lindero de la parcela. A continuación, mostramos los pasos para obtener esta información:

Verificar la clave catastral de la parcela, la cual se obtiene en el siguiente enlace: <https://www.e.cnr.gov.sv/ClaveCatastral/>

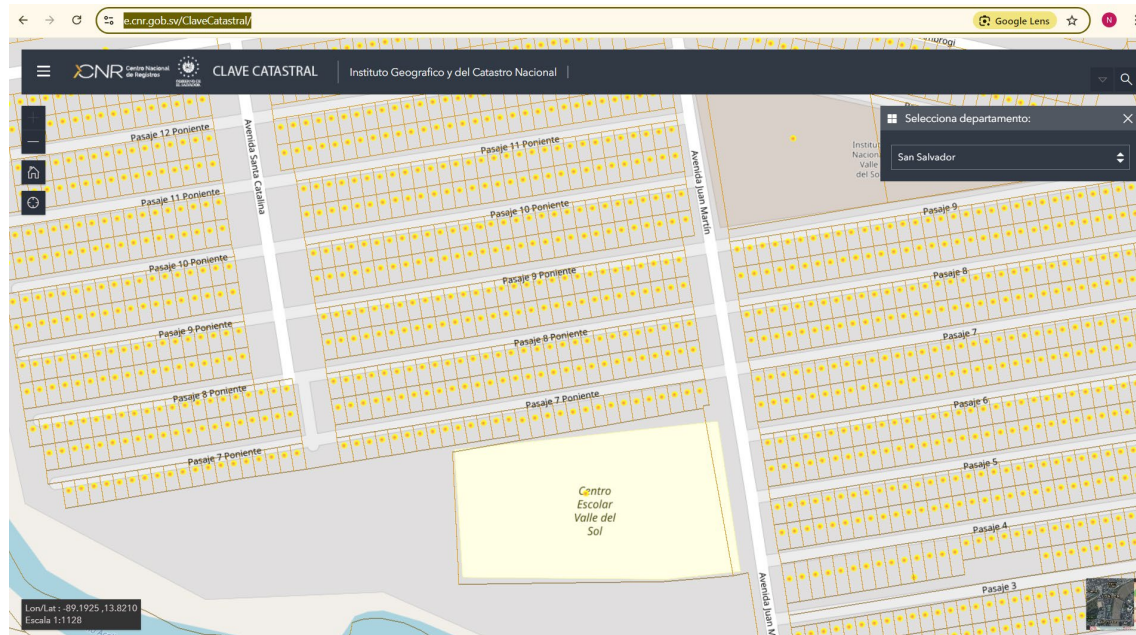


Imagen No. 14 - 1. Pagina web clave catastral CNR.

Fuente: Elaboración propia.

Aquí obtenemos los datos del inmueble del Centro Escolar Valle del Sol, cuya clave catastral es 0602U60-2270.

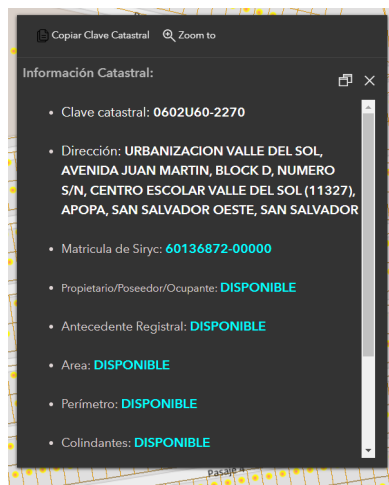


Imagen No. 14 - 2. Clave catastral de Centro Escolar Valle del Sol.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora ingresaremos a la página principal del Centro Nacional de Registros con el siguiente enlace de acceso: <https://www.cnr.gov.sv/>, se debe seleccionar la pestaña de servicios.

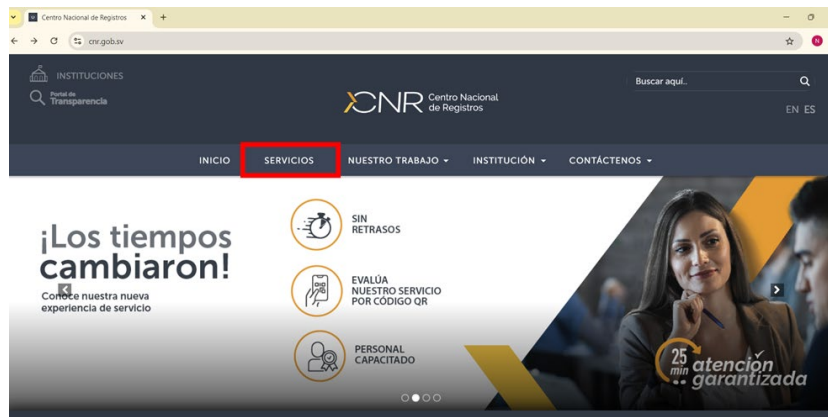


Imagen No. 14 - 3. Pagina principal CNR.

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente menú se debe seleccionar los servicios del Instituto Geográfico y Del Catastro Nacional. Enlace de acceso: <https://www.cnr.gob.sv/guia-de-servicios/>

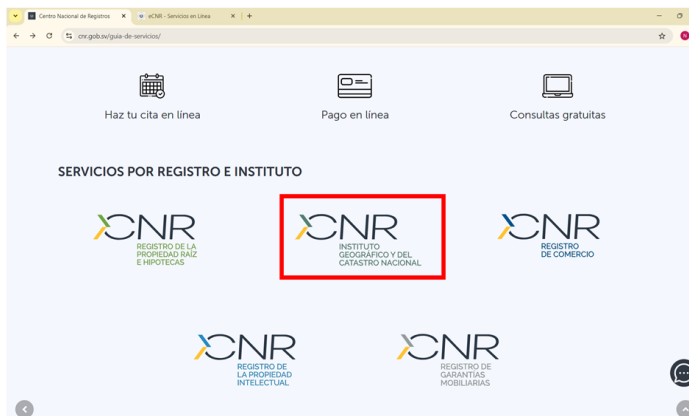


Imagen No. 14 - 4. Servicios del Instituto Geográfico y del Catastro Nacional.

Fuente: Elaboración propia.

Se mostrará la página principal del IGCN, extensión de la página principal de CNR, seleccionamos servicios en línea.



Imagen No. 14 - 5. Pagina principal IGCN.

Fuente: Elaboración propia.

Se debe crear una cuenta para poder solicitar los diferentes productos que ofrecen, en este caso se solicitaron la Ubicación Catastral y el Mapa Catastral.

Imagen No. 14 - 6. Registro de cuenta para cuenta en CNR.

Fuente: Elaboración propia.

Con la clave catastral obtenida en los pasos previos se llena el formulario para solicitar los productos requeridos.

Imagen No. 14 - 7. Formulario para solicitud de clave catastral.

Fuente: Elaboración propia.

REGISTROS E INSTITUTO OTROS SERVICIOS

Instituto Geográfico y del Catastro Nacional

Servicio Solicitud de Mapa Catastral

Condiciones Paso 1 Paso 2 **Paso 3** Paso 4 Paso 5 Enviar

Datos de la Parcela

Importante

Puede solicitar su producto ingresando cualquiera de las siguientes opciones:

1. **Clave Catastral / nombre de propietario o poseedor / colindantes.**
2. **Coordenadas Geográficas / nombre de propietario o poseedor / colindantes.**
3. **Dato Registral / nombre de propietario o poseedor / colindantes.**

Los colindantes y el nombre del propietario anterior en todas las opciones son complemento de la información.
A medida que Ud. proporcione la mayor cantidad de datos, podremos atenderle mejor.

Clave Catastral: - Si no conoces tu clave catastral puedes buscar en el mapa [Ir a Clave Catastral](#)

Coordenadas Geográficas:

Dato Registral (Número de Matrícula, folio, libro):

Nombre del Propietario o Poseedor:

Nombre del Propietario o Poseedor Anterior:

Colindantes:

Imagen No. 14 - 8. Formulario para solicitud de Mapa Catastral.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se descargan los archivos que se envían al correo que se ingresó en el formulario.

 CENTRO NACIONAL DE REGISTROS GOBIERNO DE EL SALVADOR	 CENTRO NACIONAL DE REGISTROS GOBIERNO DE EL SALVADOR
<p>Estimado(a) señor(a) NOEL STANLEY JIMÉNEZ BONILLA</p> <p>Por este medio, le informamos que la solicitud de ubicación catastral No. 88972 ha sido generada</p> <p>Número de transacción: 062024058011</p> <p>Servicio: UBICACION CATASTRAL</p> <p>Puede descargar el documento presionando el siguiente enlace.</p> <p>Descarga el archivo AQUÍ</p> <p>Si su producto no fue suministrado de manera correcta escriba a catastro@cnr.gob.sv donde con gusto se le atenderá</p> <p>NOTA: Se entenderá como Colindante, todos los linderos que limitan con la parcela de interés, si desea obtener otros colindantes aledaños a esta podrá solicitar otros productos como: listado de parcelarios o ubicación catastral.</p> <p>Puede realizar sus solicitudes de trámites en línea o de compra de productos cartográficos en la ruta siguiente: https://www.e.cnr.gob.sv/ServiciosOL/portada/igcn.htm</p> <p>Atentamente,</p>	<p>Estimado(a) señor(a) NOEL STANLEY JIMÉNEZ BONILLA</p> <p>Por este medio, le informamos que la solicitud de MAPA CATASTRAL No. 88976 ha sido generada</p> <p>Número de transacción: 062024058155</p> <p>Servicio: MAPA CATASTRAL</p> <p>Puede descargar el documento presionando el siguiente enlace.</p> <p>Descarga el archivo AQUÍ</p> <p>Si su producto no fue suministrado de manera correcta escriba a catastro@cnr.gob.sv donde con gusto se le atenderá</p> <p>NOTA: Se entenderá como Colindante, todos los linderos que limitan con la parcela de interés, si desea obtener otros colindantes aledaños a esta podrá solicitar otros productos como: listado de parcelarios o ubicación catastral.</p> <p>Puede realizar sus solicitudes de trámites en línea o de compra de productos cartográficos en la ruta siguiente: https://www.e.cnr.gob.sv/ServiciosOL/portada/igcn.htm</p> <p>Atentamente,</p>
Instituto Geográfico y del Catastro Nacional DIGCN	Instituto Geográfico y del Catastro Nacional DIGCN

Imagen No. 14 - 9. Correo de respuesta con la información solicitada.

Fuente: Elaboración propia.

14.2 Importación de datos de estación total

Para llevar a cabo el levantamiento topográfico, se empleó un dron, generando imágenes aéreas del área de estudio. Sin embargo, debido a la presencia de abundante vegetación y estructuras como techos que obstaculizaban la visualización precisa del terreno, se optó por complementar el proceso utilizando una estación total. Esta herramienta permitió capturar con mayor exactitud los datos de los módulos clave en el sitio, asegurando la precisión necesaria en zonas donde el dron no podía obtener suficiente detalle. A continuación, se describen los pasos para obtener los datos desde la estación:

1. Se realizó la conexión de la estación total Hi Target 220R por medio de cable USB a la computadora, de esta manera se obtuvieron los datos crudos en formato “.Job”.

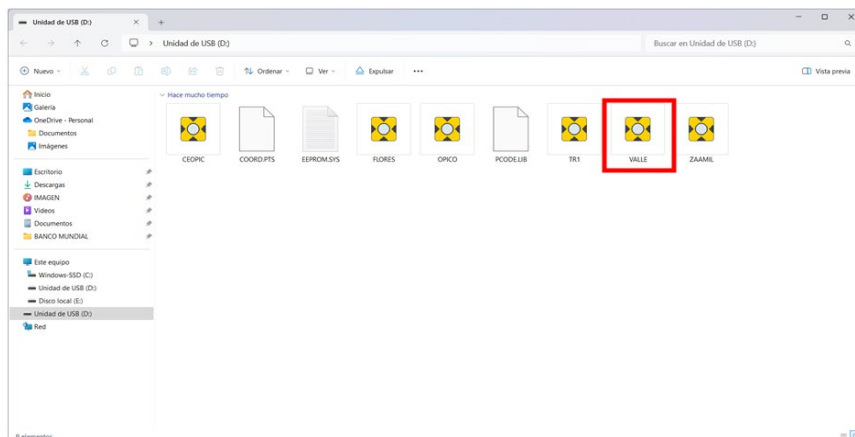


Imagen No. 14 - 10. Archivo .Job generado desde estación total Hi target 220R.

Fuente: Elaboración propia.

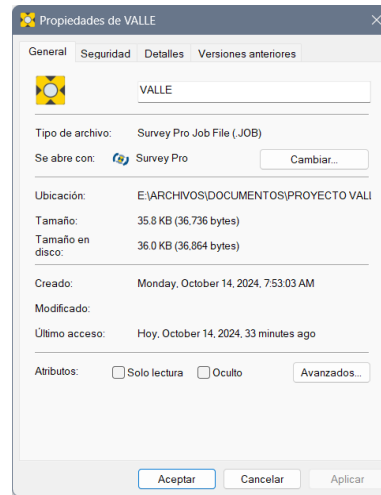


Imagen No. 14 - 11. Propiedades de archivo .Job.

Fuente: Elaboración propia.

- Usando el programa, PC Port II v1.3, seleccionamos "Open", buscamos la carpeta donde se encuentra el archivo, elegimos el tipo de archivo ".Job" y abrimos los datos crudos

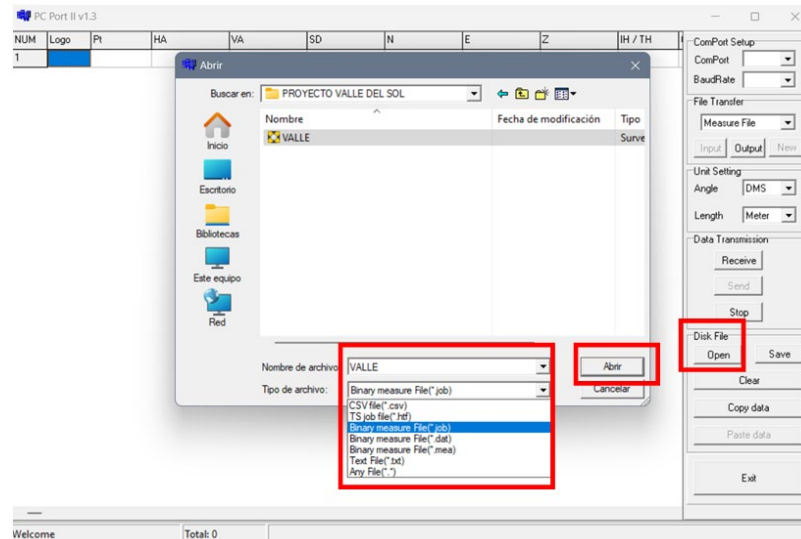


Imagen No. 14 - 12. Importación de datos crudos mediante programa PC Port II V1.3

Fuente: Elaboración propia.

3. Seleccionamos “Save” elegimos la carpeta donde guardaremos nuestro archivo, elegimos el tipo de archivo “.csv” y damos click en “guardar”.

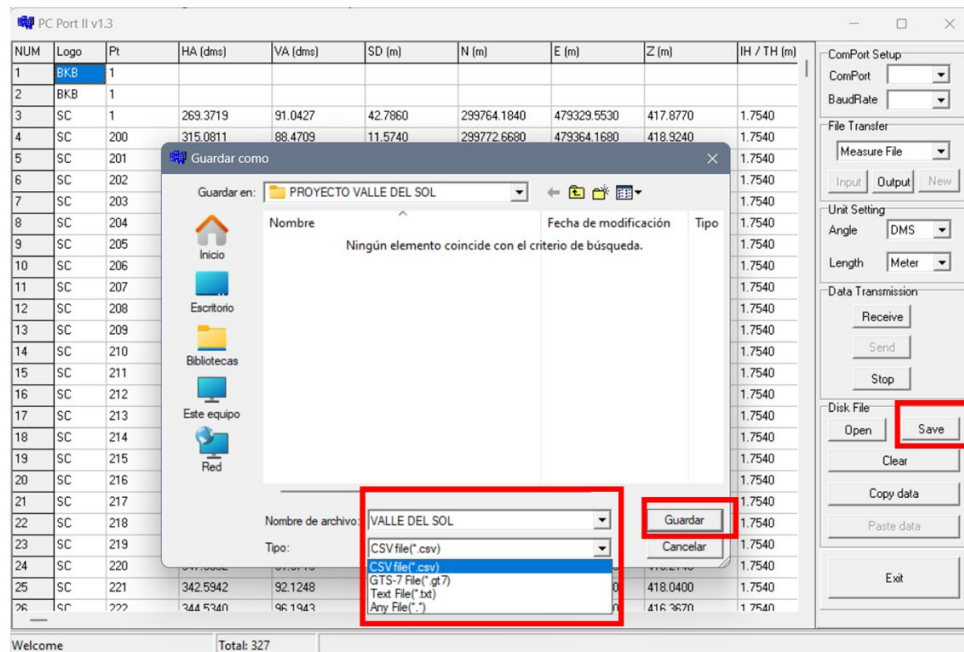


Imagen No. 14 - 13. Importación de datos crudos a formato csv.

Fuente: Elaboración propia.

4. Verificamos que la información obtenida las coordenadas y mediciones, sean consistentes y completos. Posteriormente, se guarda la información de los puntos obtenidos en formato PNEZD y tipo de archivo “.csv” (Punto, Norte, Este, Z [Elevación], y Descripción). Este formato es esencial para su correcta importación en programas de diseño asistido por computadora (CAD), donde se podrá continuar con el procesamiento y análisis de los datos topográficos para generar planos.

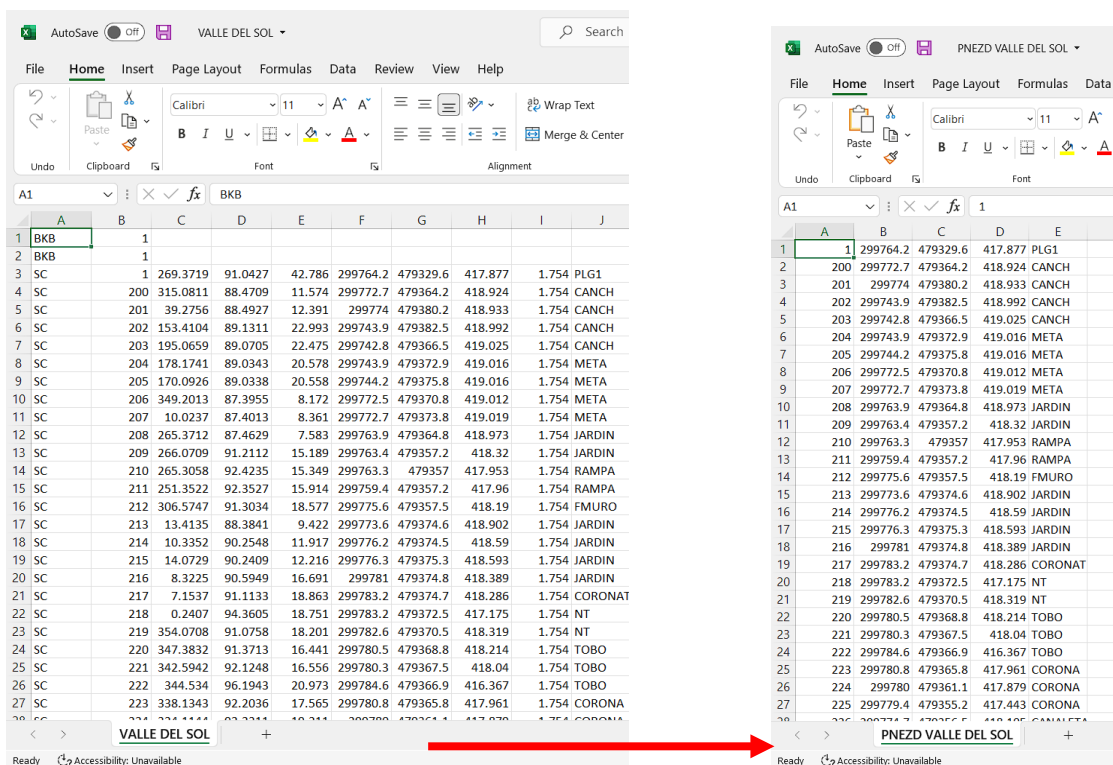


Imagen No. 14 - 14. Procesamiento de datos crudos a formato PNEZD.

Fuente: Elaboración propia.

14.3 Elaboracion de plano topografico en Civil 3D.

A continuación, describiremos los pasos para importar los datos necesarios, la ortofoto y los puntos obtenidos:

Importación de datos (ortofoto y curvas)

1. El primer paso es abrir el programa de Civil 3D, crear un nuevo proyecto y verificar que las unidades estén en el sistema internacional.

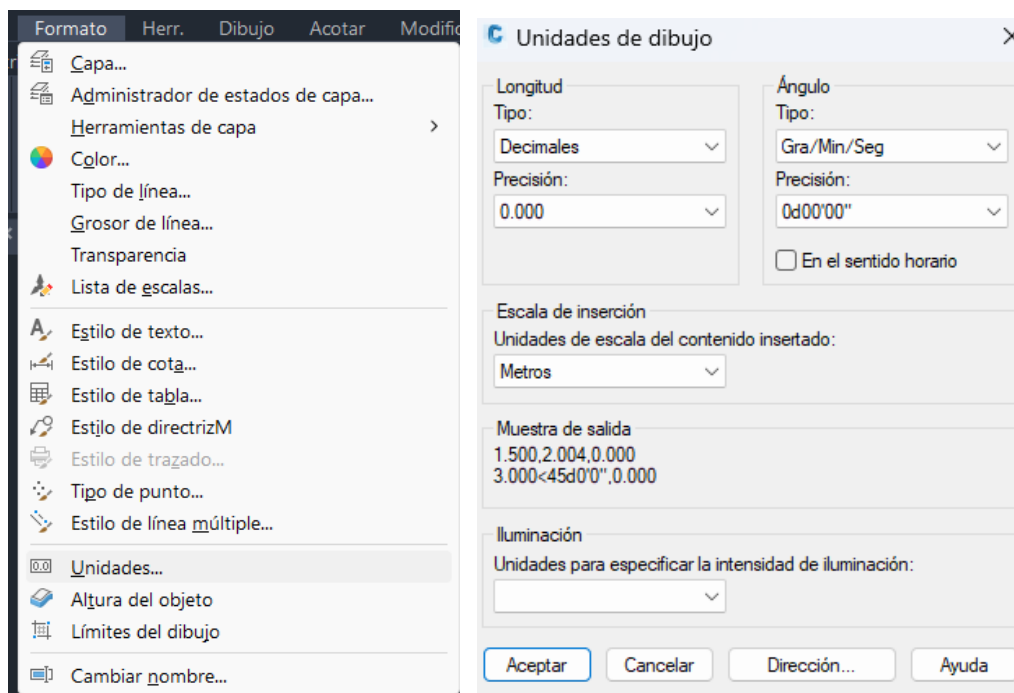


Imagen No. 14 - 15. Verificación de unidades internacionales en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

2. Seleccionamos el espacio de trabajo de “planificación y análisis”.

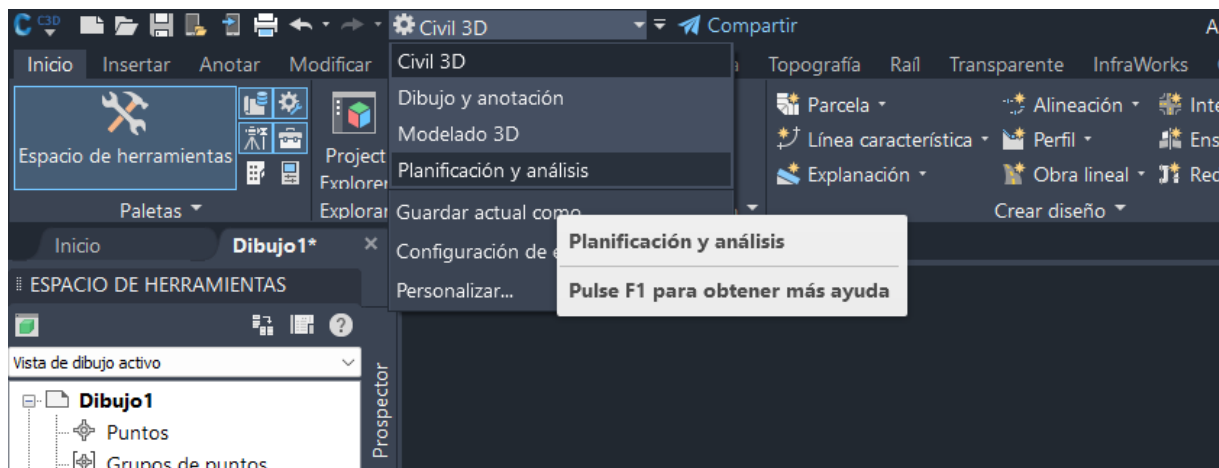


Imagen No. 14 - 16. Selección de espacio de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

3. En la barra de herramientas seleccionamos insertar y luego damos clic en imagen.

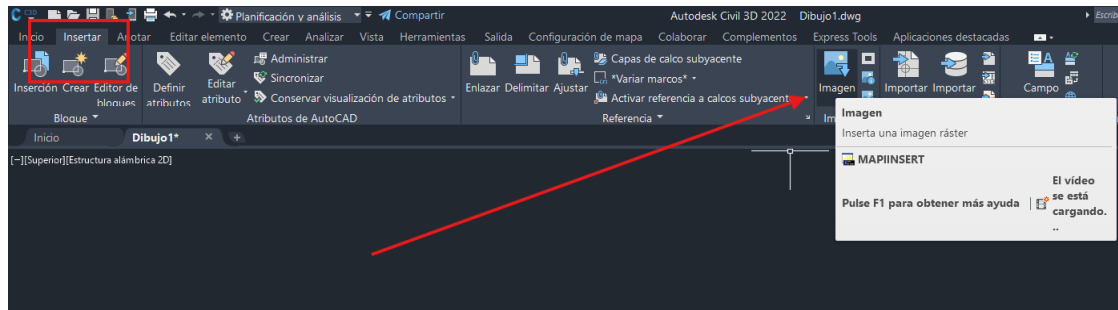


Imagen No. 14 - 17. Importación de ortofoto generada a civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

4. Buscamos la carpeta donde esta la ortofoto procesada con el software PIX4D y la abrimos.

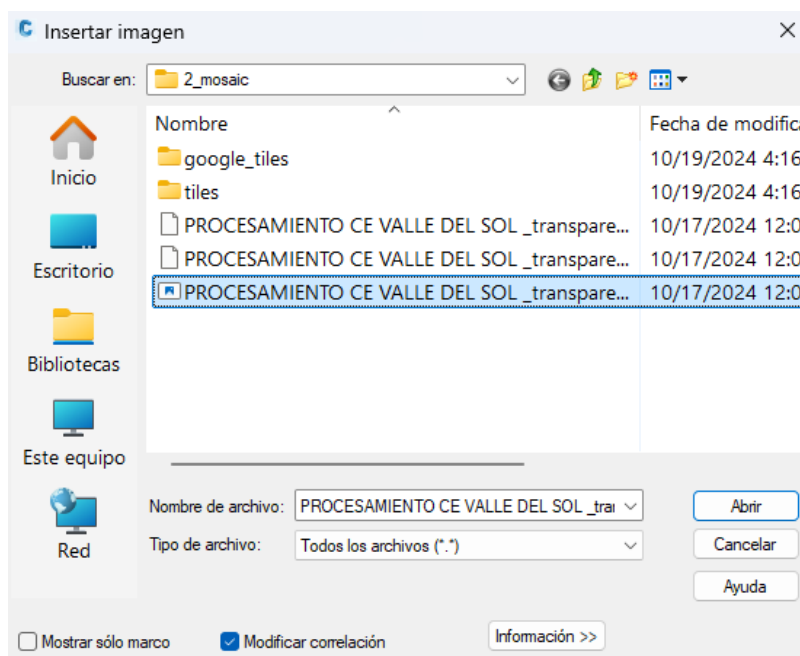


Imagen No. 14 - 18. Importación de ortofoto generada a Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

5. Aparecera una ventana con las coordenadas de inserción de la ortofoto, le damos aplicar y aceptar.

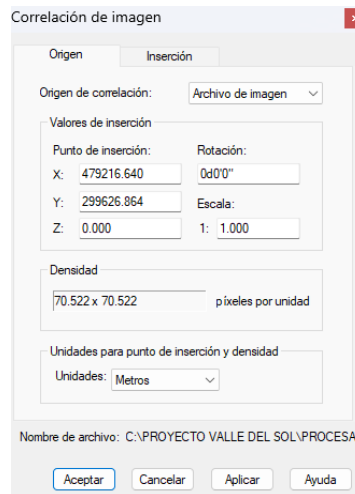


Imagen No. 14 - 19. Importación de ortofoto generada a Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

6. Seleccionamos propiedades de capa, creamos una nueva capa para colocar nuestra ortofoto importada.

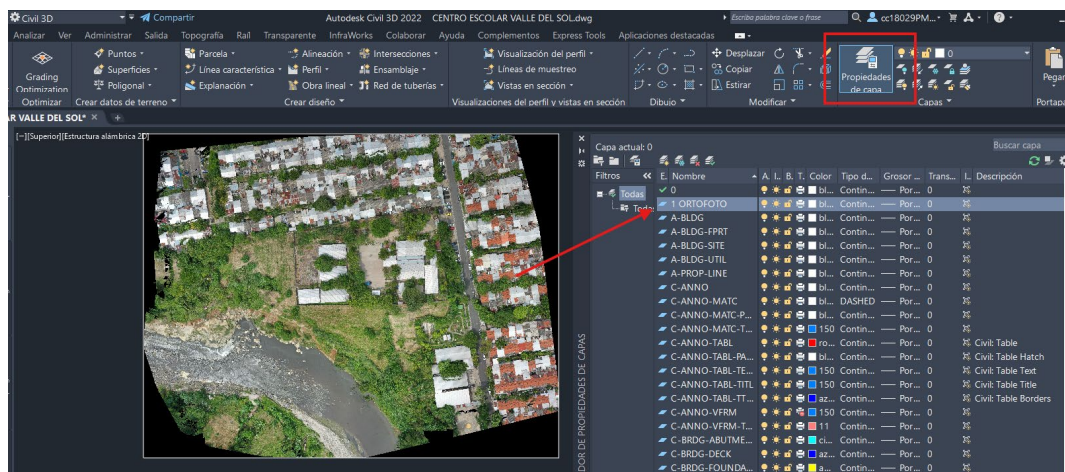


Imagen No. 14 - 20. Creación de capas en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

7. Desde el espacio de trabajo de civil 3D en inicio seleccionamos la herramienta de creación de puntos.

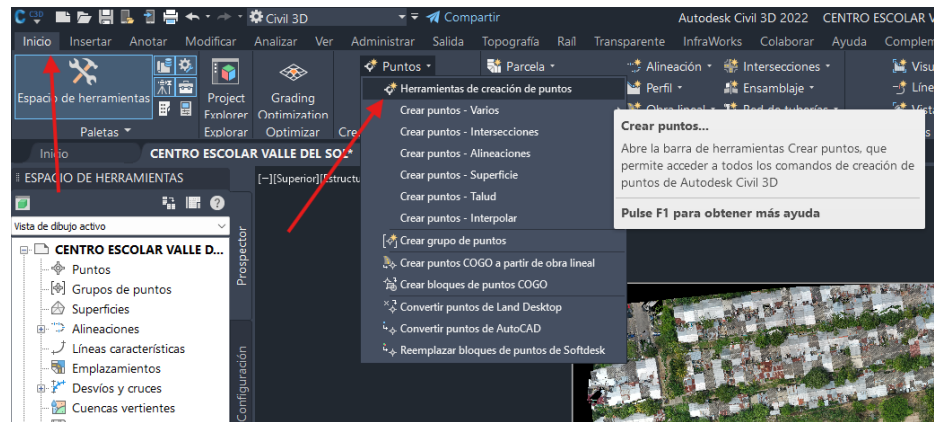


Imagen No. 14 - 21. Importación de puntos a Civil 3D

Fuente: Elaboración propia.

8. Seleccionamos el comando de importar puntos, abrimos el archivo importado en formato PNEZD y le damos abrir.

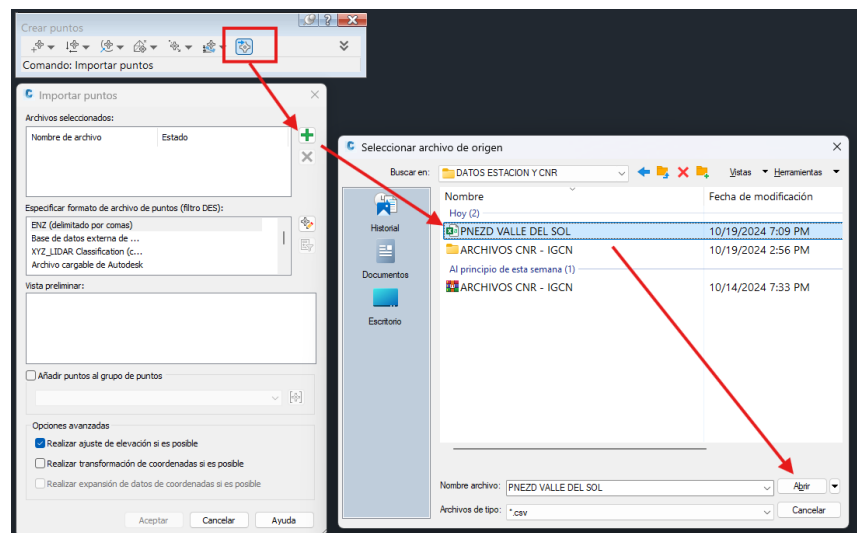


Imagen No. 14 - 22. Importación puntos a Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

9. Posteriormente especificamos el formato de puntos, verificamos que las ordenadas y las abscisas estén correctas, añadimos un nuevo grupo de puntos y le damos aceptar.

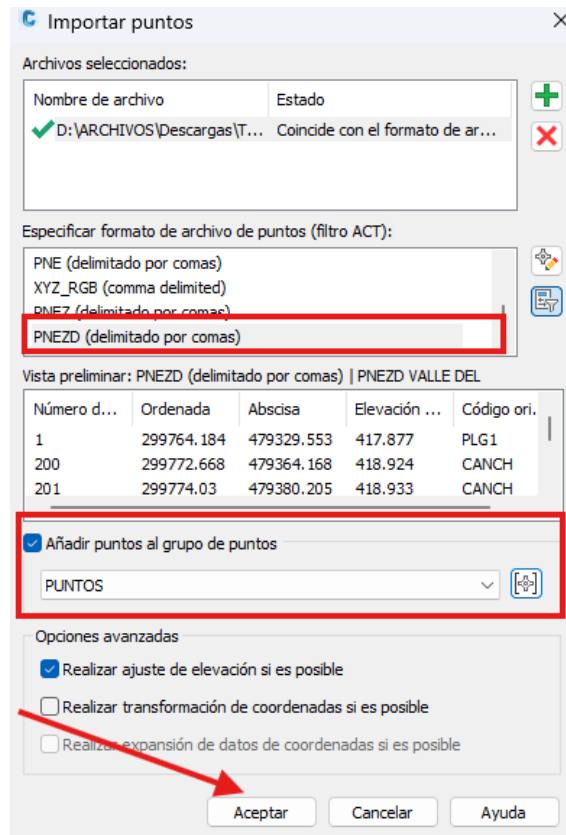


Imagen No. 14 - 23. Creación de nube de puntos en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

10. Con los datos ya importados, desde el espacio de herramientas > prospector > Grupos de puntos > los puntos exportados "PUNTOS" clic derecho > propiedades, podemos darle formato.

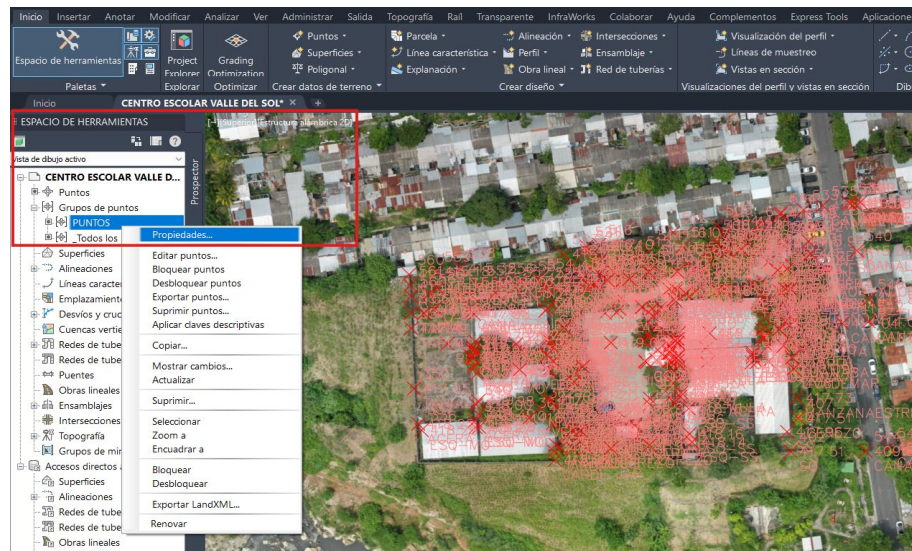


Imagen No. 14 - 24. Formato para nube de puntos.

Fuente: Elaboración propia.

- Se abre la pestaña "propiedades" y procedemos a darle formato a los puntos, aplicamos y aceptamos, hacemos lo mismo para el estilo de etiqueta.

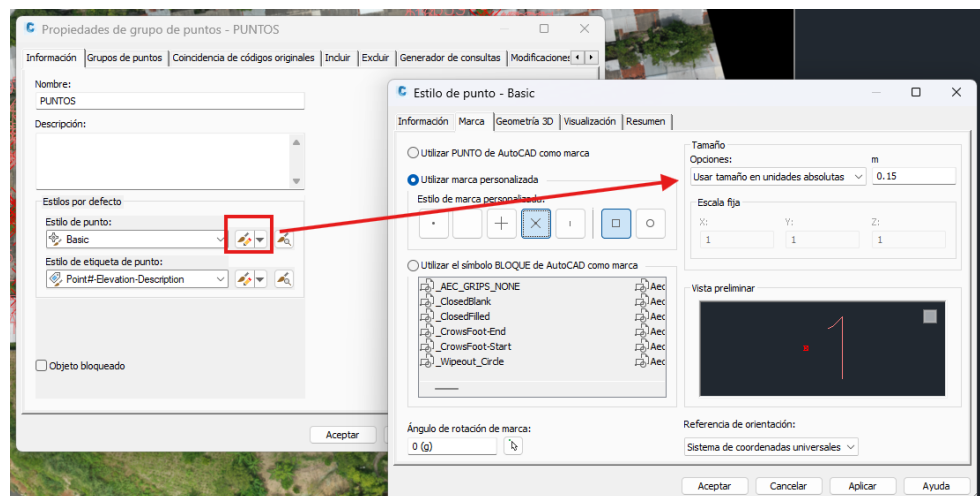


Imagen No. 14 - 25. Formato para nube de puntos.

Fuente: Elaboración propia.

12. Observamos los datos procesados y procedemos a dibujar el plano topografico, linderos y módulos construidos utilizando la ortofoto y los puntos obtenidos con la estación total procesados.



Imagen No. 14 - 26. Ortofoto y Nube de puntos Exportada.

Fuente: Elaboración propia.

13. Verificamos que el perímetro y el área de la parcela tenga coherencia con la información proporcionada por el CNR.

 UBICACIÓN CATASTRAL		No. de Transacción 062024058011	
Mapa / Parcela	0602U60-2270	Área	6038.7253 m2
Uso	INSTITUCIONAL		
Matricula / index / Propietario(s) según SIRyC	(60136872-00000)ALCALDIA MUNICIPAL DE APOPA		
Libro / ins y otros	-> - ; Regisal I y II -> M01071462 0001;		
Propietario / Poseedor / Ocupante			
Frentes	50109(C) LONG=64.58 mts; suma=64.58 mts		
Cta Alcaldía			
Dirección	URBANIZACION VALLE DEL SOL, AVENIDA JUAN MARTIN, BLOCK D, NUMERO SIN, CENTRO ESCOLAR VALLE DEL SOL (11327), APOPA, SAN SALVADOR OESTE, SAN SALVADOR		

Imagen No. 14 - 27. Verificación de área y perímetro de parcela.

Fuente: Elaboración propia.

14. Para crear un cuadro de rumbos y distancias utilizando Civil 3D se siguen los siguientes pasos: seleccionamos la herramienta de creación de parcelas.

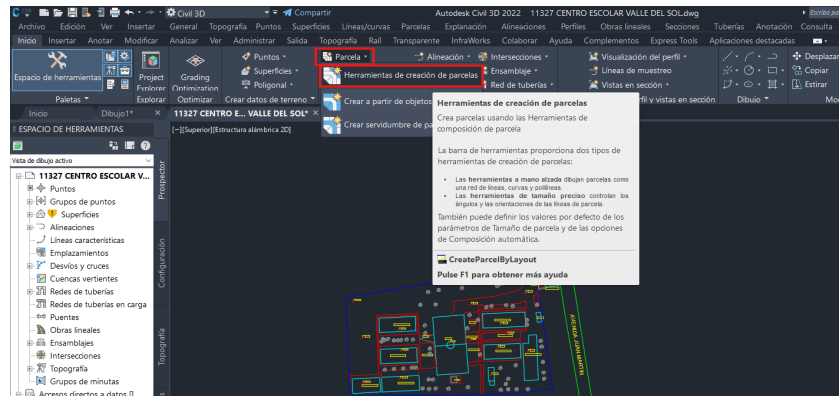


Imagen No. 14 - 28. Elaboración de parcela utilizando Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

15. En la siguiente ventana, Seleccionamos “crear parcela”, añadimos las tangentes de la parcela en el sentido de las agujas del reloj siguiendo el perímetro de el terreno y aceptamos.

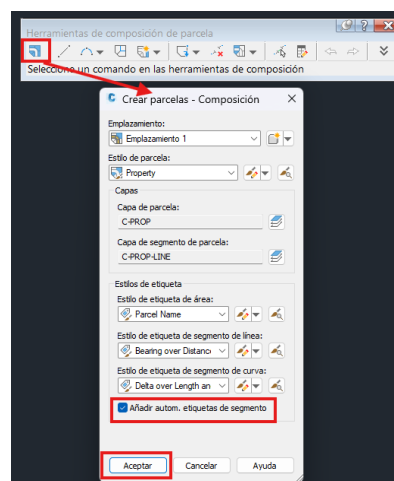


Imagen No. 14 - 29. Creación de etiquetas de parcela utilizando Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

16. En las propiedades de la parcela creada seleccionamos añadir tablas, seleccionamos como datos de entrada las etiquetas creadas en la parcela y posteriormente añadimos las columnas con las coordenadas X y Y, de los diferentes puntos del lindero.

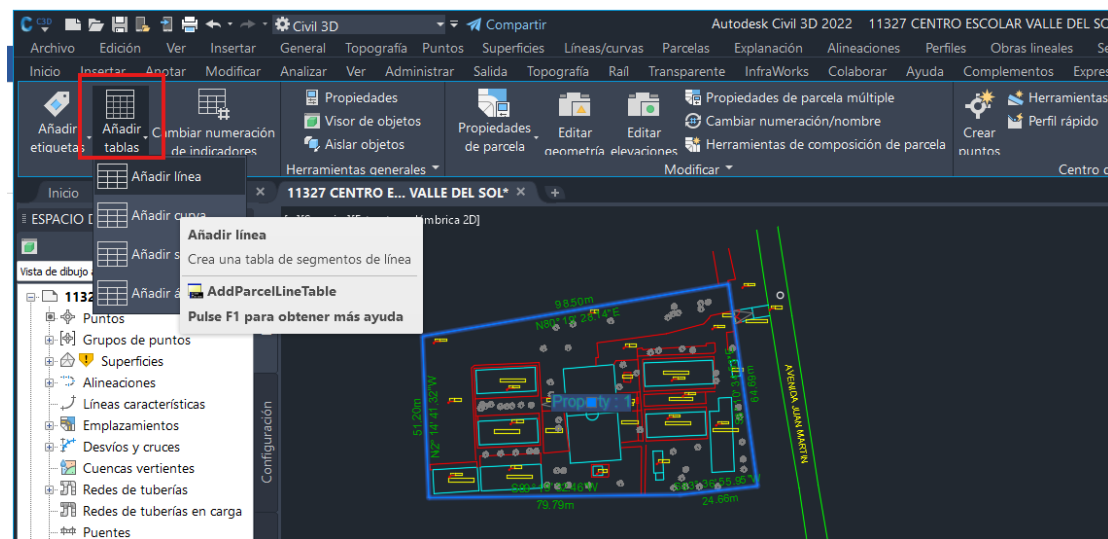


Imagen No. 14 - 30. Creación de cuadro de rumbos y distancias.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS					
TRAMO	VERTICE	LONGITUD	RUMBO	NORTE	ESTE
L1	1	98.50	N80° 19' 28.14"E	299782.999	479319.51
L2	2	64.69	S8° 10' 34.53"E	299799.553	479416.61
L3	3	24.66	S83° 36' 55.95"W	299735.517	479425.81
L4	4	79.79	S89° 19' 32.46"W	299732.774	479401.29
L5	5	51.20	N2° 14' 41.32"W	299731.835	479321.51
SUPERFICIE = 5,954.67 m ²					

Imagen No. 14 – 31. Cuadro de rumbos y distancias en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

17. Para la configuración de un membrete en tamaño de 90x60 cm se siguen los siguientes pasos: creamos un nuevo "Layout", clic derecho sobre este, seleccionamos administrador de configuraciones de página.

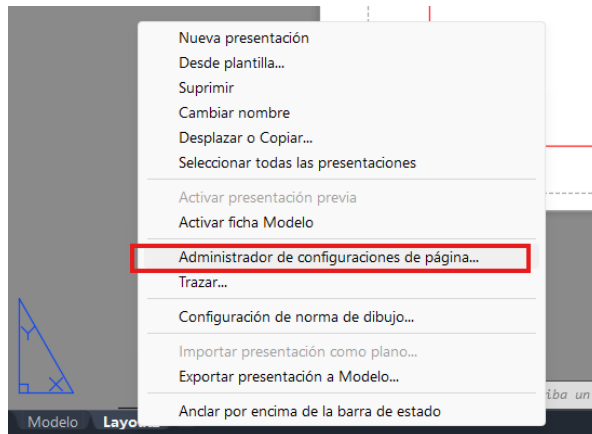


Imagen No. 14 - 32. Configuración de página de impresión en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

18. Luego seleccionamos modificar para darle el formato deseado al área de impresión.

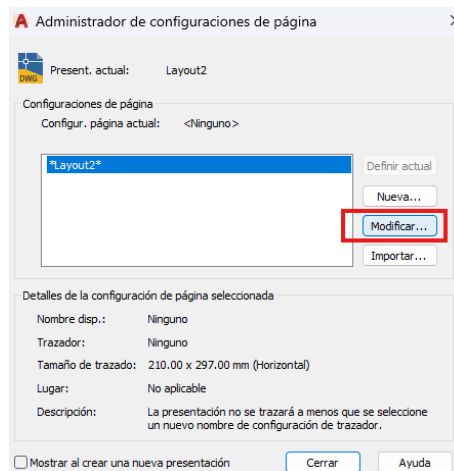


Imagen No. 14 - 33. Configuración de página de impresión en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

19. Seleccionamos el trazador DWG To PDF, el tamaño de papel ARCH D (36.00 x 24.00 pulgadas), escala de trazado en “mm” 1mm = 1 unidad.

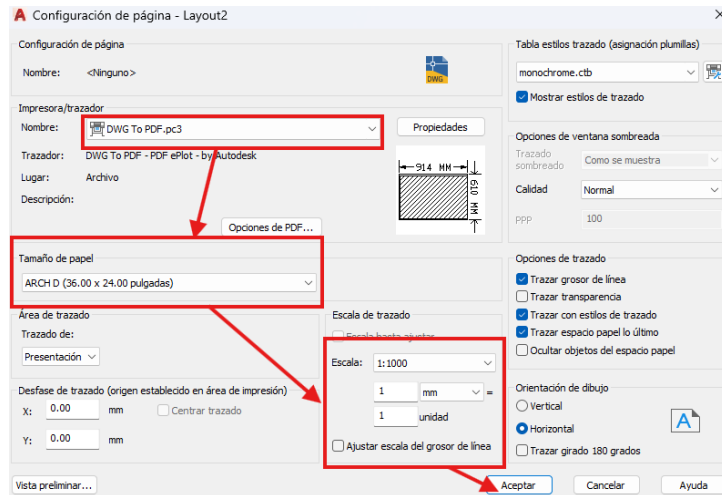


Imagen No. 14 - 34. Establecimiento de parámetros en hoja de impresión.

Fuente: Elaboración propia.

20. Dibujamos el membrete y luego en pestaña “presentacion” añadimos una ventana grafica rectangular.

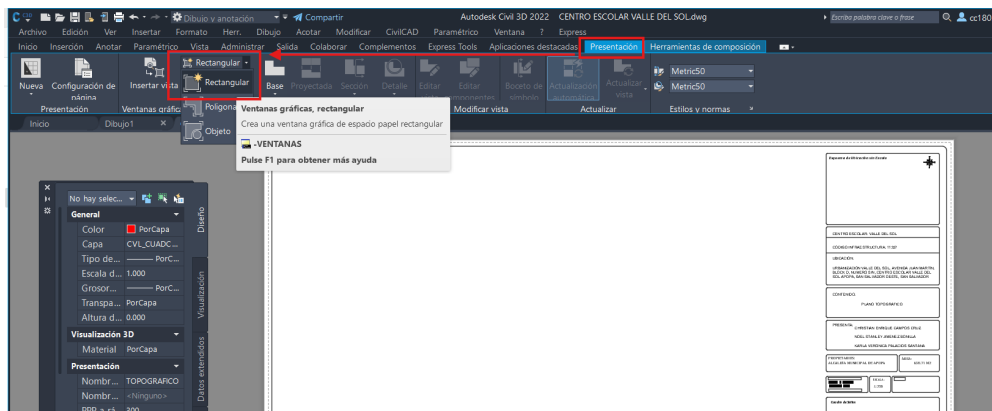


Imagen No. 14 - 35. Creación de ventanas graficas para áreas de impresión.

Fuente: Elaboración propia.

21. Seleccionamos la ventana grafica creada, desplegamos las escalas y damos click en personalizado.

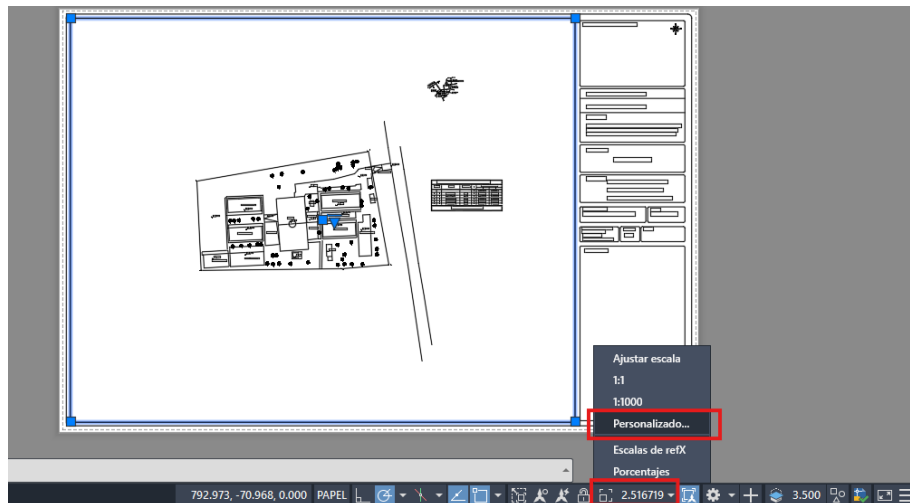


Imagen No. 14 - 36. Creación de escalas personalizadas en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

22. Seleccionamos añadir y luego creamos la escala que necesitamos de la siguiente manera: en unidades de papel siempre sera 1000 y en unidades de dibujo la escala que estamos añadiendo en este caso 1:250

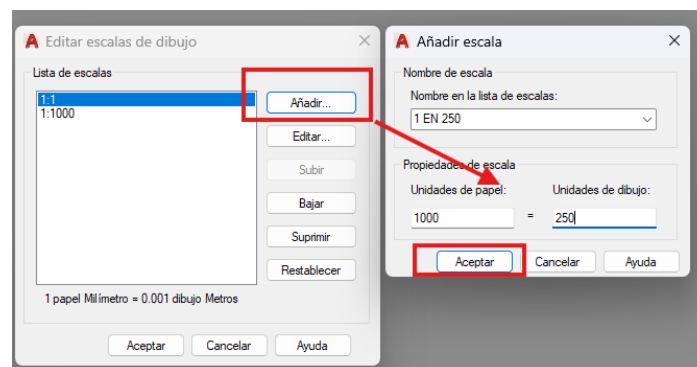


Imagen No. 14 - 37. Creación escalas personalizadas en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

23. Clic en “ventana grafica” y en la barra de estado podemos seleccionar la escala que personalizamos.

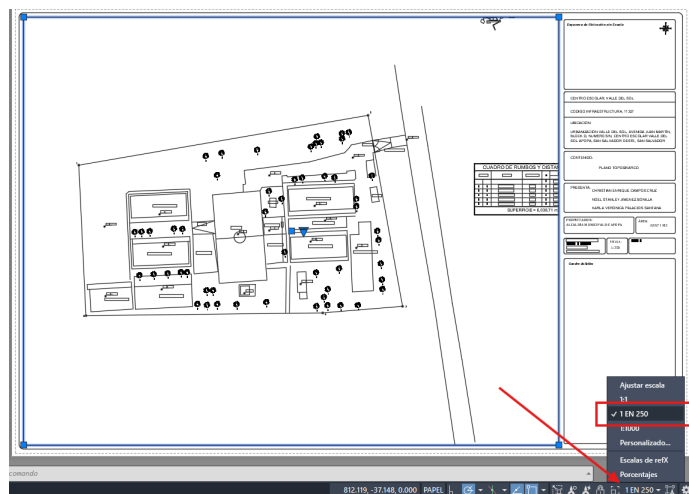


Imagen No. 14 - 38. Selección de escalas personalizadas.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentarán los pasos para importar las curvas de nivel:

1. Abrimos el archivo .dxf generado con el programa PIX4D que contiene las curvas de nivel.

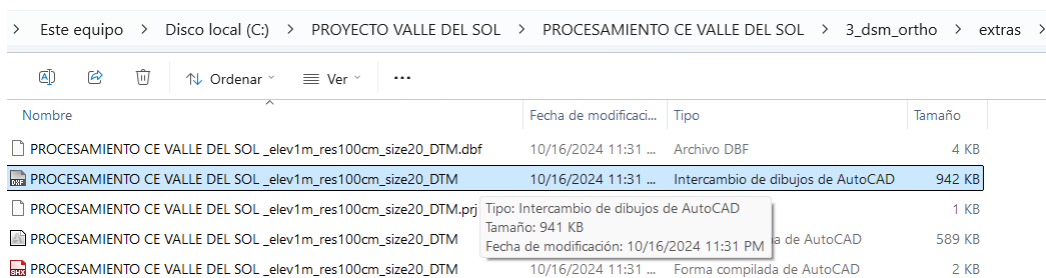


Imagen No. 14 - 39. Archivo .dxf generado en el procesamiento con PIX4D.

Fuente: Elaboración propia.

- Copiamos las polilíneas con las curvas y las pegamos con sus coordenadas de origen.

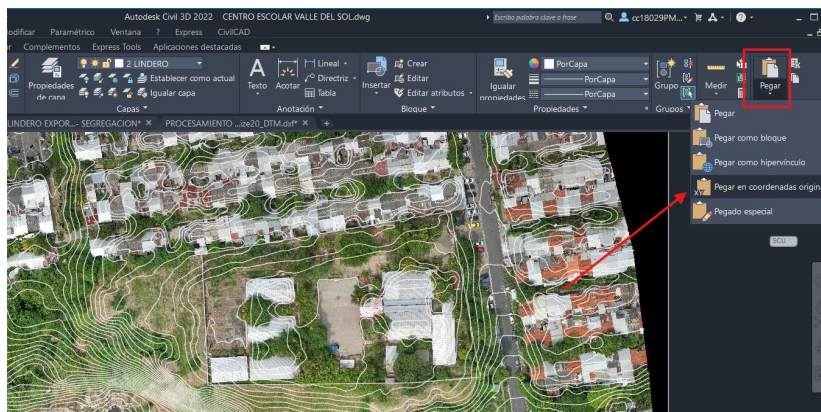


Imagen No. 14 - 40. Importación de curvas de nivel generadas.

Fuente: Elaboración propia.

- Desde el espacio de herramientas, en prospector, creamos una nueva superficie.

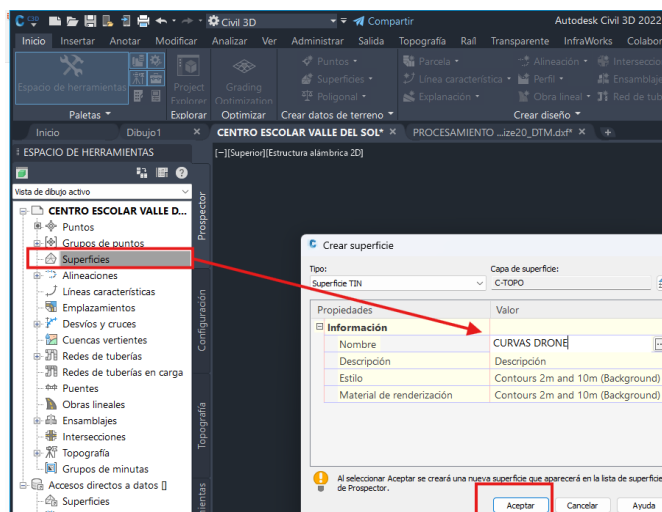


Imagen No. 14 - 41. Creación de superficie con curvas de nivel generadas por el drone - 1.

Fuente: Elaboración propia.

4. Luego buscamos la superficie creada “curvas drone” añadimos y aceptamos

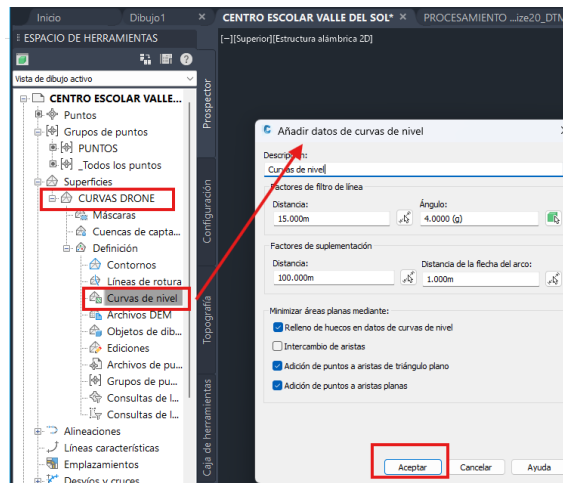


Imagen No. 14 - 42. Creación de superficie con curvas de nivel generadas por el drone - 2.

Fuente: Elaboración propia.

5. Seleccionamos las polilíneas con las curvas y damos ENTER.



Imagen No. 14 - 43. Superficie generada con curvas de nivel proporcionadas por drone.

Fuente: Elaboración propia.

6. Procedemos a crear una nueva superficie con los puntos obtenidos con la estación total.

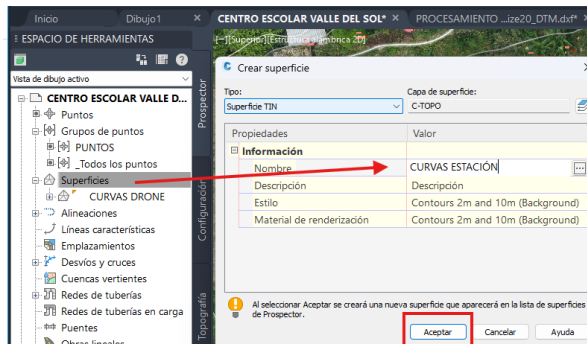


Imagen No. 14 - 44. Creación de superficie con curvas obtenidas con estación total.

Fuente: Elaboración propia.

7. Seguimos la ruta Superficies > Curvas estación > Grupos de puntos > Puntos, así nombramos los puntos exportados por la estación y aceptamos.

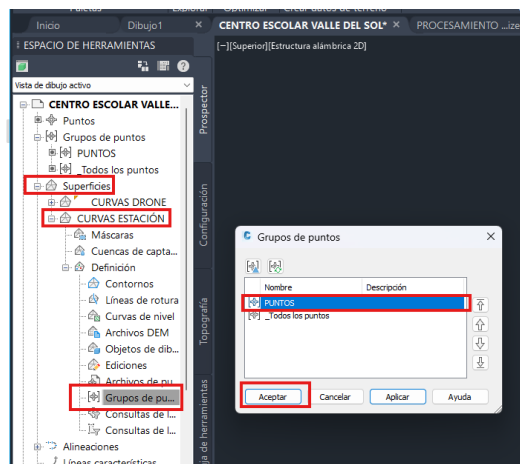


Imagen No. 14 - 45. Creación de superficie con curvas obtenidas con estación total.

Fuente: Elaboración propia.

8. Creamos una tercera superficie en la cual unificaremos los datos obtenidos con el drone y los datos obtenidos con la estación total, esto lo haremos debido a que en el centro escolar los techos y los arboles interfieren con las curvas de nivel generadas por el drone, haremos una pequeña corrección utilizando los datos recolectados con la estación total.

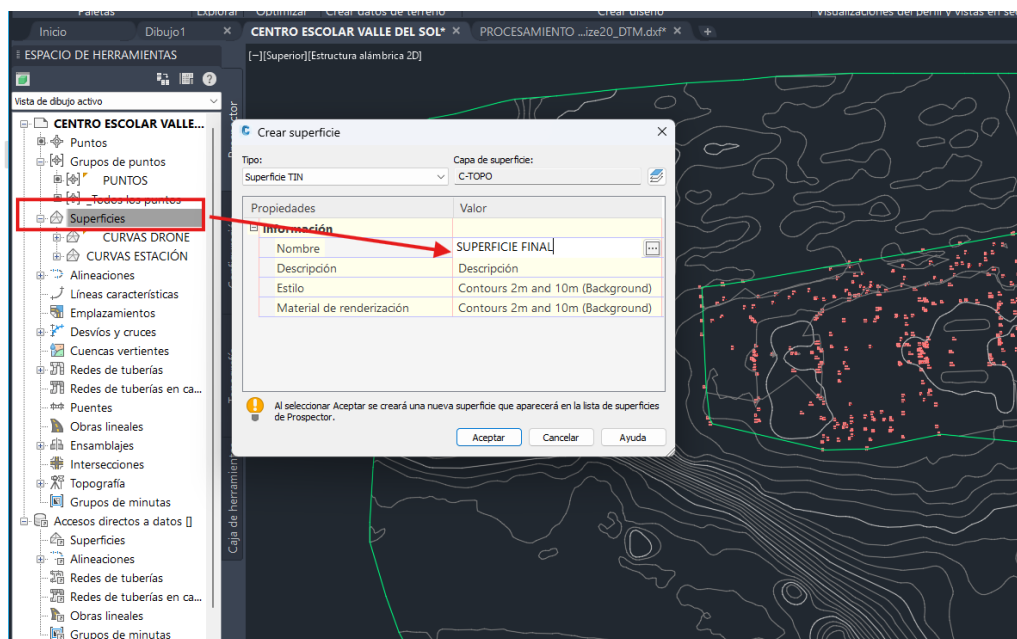


Imagen No. 14 - 46. Creación de superficie corregida del centro escolar.

Fuente: Elaboración propia.

9. Desde el espacio de herramientas siguiendo la ruta: Superficies > Superficie final > ediciones > pegar superficie.

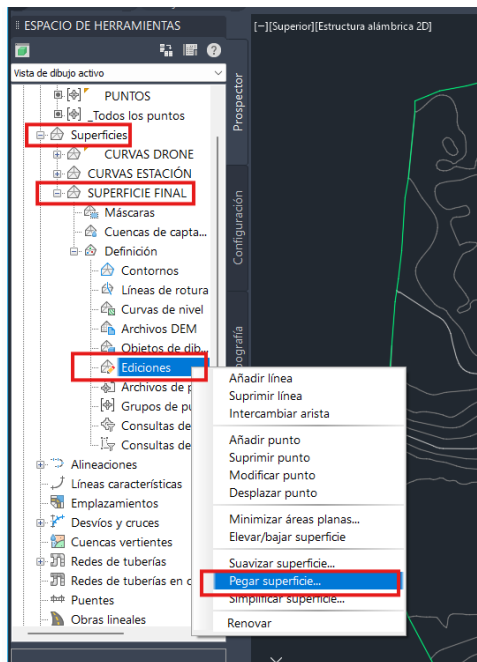


Imagen No. 14 - 47. Combinación de superficies en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

10. En la siguiente ventana solo seleccionaremos la superficie creada por el drone, aceptamos.

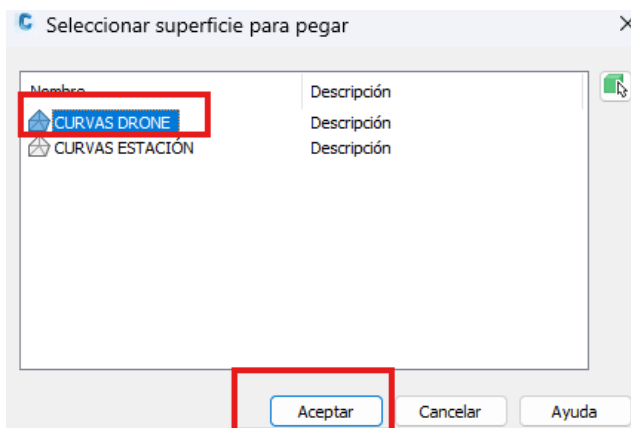


Imagen No. 14 - 48. Combinación de superficies en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

11. Repetimos el paso anterior siguiendo la ruta: Superficies > Superficie final > ediciones > pegar superficie y finalmente solo seleccionamos las curvas creadas con la estación total.

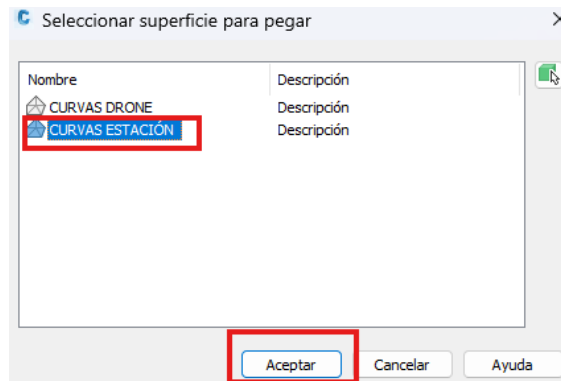


Imagen No. 14 - 49. Combinación de superficies en Civil 3D .

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera obtenemos el modelo digital del terreno, con las curvas de nivel dentro de la escuela sin la interferencia de los techos y arboles.

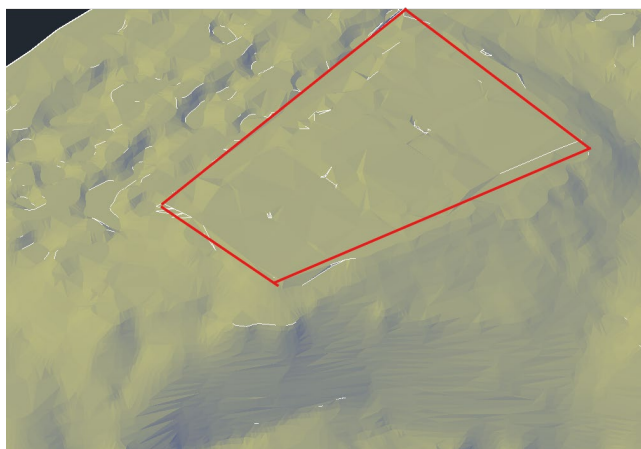


Imagen No. 14 - 50. Superficie final obtenida de Centro Escolar Valle del Sol.

Fuente: Elaboración propia.

14.4 Secciones transversales y longitudinales

Se presenta el proceso para crear secciones longitudinales y transversales del terreno. Estas secciones permitirán visualizar el perfil y las características topográficas a lo largo de los ejes seleccionados, facilitando así el análisis detallado del relieve y su aplicación en el proyecto.

Primero creamos una línea que representara la ubicación de nuestro perfil, luego seleccionamos Alineación > crear alineación a partir de objetos > damos clip en la línea creada y damos enter.

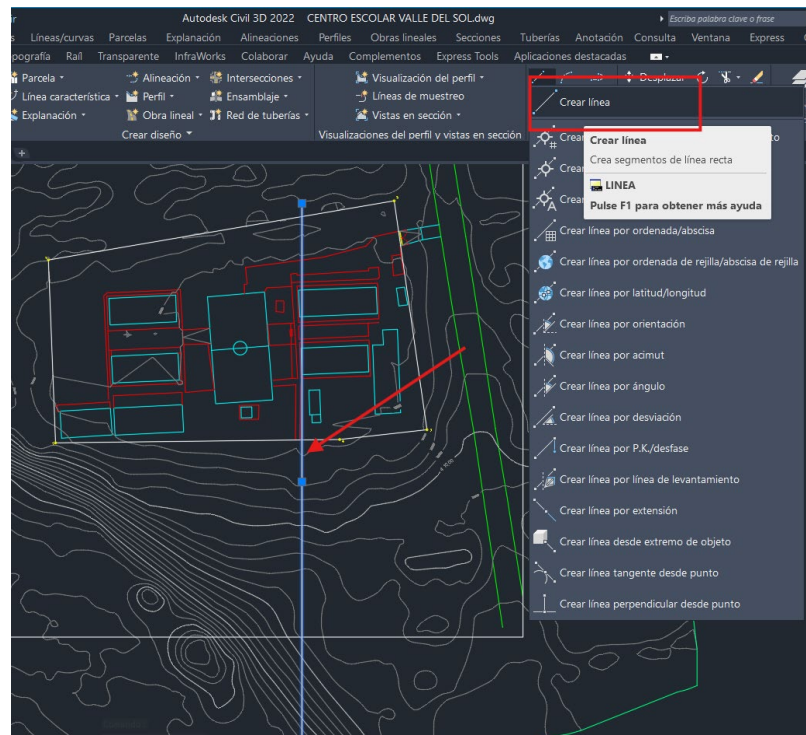


Imagen No. 14 - 51. Creación de línea de referencia.

Fuente: Elaboración propia.

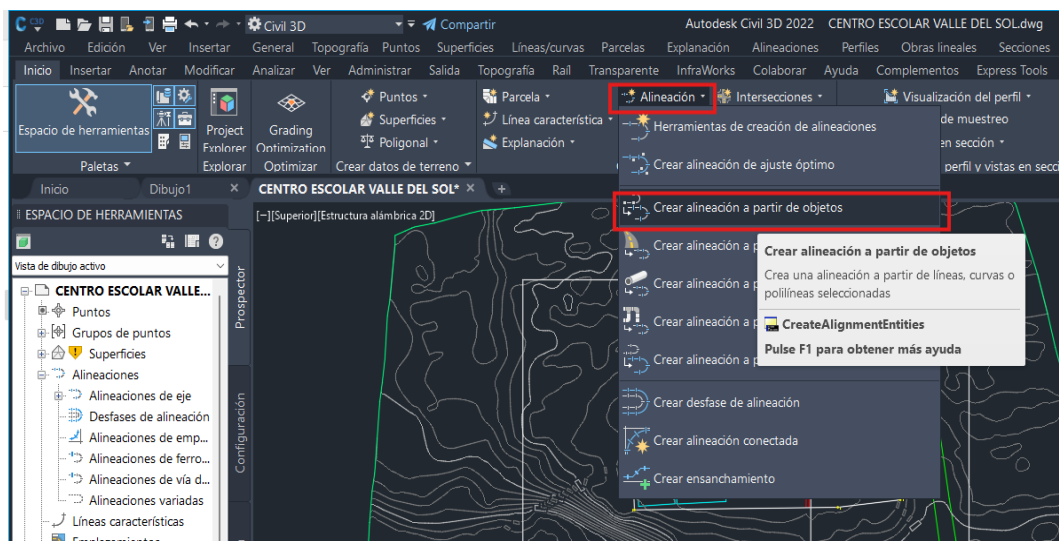


Imagen No. 14 – 52 .Creación de alineación a partir de objetos.

Fuente: Elaboración propia.

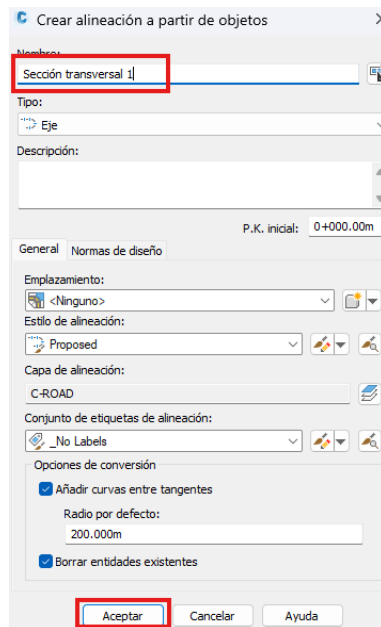


Imagen No. 14 - 53. Creación de alineamiento en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Luego que ya tenemos creado el alineamiento, seleccionamos perfil > crear perfil de superficie.

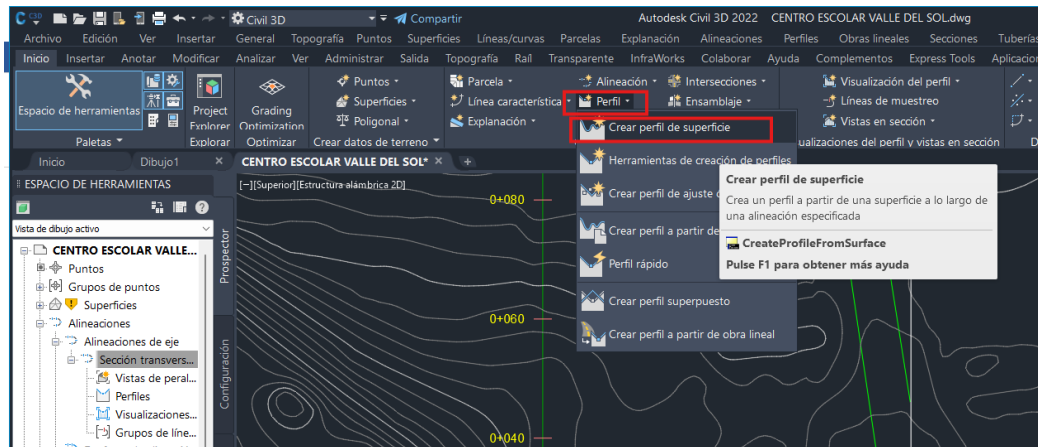


Imagen No. 14 - 54. Creación de perfil en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Verificamos que este seleccionado la alineación correspondiente en este caso “Sección transversal 1”, seleccionamos la “superficie final” la añadimos y damos clic en “Dibujar en visualización de perfil”.

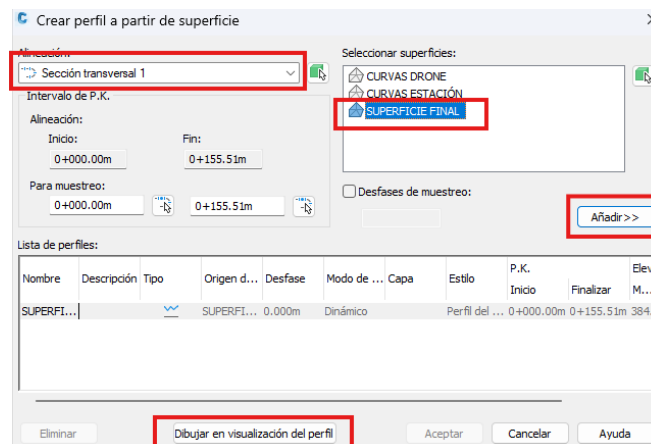


Imagen No. 14 - 55. Creación de perfil en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

En la ventana de creación de perfil, damos clic en siguiente configurando los intervalos y alturas, para terminar seleccionamos “crear visualización del perfil”.

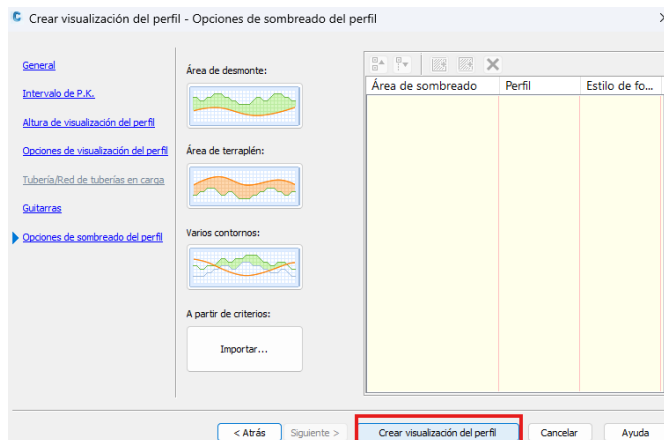


Imagen No. 14 - 56. Creación de perfil en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Luego que ya tenemos el perfil creado procedemos a darle formato en: Editar estilo de visualización del perfil

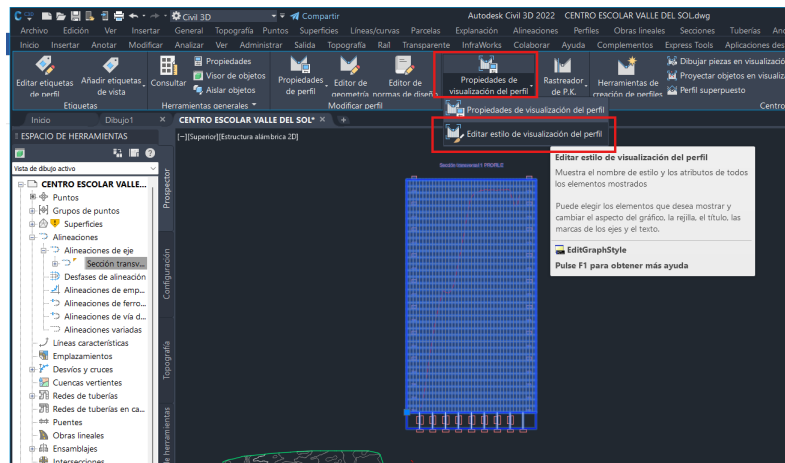


Imagen No. 14 - 57. Formato de visualización de perfil en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes ventans configuramos la escala, tamaños de texto de los ejes y las elementos que necesitamos que sean visibles.

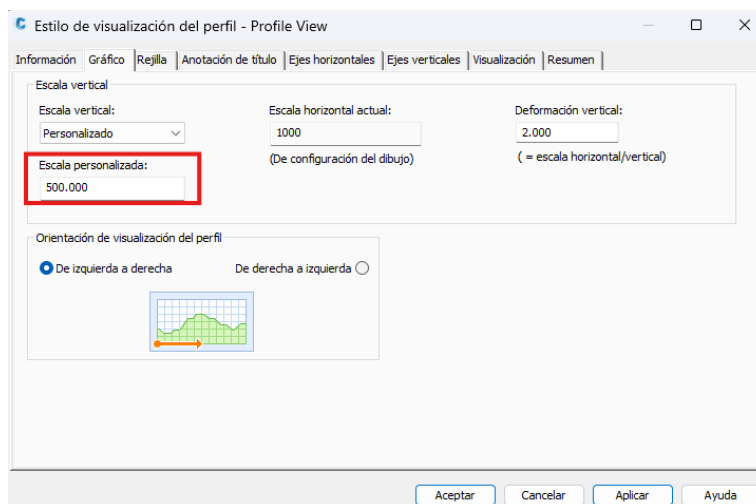


Imagen No. 14 - 58. Formato de visualización de perfil en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

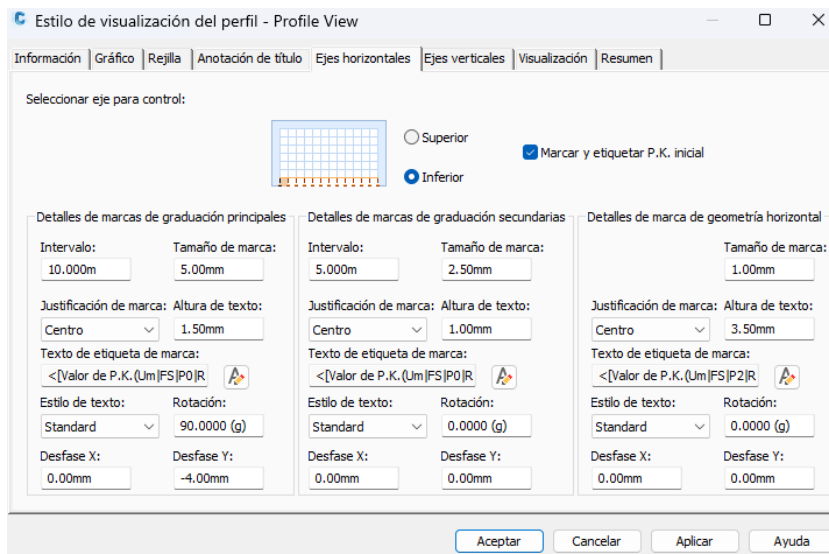


Imagen No. 14 - 59. Formato de visualización de perfil en Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando ya tenemos la seccion finalizada, repetimos los pasos anteriores para crear las secciones longitudinales y transversales necesarias.

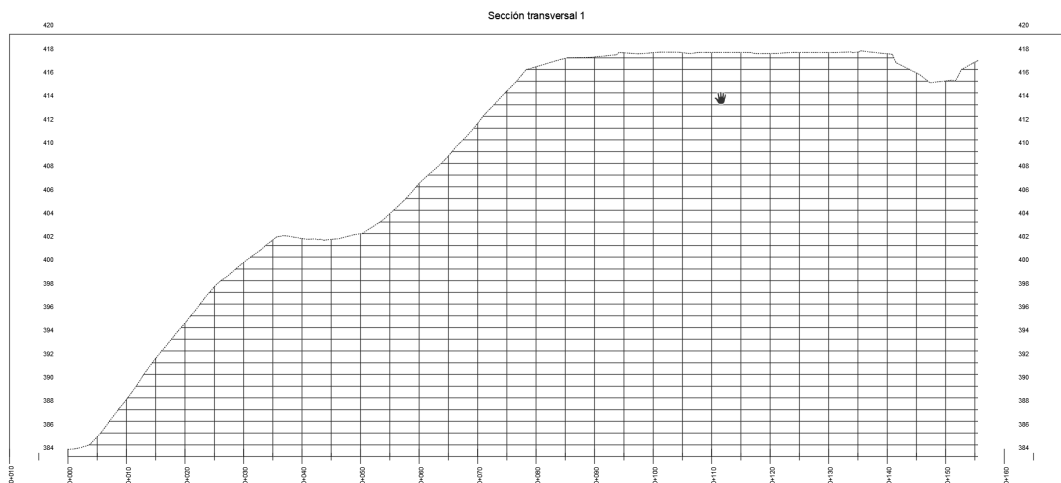


Imagen No. 14 - 60. Sección transversal 1 finalizada.

Fuente: Elaboración propia.

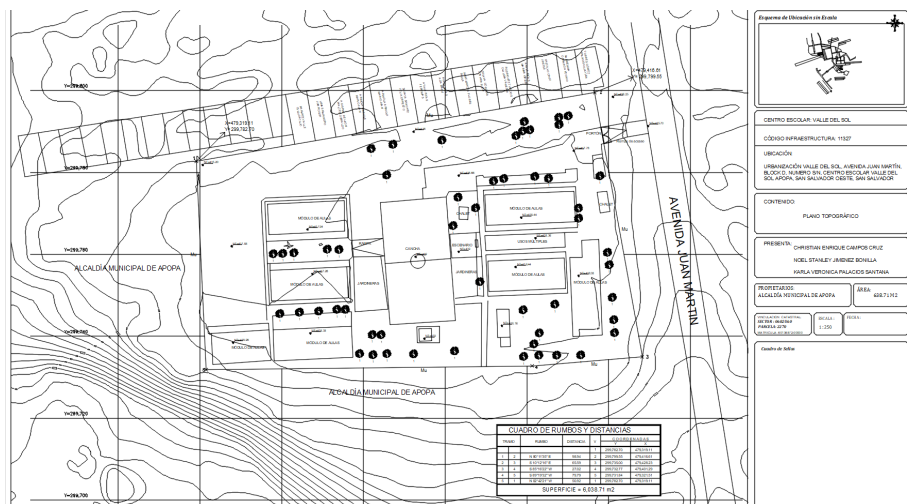


Imagen No. 14 - 61. Plano topografico terminado.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO XV: PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

15.1 Propuesta de red de drenaje a aguas lluvias

Parámetros de diseño

- **Caudal de diseño**

Para áreas de drenaje con una extensión de hasta dos y medio kilómetros cuadrados se podrá utilizar el Método Racional.

Por lo que para el proyecto aplicamos el Método Racional.

Ecuación racional

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo en la sección de cálculo (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía medio ponderado

I: Intensidad media máxima para la duración de concentración (mm/h)

A: Área total de la cuenca vertiente en la sección (Ha)

- **Intensidad de lluvia**

La intensidad se ha tomado considerando la intensidad de lluvia utilizada en otro proyecto similar, de una escuela (Centro Escolar Cantón Las Flores) en las cercanías de la escuela en estudio donde se ha hecho uso de los datos hidrológicos de la estación meteorológica San Salvador ITIC.

Tiempo de concentración: El tiempo de concentración se define como el período necesario para que el caudal de salida se estabilice tras una precipitación de intensidad constante sobre toda la cuenca. Este parámetro, característico de cada proyecto, permite determinar la intensidad de la lluvia de diseño. Para su cálculo se utiliza la ecuación de Kirpich, aplicada a pequeñas cuencas con pendientes entre el 3% y 10%. La fórmula es la siguiente:

$$T_c = 0.02 L^{0.7} S^{-0.3}$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración en minutos.

L=Longitud del cauce más largo en metros.

S=Pendiente (m/m)

$$T_c = 3.93 \text{ m}$$

El periodo de retorno: El periodo de retorno se ha tomado utilizando el artículo V.14 del Reglamento de la Ley de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador: “Todo proyecto u ocupación que genere superficies impermeables y que se localice en zonas donde exista falta de capacidad en la infraestructura de drenaje de aguas lluvias, deberá poseer un dispositivo de control del escurrimiento del agua de origen pluvial, tal como los sistemas de detención o retención, que garanticen la condición de Impacto Hidrológico Cero. Estos dispositivos deberán instalarse dentro de los terrenos del proyecto solicitado como parte de sus redes de drenajes, antes de los puntos de descarga hacia el sistema público de alcantarillado de aguas lluvias o quebrada y deberán diseñarse para tormentas con períodos de retorno de diez años mínimo.

El periodo de retorno a utilizar será de cincuenta (50) años.

Intensidad de lluvia: Con un tiempo de concentración (T_c) de 3.93 minutos y un período de retorno de 50 años, se determina una intensidad de lluvia de 1.95 mm/min utilizando la tabla IDF para la estación de San Salvador. Este valor, calculado de forma conservadora, puede ajustarse a escenarios de mayor intensidad, especialmente en situaciones donde los patrones de precipitación indican lluvias intensas en períodos cortos. Este comportamiento debe considerarse en el diseño de sistemas de drenaje, que deben tener capacidad para manejar caudales instantáneos de alta intensidad (5-6 mm/min).

Como ejemplo, la tormenta del 3 de julio de 2008 en la colonia Málaga de San Salvador, registrada por la estación PROCAFE en Santa Tecla, acumuló 102.6 mm en 15 horas, con intensidades de hasta 5 mm/min. Por lo tanto, para este proyecto se adopta una intensidad de diseño de 5 mm/min.

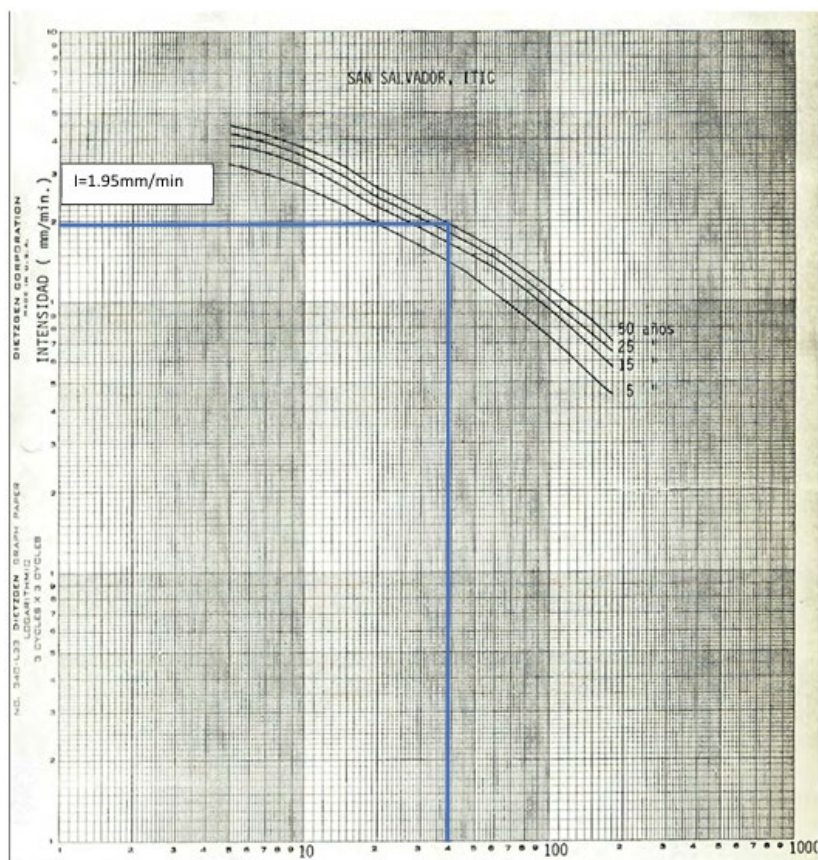


Imagen No. 15-1. Curva IDF de la estación ubicada en San Salvador.

Fuente: Intensidad utilizada en el proyecto de Centro Escolar Cantón Las Flores, M/Tonacatepeque, D/San Salvador

- **COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA**

Los coeficientes de escorrentía utilizados son tomados del Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del área Metropolitana de San Salvador (AMSS)

<i>COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA</i>	
<i>Techos</i>	<i>0.95</i>
<i>Áreas verdes</i>	<i>0.30</i>
<i>Áreas peatonales</i>	<i>0.90</i>

Tabla No. 15 - 1. Coeficientes de escorrentía usados en el proyecto.

Fuente: opamss.org.sv/wp-content/uploads/2020/07/COMPILACION_LEY-Y-REGLAMENTO.pdf

- **Coeficiente rugosidad**

El coeficiente de rugosidad para las tuberías será el correspondiente para el material de Policloruro de Vinilo (PVC) con un valor de 0.011. Y para la superficie de las canaletas un coeficiente de 0.013 para una condición desfavorable “mala” de “Superficie de cemento pulido”

Estos valores se han obtenido de la siguiente tabla:

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería fierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
<i>Acueductos de tablón:</i>				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueducto semicirculares	0.0225	0.025	0.0275	0.030

Tabla No. 15 - 2. Valores de n dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Kutter y de Manning.

Fuente: Libro Cálculos hidrológicos e hidráulicos, Máximo Villón

- **Capacidad de tuberías**

El nuevo sistema de tuberías se ha diseñado para trabajar a una capacidad máxima del 80% de su diámetro para garantizar anular el efecto de presiones al interior de la tubería dando un margen adicional de maniobra para eventos extraordinarios de lluvia. Se utiliza el manual de diseño de tuberías Novafort para definir el diámetro, de acuerdo la capacidad de estas tuberías comerciales.



Imagen No. 15 - 2. Manual de diseño para tubo sistemas para alcantarillado, sanitario y pluvial.

Fuente: Manual de diseño Novafort.

- **Pendientes**

La pendiente mínima utilizada ha sido del 1% para el sistema de tuberías y los diámetros calculados son capaces de conducir el caudal acumulado en la ruta de conducción considerada en el diseño. Para el diseño de canaletas se considera una pendiente del 0.5%.

- **Descarga final de aguas lluvias**

Se diseña un pozo frente a las instalaciones del Centro Escolar, que conecta con un pozo existente perteneciente a la red pública de drenaje de aguas lluvias del lugar.

Descripción del sistema de drenaje de aguas lluvias.

El diseño propuesto tiene como base las observaciones realizadas en el sitio y busca resolver los puntos críticos de acumulación de agua. Se han diseñado canaletas alrededor de los módulos de las aulas para recoger las aguas pluviales provenientes de las áreas verdes. Estas canaletas estarán conectadas a cajas tragantes ubicadas estratégicamente en las zonas verdes para facilitar el drenaje de la escorrentía generada por estas áreas permeables.

Adicionalmente, las canaletas previamente instaladas en el frente de los módulos de aulas (en la zona recreativa de usos múltiples) serán reemplazadas por un sistema de cajas tragantes y tuberías, lo que permitirá liberar una mayor superficie para actividades recreativas. Esta intervención optimiza el uso del espacio, mejora la movilidad y facilita el drenaje adecuado del agua.

El sistema de drenaje se compone de tuberías de diversos diámetros, que varían desde 4 pulgadas para los bajantes de aguas lluvias hasta diámetros mayores para los colectores principales. La selección de los diámetros de las tuberías se realiza tomando en cuenta la capacidad de drenaje necesaria, con el fin de garantizar que las tuberías no operen a más del 80% de su capacidad máxima, lo cual asegura un flujo eficiente y evita la obstrucción del sistema.

Las cajas tragantes propuestas para las áreas verdes tendrán una sección de 0.3 metros de ancho, mientras que las destinadas a la conexión de

colectores tendrán una sección de 0.50 metros. Estos elementos fueron diseñados para optimizar el flujo de agua en función de las características del terreno y la distribución del sistema de drenaje.

Los cálculos hidráulicos de los colectores y secciones de canaletas propuestas han sido verificados utilizando el programa "Hcanales", lo que garantiza la precisión en el dimensionamiento y asegura que el sistema será capaz de manejar el caudal de aguas pluviales esperado durante eventos de lluvia intensos. Este rediseño del sistema de drenaje permitirá una evacuación ordenada del agua lluvia, mejorando las condiciones de habitabilidad y seguridad para los estudiantes y el personal del Centro Escolar Valle del Sol.

Diseño del sistema de drenaje de aguas lluvias



Imagen No. 15 - 3. Trazo de la red de drenaje de aguas lluvias en el CE Valle.

Fuente: Elaboración propia.

Áreas de influencia

AREA PERMEABLE			
ID AREA	AREA (M2)	ID AREA	AREA (M2)
AV1	156.8	AV10	99.57
AV2	8.92	AV11	66.7
AV3	15.02	AV12	70.29
AV4	57.92	AV13	106.86
AV5	243.35	AV14	66.89
AV6	64.38	AV15	65.67
AV7	121.9	AV16	49.39
AV8	73.38	AV17	234.88
AV9	72.24		

Tabla No. 15 - 3. Valor de áreas permeables consideradas en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

AREA IMPERMEABLE	
ID AREA	AREA (M2)
A1	29.27
A2	97.47
A3	89.74
A4	83.38
A5	39.07
A6	120.27
A7	484.71
A8	33.67
A9	32.48
A10	472.25

Tabla No. 15 - 4. Valor de áreas impermeables consideradas en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 15 - 4. Áreas permeables e impermeables consideradas en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

ÁREAS DE TECHO			
ID AREA	AREA (M2)	ID AREA	AREA (M2)
AT1	88.96	AT12	37.09
AT2	88.96	AT13	37.09
AT3	43.06	AT14	17.00
AT4	36.13	AT15	95.22
AT5	48.83	AT16	95.22
AT6	106.23	AT17	105.58
AT7	106.23	AT18	105.58
AT8	84.70	AT19	101.37
AT9	84.70	AT20	101.37
AT10	122.70	AT21	56.97
AT11	122.70	AT22	79.85

Tabla No. 15 - 5. Valor de áreas de techos consideradas en el proyecto

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 15 - 5. Áreas de techos consideradas en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de caudales

RED	#Area	Tipo de cobertura	Areas simple (m2)	Areas de drenaje (Ha)	Coefficiente de escorrentía	Q (m3/s)	Q (L/s)
AREAS TECHOS	AT1	Techos	88.9600	0.008896	0.95	0.007043	7.043
	AT2	Techos	88.9600	0.008896	0.95	0.007043	7.043
	AT3	Techos	43.0600	0.004306	0.95	0.003409	3.409
	AT4	Techos	36.1300	0.003613	0.95	0.002860	2.860
	AT5	Techos	48.8300	0.004883	0.95	0.003866	3.866
	AT6	Techos	106.2300	0.010623	0.95	0.008410	8.410
	AT7	Techos	106.2300	0.010623	0.95	0.008410	8.410
	AT8	Techos	84.7000	0.008470	0.95	0.006705	6.705
	AT9	Techos	84.7000	0.008470	0.95	0.006705	6.705
	AT10	Techos	122.6950	0.012270	0.95	0.009713	9.713
	AT11	Techos	122.6950	0.012270	0.95	0.009713	9.713
	AT12	Techos	37.0900	0.003709	0.95	0.002936	2.936
	AT13	Techos	37.0900	0.003709	0.95	0.002936	2.936
	AT14	Techos	17.0000	0.001700	0.95	0.001346	1.346
	AT15	Techos	95.2150	0.009522	0.95	0.007538	7.538
	AT16	Techos	95.2150	0.009522	0.95	0.007538	7.538
	AT17	Techos	105.5750	0.010558	0.95	0.008358	8.358
	AT18	Techos	105.5750	0.010558	0.95	0.008358	8.358
	AT19	Techos	101.3650	0.010137	0.95	0.008025	8.025
	AT20	Techos	101.3650	0.010137	0.95	0.008025	8.025
AT21	Techos	56.9700	0.005697	0.95	0.004510	4.510	
AT22	Techos	79.8500	0.007985	0.95	0.006321	6.321	
AREA PERMEABLE	AV1	Area verde	156.8000	0.015680	0.30	0.003920	3.920
	AV2	Area verde	8.9200	0.000892	0.30	0.000223	0.223
	AV3	Area verde	15.0200	0.001502	0.30	0.000376	0.376
	AV4	Area verde	57.9200	0.005792	0.30	0.001448	1.448
	AV5	Area verde	243.3500	0.024335	0.30	0.006084	6.084
	AV6	Area verde	64.3800	0.006438	0.30	0.001610	1.610
	AV7	Area verde	121.9000	0.012190	0.30	0.003048	3.048
	AV8	Area verde	73.3800	0.007338	0.30	0.001835	1.835
	AV9	Area verde	72.2400	0.007224	0.30	0.001806	1.806
	AV10	Area verde	99.5700	0.009957	0.30	0.002489	2.489
	AV11	Area verde	66.7000	0.006670	0.30	0.001668	1.668
	AV12	Area verde	70.2900	0.007029	0.30	0.001757	1.757
	AV13	Area verde	106.8600	0.010686	0.30	0.002672	2.672
	AV14	Area verde	66.8900	0.006689	0.30	0.001672	1.672
	AV15	Area verde	65.6700	0.006567	0.30	0.001642	1.642
	AV16	Area verde	49.3900	0.004939	0.30	0.001235	1.235
	AV17	Area verde	234.8800	0.023488	0.30	0.005872	5.872
AREA PERMEABLE (TALUD)	AV18	Area verde	115.0000	0.011500	0.30	0.002875	2.875
	AV19	Area verde	266.0000	0.026600	0.30	0.006650	6.650
	AV20	Area verde	108.0000	0.010800	0.30	0.002700	2.700
	AV21	Area verde	259.0000	0.025900	0.30	0.006475	6.475
	AV22	Area verde	80.0000	0.008000	0.30	0.002000	2.000
AV23	Area verde	163.0000	0.016300	0.30	0.004075	4.075	
AREA IMPERMEABLE	A1	Concreto	29.2700	0.002927	0.90	0.002195	2.195
	A2	Concreto	97.4700	0.009747	0.90	0.007310	7.310
	A3	Concreto	50.7700	0.005077	0.90	0.003808	3.808
	A4	Concreto	82.6000	0.008260	0.90	0.006195	6.195
	A5	Concreto	66.4700	0.006647	0.90	0.004985	4.985
	A6	Concreto	120.2700	0.012027	0.90	0.009020	9.020
	A7	Concreto	484.7100	0.048471	0.90	0.036353	36.353
	A8	Concreto	33.6700	0.003367	0.90	0.002525	2.525
	A9	Concreto	32.4800	0.003248	0.90	0.002436	2.436
	A10	Concreto	472.2500	0.047225	0.90	0.035419	35.419
			5800.62				314.14

Tabla No. 15 - 6. Cálculo de caudales a partir de áreas de influencia.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de bajantes de agua lluvia (BALL)

TABLA 1106.2.(1)
DIMENSIÓN DE CONDUCTOS VERTICALES Y TUBOS DE BAJADA CIRCULARES DE DESAGÜE PLUVIAL

DIÁMETRO DEL TUBO DE BAJADA (pulgadas) ^a	ÁREA DE TECHO PROYECTADA HORIZONTALMENTE (pies cuadrados)											
	Tasa de precipitación (pulgadas por hora)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	2,880	1,440	960	720	575	480	410	360	320	290	260	240
3	8,800	4,400	2,930	2,200	1,760	1,470	1,260	1,100	980	880	800	730
4	18,400	9,200	6,130	4,600	3,680	3,070	2,630	2,300	2,045	1,840	1,675	1,530
5	34,600	17,300	11,530	8,650	6,920	5,765	4,945	4,325	3,845	3,460	3,145	2,880
6	54,000	27,000	17,995	13,500	10,800	9,000	7,715	6,750	6,000	5,400	4,910	4,500
8	116,000	58,000	38,660	29,000	23,200	19,315	16,570	14,500	12,890	11,600	10,545	9,600

Para SI: 1 pulgada = 25.4 mm, 1 pie cuadrado = 0.0929 m²

a. Las dimensiones indicadas son para el diámetro de tubería circular. Esta tabla es aplicable para tubería de otras formas siempre que la forma de la sección transversal incluya totalmente un círculo del diámetro indicado en esta tabla. Para tubos de bajada rectangulares, vea la Tabla 1106.2(2). Se permite la interpolación para tamaños de tuberías que caen entre las listadas en esta tabla.

Imagen No. 15 - 6. Tabla de áreas máximas según diámetro utilizado para conductos verticales.

Fuente: Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC)

Las bajantes de aguas lluvia se dimensionan de acuerdo al área máxima permitida en conductos verticales, según la tabla mostrada anteriormente. La intensidad ocupada en nuestro proyecto es de 5 mm/min (11.81 pulg/h) por lo que se debe interpolar entre los valores que se encuentra nuestra intensidad en la tabla.

Lo que nos da el siguiente resultado con el cual calcularemos el diámetro correspondiente por bajante.

INTENSIDAD		
5 mm/min (11.81 pulg/h)		
Diametro (pulg)	Área (ft ²)	Área (m ²)
2	243.8	22.6
3	743.3	69.1
4	1557.6	144.7
6	2930.4	272.2

Tabla No. 15 - 7. Cálculo de área según diámetro de bajantes de agua lluvia.

Fuente: Elaboración propia.

Las bajantes designadas en nuestro proyecto cumplen con un diámetro de 4 pulgadas. Por lo tanto, se utiliza el diámetro de 4 pulgadas, previendo que el agua no se estanque debido a obstrucciones que puedan darse en el conducto.

BALL	Area de influencia	Area (m ²)	Q (L/s)	Ø asignado (in)
BALL 1	AT3	43.06	3.409	4
BALL 2	AT4	36.13	2.860	4
BALL 3	AT2	88.96	7.043	4
BALL 4	AT10/3+AT9/2	83.25	6.590	4
BALL 5	AT7/3 + AT8/3	63.64	5.038	4
BALL 6	AT15/2	47.61	3.769	4
BALL 7	AT21/2	28.49	2.255	4
BALL 8	AT22/2	39.93	3.161	4
BALL 9	AT18/3	35.19	2.786	4
BALL 10	AT19/3	33.79	2.675	4

Tabla No. 15 - 8. Cálculo de diámetro de bajantes de agua lluvia.

Fuente: Elaboración propia.

Cajas tragantes de aguas lluvias (CALL)

Se muestra en la siguiente tabla el área y caudal simple que llega a cada tragante designada en el proyecto.

CAJAS TRAGANTES			
CAJA	Área tributaria	Área (m ²)	Q (L/s)
CT1	AT3 + CANALETA 1	288.82	14.372
CT2	AT10/3 + A2/2	89.63	6.893
CT3	AT4 + AV2 + A2/2	93.79	6.738
CT4	AV3 + A3	65.79	4.183
CT5	AT9/2 + AT10/3	83.25	6.590
CT6	AT9/2 + AT10/3	83.25	6.590
CT7	AT8/3 + AT7/3 + CANALETA 4	1222.50	56.216
CT8	AT8/3 + AT7/3	63.64	5.038
CT9	AT8/3 + AT7/3 + A1	92.91	7.234
CT10	AV5/2+AT5/2	146.09	4.975
CT11	AV5/2 + AT5/2	146.09	4.975
CT12	AV9	72.24	1.806
CT13	A7/4	121.18	9.088
CT14	A7/4	121.18	9.088
CT15	AV8/2	36.69	0.917

CT16	AV8/2	36.69	0.917
CT17	AV12	70.29	1.757
CT18	AV11	66.70	1.668
CT19	AV10	99.57	2.489
CT20	AV7	121.90	3.048
CT21	A7/4	121.18	9.088
CT22	A7/4	121.18	9.088
CT23	AV14	66.89	1.672
CT24	AV13	106.86	2.672
CT25	AT15	95.22	7.538
CT26	AT21	56.97	4.510
CT27	-	-	-
CT28	AT22	79.85	6.321
CT29	AT16/2 + AV15/2	80.44	4.590
CT30	AT16/2 + AV15/2	80.44	4.590
CT31	AT18/3 + CANALETA 7 + AV16/2 + A8	321.59	17.688
CT32	AT18/3	35.19	2.786
CT33	AT18/3 + CANALETA 9	533.69	38.693
CT34	AT19/3 + AV16/2 + A9	90.96	5.728

CT35	AT19/3	33.79	2.675
CT36	AT19/3 + CANALETA8	135.15	10.700
CT37	A10/3	157.42	11.806
CT38	A10/3	157.42	11.806
CT39	A10/3	157.42	11.806
CT40	AV17/2 + CANALETA6	305.51	13.697
CT41	AV17/2	117.44	2.936
CT42	CANALETA2	289.95	15.904
CT43	A6	120.27	9.020
CT44	A5 + A4	149.07	11.180
CT45	AV18 + AV19	381.00	9.525
CT46	AV20 + AV21	367.00	9.175
CT47	AV22 + AV23	243.00	6.075
P1	CT13	121.18	9.088
P2	CT43	120.27	9.020
P3	CT44 + CT42 + CT4	504.81	31.267
P4	P3	504.81	31.267
TOTAL		5800.62000	314.14475

Tabla No. 15 - 9. Áreas y caudales simples de cada caja tragante en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de canaletas de aguas lluvias.

Para el diseño de canaletas se propone una sección de base de 50 centímetros para las canaletas que están ubicadas alrededor de los módulos de las aulas. Y un ancho de 30 centímetros de ancho para la canaleta a la orilla de la cancha de futbol.

Se tomaron en cuenta para el diseño la prueba de nueve canaletas, distribuidas en distintas partes del centro escolar. Para definir la sección de ellas se consideró a la canaleta más desfavorable, siendo esta la canaleta 4 ya que tiene mayor caudal.

CANAL	AREAS	Area (m,2)	Caudal (l/s)	Caudal (m3/s)	S %	b (m)	h (m)
CANALETA 1	AT1 + AV1	245.7600	10.963	0.01096	0.50	0.50	0.20
CANALETA 2	AT11 + AT13 + AV4 + CT12	289.9450	15.904	0.01590	0.50	0.50	0.20
CANALETA 3	AT6 + AT2 + CT11 + CT10	487.3700	25.402	0.02540	0.50	0.50	0.20
CANALETA 4	CANALETA 3 + AT12 + AT14 + CT14 + CT15 + CT16 + CT17 + CT18 + CT19 + CT20 + AV6	1158.8575	51.178	0.05118	0.50	0.50	0.20
CANALETA 5	A7/4	121.1775	9.088	0.00909	0.50	0.30	0.15
CANALETA 6	CT23 + CT21	188.0675	10.761	0.01076	0.50	0.50	0.20
CANALETA 7	CT24 + CT22	228.0375	11.760	0.01176	0.50	0.50	0.20
CANALETA 8	AT20	101.3650	8.025	0.00802	0.50	0.50	0.20
CANALETA 9	AT17 + CT29 + CT30+CT25+CT26+CT27+CT28	498.4950	35.907	0.03591	0.50	0.50	0.20
CANALETA 10	AV18 + AV20 + AV22	303.0000	7.5750	0.00758	0.50	0.50	0.20
CANALETA 11	AV19 + AV21 + AV23	688.0000	17.2000	0.01720	0.50	0.50	0.20

Tabla No. 15 -10. Cálculo de dimensionamiento para cada canaleta en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

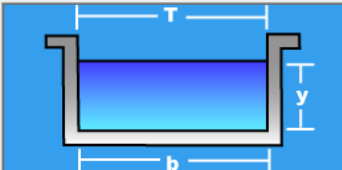
Cada canaleta se evaluó en el programa Hcanales, para verificar velocidades y tirante hidráulico. Puede observarse en cada una de las imágenes siguientes la prueba de cálculo en el programa Hcanales que todas las canaletas cumplen con tener una velocidad mayor de 0.5 m/s.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 1** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q):	0.01096	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	<input type="text"/>	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.005	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.0387	m	Perímetro (p):	0.5775	m
Area hidráulica (A):	0.0194	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0335	m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.5658	m/s
Número de Froude (F):	0.9177		Energía específica (E):	0.0551	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 05:20 p. m. 13/11/2024

Imagen No. 15 - 7. Cálculo en programa Hcanales de canaleta 1.

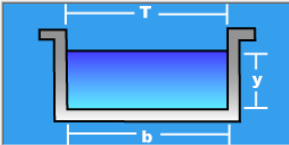
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 2** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q):	0.01590	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	<input type="text"/>	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.005	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.0491	m	Perímetro (p):	0.5982	m
Área hidráulica (A):	0.0246	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0411	m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.6473	m/s
Número de Froude (F):	0.9325		Energía específica (E):	0.0705	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 05:22 p. m. 13/11/2024

Imagen No. 15 - 8. Cálculo en programa HCanales de canaleta 2.


Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 3** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q):	0.02540	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	<input type="text"/>	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.005	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.0666	m	Perímetro (p):	0.6331	m
Área hidráulica (A):	0.0333	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0526	m
Espejo de agua (T):	0.5000	m	Velocidad (v):	0.7632	m/s
Número de Froude (F):	0.9446		Energía específica (E):	0.0962	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 05:23 p. m. 13/11/2024

Imagen No. 15 - 9. Cálculo en programa HCanales de canaleta 23.

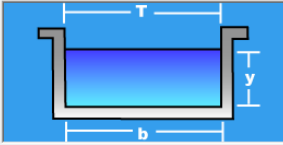
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 4** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 05:23 p. m. 13/11/2024

Imagen No. 15 - 10. Cálculo en programa HCanales de cancheta 4.


Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 5** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Imagen No. 15 - 11. Cálculo en programa HCanales de cancheta 5.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 6** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Imagen No. 15 - 12. Cálculo en programa HCanales de cancheta 6.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 7** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Efectuar cálculos

Imagen No. 15 - 13. Cálculo en programa HCanales de cancheta 7.

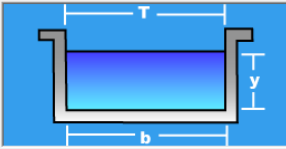
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 8** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Imagen No. 15 - 14. Cálculo en programa HCanales de cancheta 8.

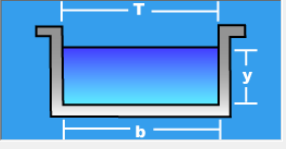
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CANALETA 9** Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Imagen No. 15 - 15. Cálculo en programa HCanales de cancheta 9.

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la canaleta 4, para una sección de 0.5 m de ancho y al 0.5% de pendiente es de una velocidad de 0.9635 m/s y un tirante hidráulico de 10.6 centímetros, siendo el resultado más desfavorable.

Por temas constructivos se recomienda diseñar todas las canaletas con la sección de 0.5 metros de ancho con una altura h de 20 centímetros (0.50x0.20m).

La sección de la canaleta ubicada en la cancha de fútbol será de 30 centímetros de ancho y 0.15 metros de alto. (0.30x0.15m).

Cálculo de canaleta en la base del talud y canaleta paralela a muro perimetral.

CANAL	AREAS	Area (m,2)	Caudal (l/s)	Caudal (m3/s)	S %	b (m)	h (m)
CANAleta 10	AV18 + AV20 + AV22	303.0000	7.5750	0.00758	0.50	0.50	0.20
CANAleta 11	AV19 + AV21 + AV23	688.0000	17.2000	0.01720	0.50	0.50	0.20

Tabla No. 15 -11. Cálculo de canaleta en la base del talud y canaleta paralela a muro perimetral.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de colectores de aguas lluvias

COLECTORES								
Colector	AREAS TRIBUTARIAS	Area (m ²)	Q (L/s)	Pendiente (%)	Ø teorico (pulg)	Ø (pulg)	Qmáx (L/s)	Capacidad %
T1	CT1	288.82	14.372	1.00	6	6	22	65.3
T8	CT7	1222.50	56.216	1.00	10	10	86	65.4
T9	CT8+T8	1286.14	61.255	1.00	10	10	86	71.2
T10	CT9+T9	1379.06	68.488	1.00	10	10	86	79.6
T6	CT5	83.25	6.590	1.00	4	6	22	30.0
T7	CT6+T6	166.50	13.181	1.00	6	6	22	59.9
T2	CT2+T7+T10+T1	1924.01	102.934	1.00	12	12	136.7	75.3
T3	CT3+T2	2017.79	109.672	1.00	12	15	234.3	46.8
T4	CT10	146.09	4.975	1.00	4	4	7.5	66.3
T5	CT11 + T4	292.18	9.949	1.00	6	6	22	45.2
T11	CT17	70.29	1.757	1.00	4	4	7.5	23.4
T12	CT18 + T11	136.99	3.425	1.00	4	4	7.5	45.7
T13	CT19 + T12	236.56	5.914	1.00	4	4	7.5	78.9
T14	CT20 + T13	358.46	8.962	1.00	6	6	22	40.7
T15	CT25	95.22	7.538	1.00	6	6	22	34.3
T16	CT26 + T15	152.19	12.048	1.00	6	6	22	54.8
T17	CT27 + T16	152.19	12.048	1.00	6	6	22	54.8
T18	CT31	321.59	17.688	1.00	6	8	47.5	37.2
T19	CT32 + T18	356.79	20.474	1.00	6	8	47.5	43.1
T20	CT33 + T19	890.47	59.168	1.00	10	10	86	68.8
T21	CT34	90.96	5.728	1.00	4	4	7.5	76.4
T22	CT35 + T21	124.75	8.403	1.00	6	6	22	38.2
T23	CT36 + T20 + T22	1150.38	78.270	1.00	10	12	136.7	57.3
T24	CT37	157.42	11.806	1.00	6	6	22	53.7
T25	CT38 + T23 + T24	1465.21	101.883	1.00	12	15	234.3	43.5
T26	CT39 + T25	1622.63	113.689	1.00	12	15	234.3	48.5
T27	CT40 + T26	1928.14	127.386	1.00	12	15	234.3	54.4
T28	CT41 + T27	2045.58	130.322	1.00	12	15	234.3	55.6
T29	P1 + T28	2166.75	139.410	1.00	15	15	234.3	59.5
T30	P2 + T29	2287.02	148.430	1.00	15	15	234.3	63.4
T31	T30 + P3 + T3	4809.62	289.370	1.00	18	18	401.6	72.1
T32	CT45	381.00	9.525	1.00	6	6	22	43.3
T33	CT46	367.00	9.175	1.00	6	6	22	41.7
T34	CT47	243.00	6.075	1.00	4	6	22	27.6
T35	T31+ T32 + T33 + T34	5800.62	314.145	1.00	18	18	401.6	78.2

Tabla No. 15 -12. Calculo de diámetros de colectores a menos del 80% de su capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

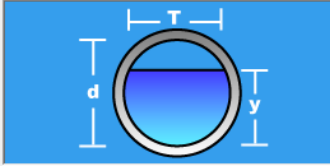
La tubería de descarga final del sistema tendrá un diámetro de 18 pulgadas, descargando un caudal total de 314.15 l/s transportado a una velocidad de 2.42 m/s.

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q):	0.31415	m ³ /s
Diámetro (d):	0.4572	m
Rugosidad (n):	0.011	
Pendiente (S):	0.01	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.3371	m	Perímetro mojado (p):	0.9443	m
Área hidráulica (A):	0.1298	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1374	m
Espejo de agua (T):	0.4024	m	Velocidad (v):	2.4209	m/s
Número de Froude (F):	1.3611		Energía específica (E):	0.6358	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Ingresar el nombre del tramo del canal 03:37 p. m. 12/11/2024

Imagen No. 15 - 16. Cálculo de colector final del sistema de aguas lluvias.

Fuente: Elaboración propia.

15.2 Propuesta de obras de mitigación

La propuesta de las obras de mitigación está fundamentada en la eliminación de riesgos existentes debido a las condiciones actuales, una de las principales problemáticas es el manejo de la escorrentía superficial de las aguas lluvias, la cual ha erosionado tanto interna como externamente al área en estudio, debido a que no cuenta con un sistema adecuado para drenar las aguas lluvias, por lo que al implementar un nuevo sistema de drenaje y canalizar la escorrentía de una manera controlada hacia el sistema de drenaje público se evita la descarga descontrolada hacia los taludes externos e internos. . La siguiente fotografía muestra la problemática donde: a) esquema de conformación del muro perimetral y b) dimensiones de muro colapsado

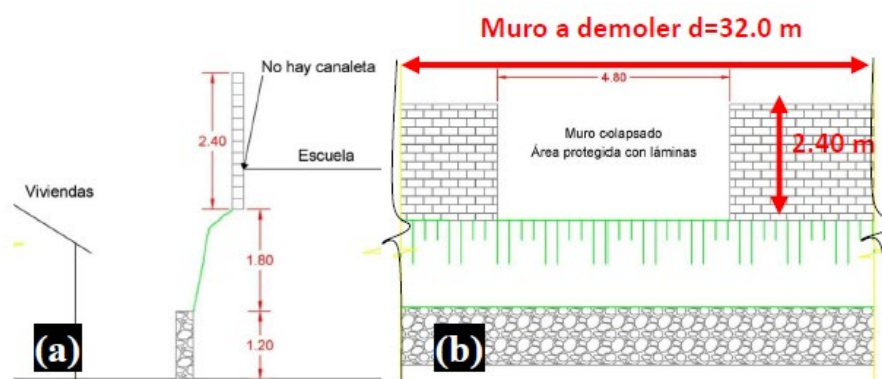


Imagen No. 15 - 17. Esquema de situación actual de tapial.

Fuente: Términos de referencia para formulación de carpeta técnica para el mejoramiento de infraestructura del Centro Escolar Valle del Sol, LP 05/2021 FEPADE.

En el talud interno se propone un nuevo perfil e incluir vegetación para estabilizarlo, además de una canaleta en la parte baja y en la colindancia del tapial norte

Para evitar que la problemática continúe se elaboró el siguiente perfil de intervención, en anexos se encuentra el plano de intervención general con sus detalles constructivos.

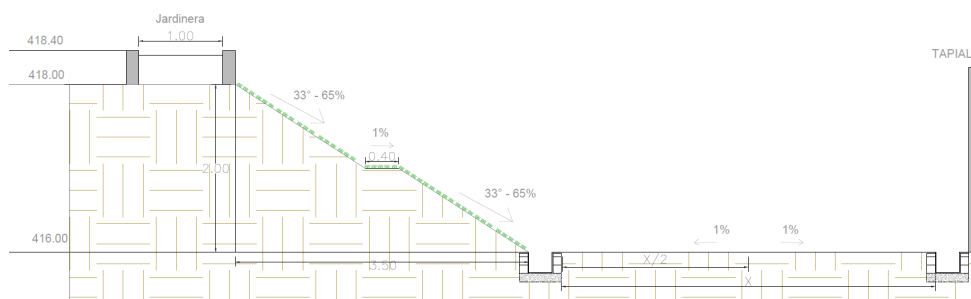


Imagen No. 15 - 18. Perfil de talud interior y área de tapial perimetral norte.

Fuente: Elaboración propia.

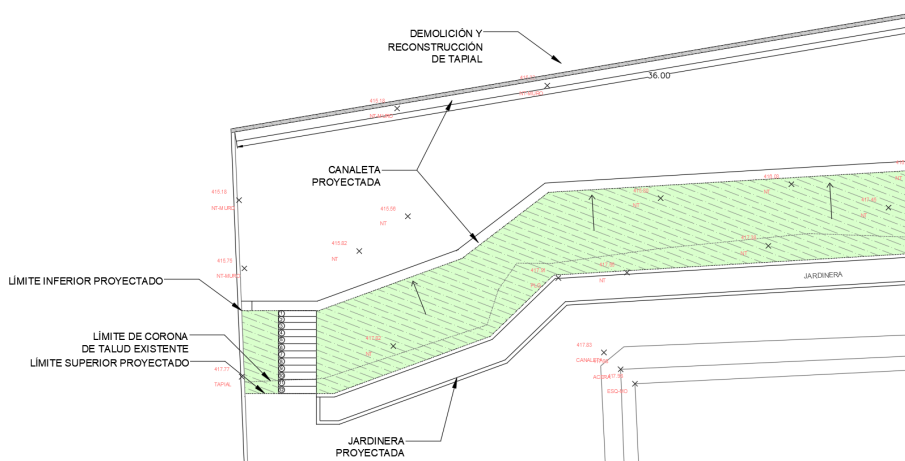


Imagen No. 15 - 19. Vista en planta de propuesta en talud interior.

Fuente: Elaboración propia.

Se verificó el colapso y desplome de dos tramos del tapial perimetral, por lo que se propone su demolición y reconstrucción, detalles constructivos se encuentran detallados en anexos en el plano de intervención.

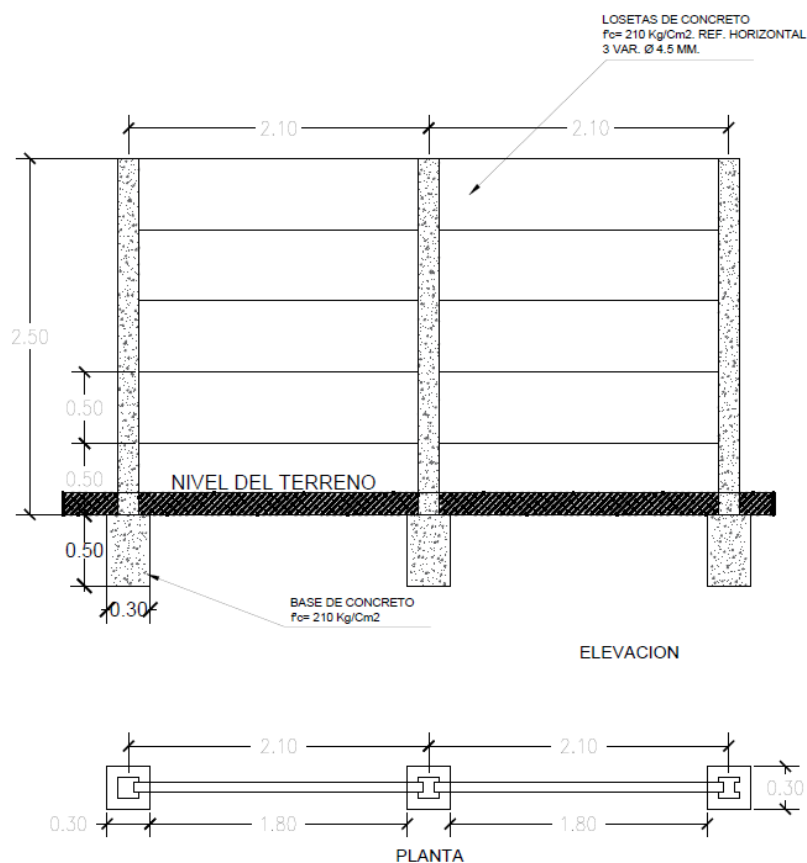


Imagen No. 15 - 20. Vista general de detalles constructivos de tapial perimetral.

Fuente: Elaboración propia.

La cancha de baloncesto no presenta pendientes mínimas para drenar el agua lluvia, además de presentar agrietamientos considerables, por lo que se propone la sustitución de la capa de concreto e incluir canaletas laterales para drenar el agua.

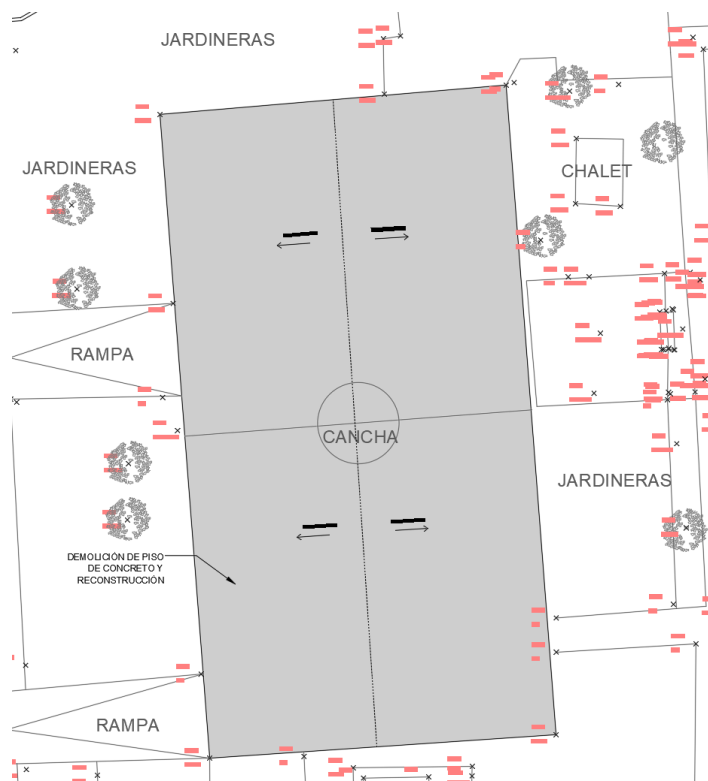


Imagen No. 15 - 21. Área de demolición de cancha de baloncesto.

Fuente: Elaboración propia.

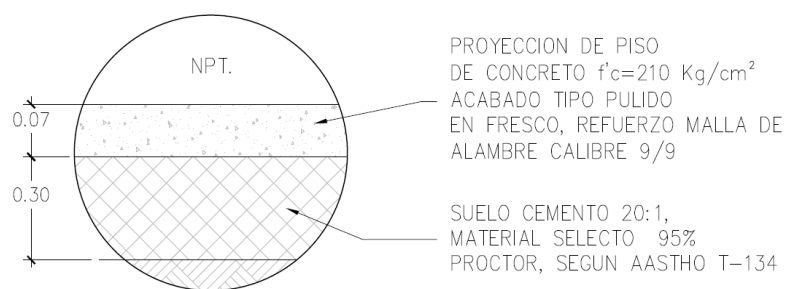


Imagen No. 15 - 22. Detalle de piso de concreto para cancha de baloncesto.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen No. 15 - 23. Zonificación de propuesta de intervención.

Fuente: Elaboración propia.

Taludes exteriores: representado por los rectángulos amarillos.

Talud interior: representado por rectángulo rojo.

Tapial perimetral colapsado: representado por línea color azul.

Cancha de baloncesto: representado por rectángulo verde.

En los taludes exteriores se propone utilizar el procedimiento de diente de cazo para el acabado de taludes y el control de la erosión y escorrentía. Se refiere a un procedimiento para el acabado de taludes, para el control de la erosión hídrica superficial y para favorecer la revegetación (o colonización vegetal natural) de estas superficies, practicando surcos paralelos y continuos, orientados a favor de la máxima pendiente del talud. La base de los surcos

puede tener una incisión secundaria con la que se descompacta el terreno de la forma deseada.

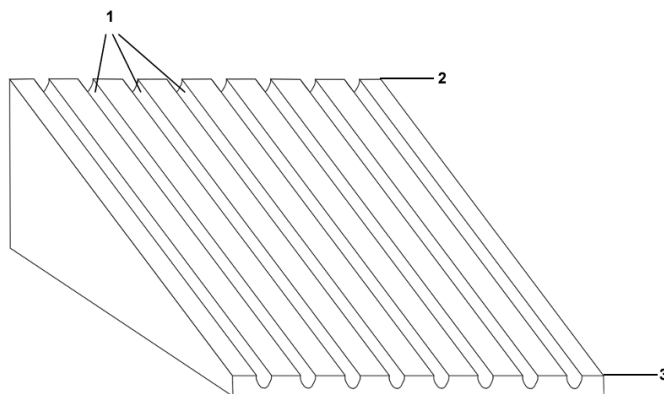


Imagen No. 15 - 24. Modelo de acabado en talud.

Fuente: Procedimiento y diente de cazno para el acabado y el control de la erosión y escorrentía de taludes. Alonso, Duque y Mola. (2020).



Imagen No. 15 - 25. Distribución de canales propuestos en talud.

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes imágenes se ve esquematizan el recorrido de la escorrentía superficial en los taludes exteriores y los puntos concentrados existentes de descarga concentrado.

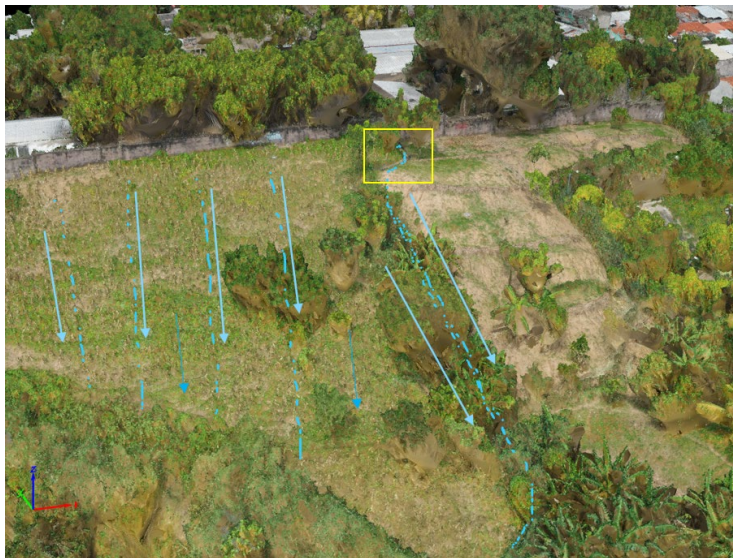


Imagen No. 15 - 26. Recorrido de escorrentía sobre talud exterior sur.

Fuente: Elaboración propia.

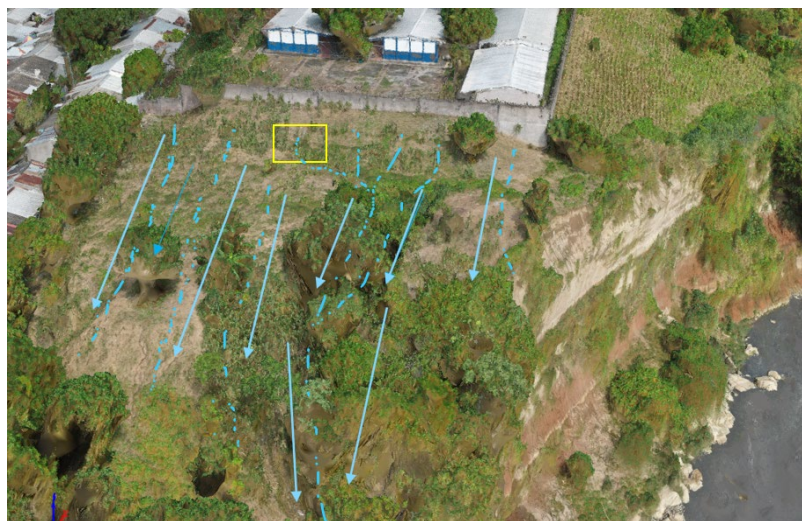


Imagen No. 15 - 26. Recorrido de escorrentía sobre talud exterior sur.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO XVI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

16.1 Conclusiones

La combinación de tecnologías avanzadas, como el uso de un dron con georreferenciación GPS mediante la técnica RTK NTRIP y la Estación Total, permitió desarrollar un modelo topográfico de alta precisión. El dron facilitó el levantamiento de superficies que serían inaccesibles mediante métodos tradicionales, permitiendo obtener curvas de nivel con un alcance de hasta 30 metros desde el río, lo cual fue crucial para evaluar el terreno en áreas de difícil acceso.

El uso de la estación total complementó el levantamiento topográfico, capturando detalles específicos que no son visibles o medibles a través del dron, como la exactitud en los puntos de control y ciertas elevaciones críticas en el terreno. Esta combinación fue fundamental para planificar y diseñar un sistema de drenaje efectivo y adecuado para las condiciones particulares del Centro Escolar Valle del Sol.

La propuesta hidráulica constituye la medida central de mitigación del proyecto, logrando encauzar el agua lluvia de manera controlada hacia una red de drenaje. Esta red está diseñada específicamente para reducir el riesgo de erosión y deslizamientos en el terreno inestable junto al río, abordando de raíz el problema principal del centro escolar.

El software Pix4D permitió procesar las imágenes capturadas por el dron con gran precisión, generando un Modelo Digital de terreno (MDT) que fue la base para el análisis topográfico. Esta herramienta fue clave para convertir datos visuales en información geoespacial detallada, lo que facilitó la generación de modelos 3D precisos del terreno.

La incorporación de un archivo PRJ que contiene los parámetros de la proyección cartográfica cónica conforme de Lambert y el sistema de referencia nacional SIRGAS-ES2007 es esencial para asegurar la precisión y la consistencia de los datos geoespaciales en todo el proyecto. Este archivo permite que cada software utilizado (Pix4D, QGIS, Civil 3D y otros programas de procesamiento de datos georreferenciados) interprete correctamente las coordenadas.

16.2 Recomendaciones

Se recomienda establecer un programa regular de mantenimiento y monitoreo de las obras de mitigación (taludes, canaletas y tapias perimetrales) para asegurar su funcionalidad y prolongar su durabilidad en el tiempo. Este programa debe incluir inspecciones periódicas del suelo y las estructuras perimetrales, con el objetivo de detectar de manera temprana cualquier signo de erosión, desplazamientos o deterioro ocasionado por condiciones climáticas o eventos naturales.

Se recomienda realizar un trabajo de investigación específico sobre el talud adyacente al río Acelhuate, dada la magnitud y complejidad de esta área. Debido su dimensión y que es afectado por un cuerpo de agua, es esencial llevar a cabo estudios hidrológicos detallados y análisis de suelos que permitan evaluar con precisión los riesgos de erosión y deslizamientos.

Bibliografía

González, J. (2018). *Estrategias de estabilización de terrenos: Teoría y práctica*. Editorial Terranova.

Torres, M. (2020). *Manejo integral de aguas pluviales en entornos urbanos*. Ediciones Hidrotec.

Hernández, Martínez, Martínez y Pineda. (2023) Utilización de drones en levantamiento topográfico para el análisis de cárcava en residencial santa lucía, municipio de Ilopango.

Barrera, Gonzáles y Tensun. (2023) Utilización de drones en levantamientos topográficos para el estudio de cárcavas en zonas de alta vulnerabilidad en el área metropolitana de San Salvador.

Amaya Zelaya. (2024) Material didáctico para Curso de Especialización en Tecnología GPS y Sensores Remotos Aplicados a Proyectos de Ingeniería Civil.

. Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS) (2021). Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS, Módulo 3: Sistemas urbanos de drenaje sostenible.

CERSA. (2023). Los disipadores de energía hidráulica más usados. Recuperado de <https://cersa.org.pe/capacitaciones/?q=content/blog/los-disipadores-de-energ%C3%ADa-hidraulica-m%C3%A1s-usados>

Arista Sur. (2014). Sistema de coordenadas geográficas UTM. Recuperado de <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-utm>

Mettatec. (2023). ¿Qué es NTRIP? La transmisión de la navegación por satélite. Recuperado de <https://mettatec.com/es/que-es-ntrip-la-transmision-de-la-navegacion-por-satelite/>

Instituto Geográfico Nacional. (n.d.). Paralelos y meridianos: Latitud y longitud. Recuperado de https://educativo.ign.es/atlas-didactico/cartografia-eso/paralelos_y_meridianos_latitud_y_longitud.html

Díaz, J. V. (2018). La forma real de la Tierra: El geoide. Recuperado de <https://josevicentediaz.com/2018/05/28/la-forma-real-de-la-tierra-el-geoide/>

Mettatec. (2023). Las proyecciones cartográficas y sus tipos. Recuperado de <https://mettatec.com/es/las-proyecciones-cartograficas-y-sus-tipos-mettatec/>

ParaTopografía. (2024, 4 de noviembre). Fotogrametría - Topografía - Los 3 tipos de fotogrametría. Topografía. Recuperado de <https://paratopografia.com/fotogrametria-aerea-terrestre-y-satelital/>

Luthe García, G. (n.d.). Fundamentos de fotogrametría. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/13248/1/FUNDAMENTOS%20DE%20FOTOGAMETR%C3%8DA>

Karla. (2023, 3 de agosto). Fotogrametría con drones: Todo lo que debes saber. IDC. Recuperado de <https://idc.apddrones.com/fotogrametria/fotogrametria-con-drones-todo-lo-que-debes-saber/>

Anexos

En las siguientes páginas se encuentran el último reporte de calidad generado por el programa donde se describen los parámetros del procesamiento de las imágenes y los siguientes planos generados:

- Informe de calidad generado por PIX4Dmapper.
- Presupuesto.
- Especificaciones técnicas.
- Plano topográfico.
- Secciones longitudinales y transversales.
- Propuesta de intervención.
- Detalles constructivos generales.
- Modelo digital de elevaciones.
- Planta de distribución de techos.
- Red de drenaje de aguas lluvias.

Informe de calidad generado por PIX4Dmapper

Quality Report



Generated with Pix4Denterprise version 4.5.6

1 Important: Click on the different icons for:

- 2** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

Project	PROCESAMIENTO CE VALLE DEL SOL
Processed	2024-10-15 20:56:13
Camera Model Name(s)	L1D-20c_10.3_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.42 cm / 0.56 in
Area Covered	0.056 km ² / 5.5512 ha / 0.02 sq. mi. / 13.7244 acres

Quality Check

2 Images	median of 71641 keypoints per image	
2 Dataset	268 out of 268 images calibrated (100%), all images enabled	
2 Camera Optimization	2.73% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
2 Matching	median of 24550.7 matches per calibrated image	
2 Georeferencing	yes, 9 GCPs (9 3D), mean RMS error = 0.04 m	

2 Preview

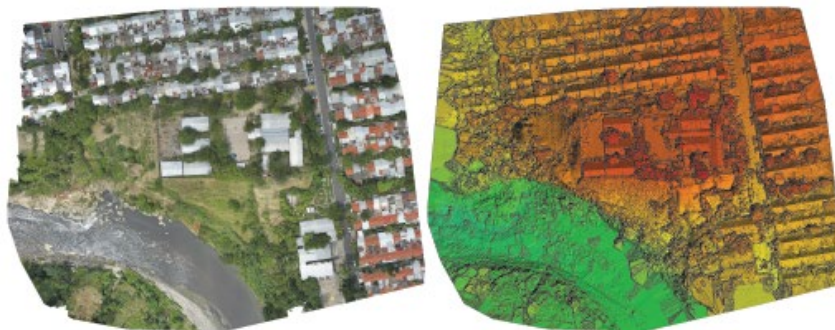


Imagen No. A-1. Ortomosaico y mapa de elevaciones.

Fuente: Reporte de PIX4Dmapper de C.E Valle del Sol.

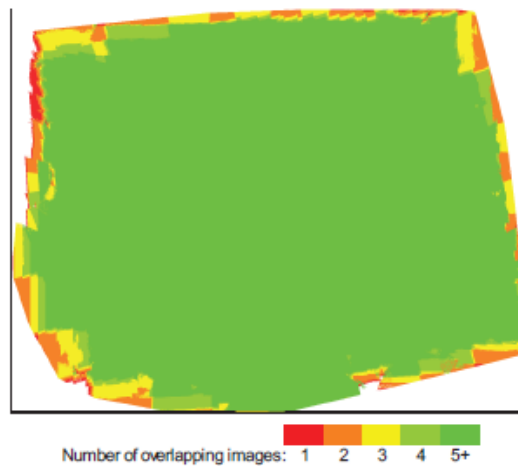
Calibration Details

Number of Calibrated Images	268 out of 268
Number of Geolocated Images	268 out of 268

? Absolute camera position and orientation uncertainties **i**

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]	Camera Displacement X [m]	Camera Displacement Y [m]	Camera Displacement Z [m]
Mean	0.006	0.006	0.010	0.006	0.006	0.003	0.001	0.002	0.005
Sigma	0.003	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001

? Overlap **i**



*Imagen No. A-2. Esquema de traslapes de imágenes.
Fuente: Reporte de PIX4Dmapper de C.E Valle del Sol.*

Bundle Block Adjustment Details **i**

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	6711361
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	2322247
Mean Reprojection Error [pixels]	0.205

? Internal Camera Parameters

L1D-20c_10.3_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.825 [mm] x 8.550 [mm] **i**

EXIF ID: L1D-20c_10.3_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4470.830 [pixel] 10.479 [mm]	2770.870 [pixel] 6.494 [mm]	1698.700 [pixel] 3.981 [mm]	0.009	0.040	-0.050	-0.003	0.002
Optimized Values	4348.594 [pixel] 10.192 [mm]	2723.772 [pixel] 6.384 [mm]	1791.804 [pixel] 4.200 [mm]	-0.006	0.018	-0.028	-0.003	-0.001
Uncertainties (Sigma)	0.609 [pixel] 0.001 [mm]	0.080 [pixel] 0.000 [mm]	0.474 [pixel] 0.001 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Relative camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]	Camera Displacement X [m]	Camera Displacement Y [m]	Camera Displacement Z [m]
Mean	0.006	0.006	0.004	0.006	0.006	0.003	0.002	0.002	0.004
Sigma	0.003	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001

Manual Tie Points

MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
mtp1	0.412	23 / 23
mtp2	0.522	26 / 26
mtp3	0.171	30 / 30
mtp4	1.223	33 / 33
mtp5	0.752	18 / 18
mtp6	1.812	11 / 11
mtp7	0.302	28 / 28
mtp8	0.252	29 / 29
mtp9	0.819	40 / 40
mtp10	1.863	44 / 44
mtp11	1.253	23 / 23
mtp12	1.423	38 / 38
mtp13	0.987	26 / 26
mtp14	0.297	28 / 28
mtp15	0.653	33 / 33
mtp16	1.390	36 / 36
mtp17	2.224	35 / 35
mtp18	0.579	22 / 22
mtp19	0.782	29 / 29
mtp20	0.702	25 / 25
mtp21	0.286	45 / 45
mtp22	0.156	44 / 44

Projection errors for manual tie points. The last column counts the number of images where the manual tie point has been automatically verified vs. manually marked.

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
PFC1 (3D)	0.020/0.020	0.044	0.024	-0.009	0.609	28 / 28
PFC2 (3D)	0.020/0.020	-0.006	0.024	-0.006	0.630	34 / 34
PFC3 (3D)	0.020/0.020	0.094	-0.058	0.089	0.506	26 / 26
PFC4 (3D)	0.020/0.020	0.035	-0.045	0.030	0.485	38 / 38
PFC5 (3D)	0.020/0.020	-0.035	0.027	-0.053	0.458	30 / 30
PFC6 (3D)	0.020/0.020	-0.009	0.020	0.044	0.508	22 / 22
PFC7 (3D)	0.020/0.020	-0.021	-0.018	-0.020	0.773	29 / 29
PFC8 (3D)	0.020/0.020	-0.040	0.004	-0.064	0.528	44 / 44
PFC9 (3D)	0.020/0.020	-0.064	0.017	-0.010	0.651	37 / 37
Mean [m]		-0.000205	-0.000484	0.000182		
Sigma [m]		0.046547	0.030179	0.044903		
RMS Error [m]		0.046547	0.030182	0.044903		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

🔍 Absolute Geolocation Variance



Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	0.00	0.00	9.33
-3.00	0.00	64.55	69.40	52.24
0.00	3.00	35.45	30.60	13.81
3.00	6.00	0.00	0.00	20.52
6.00	9.00	0.00	0.00	4.10
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		3.792591	11.290294	22.852944
Sigma [m]		0.760598	0.882085	3.042457
RMS Error [m]		3.868107	11.324699	23.054579

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the Images. Columns X, Y, Z show the percentage of Images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	3.792591	11.290294	22.852944

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

🔍 Relative Geolocation Variance



Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Initial Processing Details



System Information




Hardware	CPU: 13th Gen Intel(R) Core(TM) i9-13950HX RAM: 32GB GPU: Intel(R) UHD Graphics (Driver: 31.0.101.5522), NVIDIA RTX 2000 Ada Generation Laptop GPU (Driver: 31.0.15.3827)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems i

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM96 Geoid)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	Lambert_Conformal_Conic (EGM2008 Geoid)
Output Coordinate System	Lambert_Conformal_Conic (EGM2008 Geoid)

Processing Options i

Detected Template	 3D Maps
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details iProcessing Options i

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: yes
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	01h:39m:20s
Time for Point Cloud Classification	01m:00s
Time for 3D Textured Mesh Generation	15m:19s

Results i

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	28312940
Average Density (per m ³)	891.81

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (1.42 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: yes

Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (1.42 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 1 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	15m:03s
Time for Orthomosaic Generation	39m:19s
Time for DTM Generation	05m:46s
Time for Contour Lines Generation	02s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

Presupuesto

PRESUPUESTO						
PROYECTO: CENTRO ESCOLAR VALLE DEL SOL - CÓDIGO: 11327						
No.	DESCRIPCIÓN/PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL PARTIDA
1	OBRAS PRELIMINARES					\$ 9,845.95
1.1	TAPIAL PERIMETRAL					
1.1.1	Demolición de tapial perimetral de bloque de concreto, incluye	m	41.70	\$ 21.00	\$ 875.70	
1.2	CANCHA DE BALONCESTO					
1.2.1	Demolición de piso de concreto de cancha de básquetbol, incluye desalojo de material	m ²	466.50	\$ 11.00	\$ 5,131.50	
1.3	TALUD A CONFORMAR					
1.3.1	Limpieza y chapeo. Incluye desalojo de material	m ²	335.00	\$ 3.25	\$ 1,088.75	
1.4	CALETAS DE AGUAS LLUVIAS					
1.4.1	Demolición completa de canaletas indicadas. Incluye desalojo de	m	275.00	\$ 10.00	\$ 2,750.00	
2	CONSTRUCCIONES					\$ 140,976.33
2.1	TAPIAL PERIMETRAL					
2.1.1	Trazo	m	41.70	\$ 2.00	\$ 83.40	
2.1.2	Suministro e instalación de tapial perimetral prefabricado con sistema de losetas prefabricadas	m ²	100.08	\$ 55.00	\$ 5,504.40	
2.1.3	Construcción de canaleta lateral 0.5mx0.2m	m	98.22	\$ 30.00	\$ 2,946.60	
2.2	CANCHA DE BALONCESTO					
2.2.1	Trazo	m ²	466.50	\$ 2.50	\$ 1,166.25	
2.2.2	Excavación hasta 1.00 m	m ³	139.95	\$ 15.72	\$ 2,200.01	
2.2.3	Piso de concreto, f'c=210 kg/cm ² , e=0.07 m, refuerzo con electromalla 6"x6", calibre 9/9, acabado semi pulido y sisado a cada 3.20m en ambos sentidos	m ²	466.50	\$ 28.00	\$13,062.00	
2.2.4	Relleno compactado con suelo-cemento 20:1, para conformar base de cancha, e=30 cm	m ³	139.95	\$ 41.00	\$ 5,737.95	
2.2.5	Construcción de canaleta lateral 0.3m x0.15m indicadas en planos, incluye parrilla de paso, ángulo 1"x1"x1/8", varilla Ho No 3 @ 5 cm.	m	55.00	\$ 50.00	\$ 2,750.00	
2.3	TALUD A CONFORMAR					
2.3.1	Corte en terreno natural para conformación de talud según detalle	m ³	91.46	\$ 21.00	\$ 1,920.66	
2.3.2	Relleno para conformación de talud según detalle en plano.	m ³	19.68	\$ 15.00	\$ 295.20	
2.3.3	Construcción de canaleta en pie de	m	100.60	\$ 35.00	\$ 3,521.00	

	talud de 0.5mx0.2m				
2.3.4	Grana tipo san agustín incluye tierra negra	m ²	335.00	\$ 18.00	\$ 6,030.00
2.3.5	Pretel de bloque de 10x20x40 cm, h=0.80 m (0.40m enterrados). Todos los huecos llenos. Incluye excavación, solera de fundación	m	181.30	\$ 37.00	\$ 6,708.10
2.3.6	Grada forjada con bloque de concreto de 20 cm huella min 0.30m y contrahuella max de 0.175m incluye repello	m ²	11.20	\$ 60.00	\$ 672.00
2.4	SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS				
2.4.1	Suministro e instalación de Tubería de PVC Ø 4" 100 psi, incluye accesorios para acople, conexiones, excavación y compactación.	m	64.66	\$ 35.00	\$ 2,263.10
2.4.2	Suministro e instalación de Tubería de PVC Ø 6" 100 psi, incluye accesorios para acople, conexiones, excavación y compactación.	m	239.95	\$ 40.00	\$ 9,598.00
2.4.3	Suministro e instalación de Tuberías de PVC Ø 8", 100 psi (Incluye Accesorios para acople, conexiones, excavación, y	m	22.46	\$ 65.00	\$ 1,459.90
2.4.4	Suministro e instalación de Tuberías de PVC Ø 10", 100 psi (Incluye Accesorios para acople, conexiones, excavación, y	m	32.80	\$ 75.00	\$ 2,460.00
2.4.5	Suministro e instalación de Tuberías de PVC Ø 12", 100 psi (Incluye Accesorios para acople, conexiones, excavación, y	m	15.34	\$ 90.00	\$ 1,380.60
2.4.6	Suministro e instalación de Tuberías de PVC Ø 15", 100 psi (Incluye Accesorios para acople, conexiones, excavación, y	m	97.44	\$ 105.00	\$ 10,231.20
2.4.7	Suministro e instalación de Tuberías de PVC Ø 18", 100 psi (Incluye Accesorios para acople, conexiones, excavación, y	m	26.37	\$ 120.00	\$ 3,164.40
2.4.8	Construcción de caja de aguas lluvias de 0.30x0.30m (dimensiones internas) altura promedio 80cm forjada con ladrillo de barro de obra, incluye parrilla con marco de ángulo de hierro, dos manos de pintura anticorrosiva y de pintura de esmalte, excavación y desalojo.	u	12.00	\$ 85.00	\$ 1,020.00
2.4.9	Construcción de caja de aguas lluvias de 0.50mx0.50m (dimensiones internas) altura promedio 80 cm forjada con ladrillo de barro de obra, incluye parrilla	u	31.00	\$ 135.00	\$ 4,185.00

	con marco de ángulo de hierro. incluye dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura de esmalte, excavación y desalojo.				
2.4.10	Construcción de caja de aguas lluvias de 0.50mx0.50m (dimensiones internas), altura promedio 80 cm forjada con ladrillo de barro de obra, tapadera de concreto. incluye excavación y desalojo.	u	10.00	\$ 125.00	\$ 1,250.00
2.4.11	Pozo de aguas lluvias; Ø=1.10 m; broquel de ladrillo de barro p/trinchera, tapadera de concreto Incluye gradas disipadoras y accesorios de fontanería	u	6.00	\$ 2,200.0	\$ 13,200.00
2.4.12	Construcción de canaleta 0.5m x 0.2m según detalle en planos.	m	194.00	\$ 35.00	\$ 6,790.00
2.4.13	Construcción de canaleta 0.3m x 0.15m indicadas en planos, incluye parrilla de paso, ángulo 1"x1"x 1/8", rejilla Ho No 3 @ 5 cm.	m	7.40	\$ 55.00	\$ 407.00
2.4.14	Suministro e instalación de bajadas de aguas lluvias con tubería PVC Ø 4", 125 PSI. Sujetados con cinchos de pletina de 1/8"x1", fijados con tornillo goloso de 2"x10 y anclas plásticas. Incluye accesorios y conexión a red subterránea de aguas lluvias.	m	105.00	\$ 40.00	\$ 4,200.00
2.4.15	Suministro e instalación de canales de aguas lluvias de láminas galvanizada lisa calibre 24, soldado y remachado, ganchos escondidos de pletina de 1" x 1/8" a cada 0.45m, acabado final interior y exterior dos manos de anticorrosivo especial para galvanizado y dos manos de pintura esmalte color a definir en exterior.	m	318.64	\$ 65.00	\$ 20,711.60
2.5	ACERAS				
2.5.1	Piso de concreto, f'c=210 kg/cm ² , e=0.07 m, refuerzo con electromalla 6"x6", calibre 9/9.	m ²	193.00	\$ 28.00	\$ 5,404.00
2.6	INTERVENCION DE TALUD EXTERIOR				
2.6.1	Excavación hasta 1.00 m según detalle de sección de intervención E1	m ³	41.60	\$ 15.72	\$ 653.95

	Se deberá considerar el suministro de los materiales y mano de obra, así como el uso de herramientas y equipos necesarios para la realización de las actividades descritas en el presente listado.	
	TOTAL, COSTOS DIRECTOS	\$ 150,822.28
	COSTOS INDIRECTOS (30%)	\$ 45,246.68
	SUB TOTAL 1 (COSTO DIRECTO+COSTO INDIRECTO)	\$ 196,068.96
	IVA (13%)	\$ 25,488.96
	SUB TOTAL 2 (SUB TOTAL 1 + IVA)	\$ 221,557.92
	COSTO TOTAL	\$ 221,557.92

Especificaciones técnicas

ABREVIATURAS

Las abreviaturas especiales usadas en las especificaciones técnicas son las siguientes:

AWWA American Water Works Association

ANSI American National Standard Institute

ASTM American Society for Testing Materials

AWS American Welding Society

ISO International Standard Organization

SNET Sistema Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador

IPC Código Internacional de Fontanería

BALL Bajada de Aguas Lluvias

PVC Cloruro de Polivinilo

CDT Carga Dinámica Total

HP Horse Power (potencia del motor)

RPM Revoluciones por motor

NORMAS APLICABLES

Se detallan y nombran las normas que deberán aplicarse durante la construcción del proyecto.

ASTM 307-52 Especificación Perno de anclaje y construcción de sujetadores.

ASTM 325 Especificación Estándar para Tornillos Estructurales, Acero, con tratamiento térmico, 120/105 ksi a la tracción mínima a la rotura

ASTM D- 2241 Especificación estándar para tuberías de PVC a presión, series SDR.

ASTM D-2466 Especificación estándar para el poli (cloruro de vinilo) (PVC) Tubería y accesorios, Schedule 40

ASTM D-2564 Especificación estándar para tuberías y accesorios de PVC.

ASTM D-2855 Especificación estándar para aplicación de pegamento.

ASTM F-477 Especificación estándar para Juntas elastoméricas (Juntas) para unir tuberías de plástico

ASTM F-949 Especificación estándar para el poli (cloruro de vinilo) (PVC) corrugado de tuberías de alcantarillado con un suave interior y accesorios

IPC, Código internacional de fontanería, 2009.

Registros de intensidad de lluvia del SNET.

SECCIÓN 1: OBRAS PRELIMINARES

1.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista suministrará los materiales y realizará por su cuenta y responsabilidad las construcciones e instalaciones provisionales requeridas para la debida conducción y ejecución de las obras, tales como: bodegas, oficinas, instalaciones provisionales de agua potable, drenajes de aguas lluvias y aguas negras, servicios de energía eléctrica para luz y fuerza, incorporación de servicios sanitarios portátiles, áreas de acopio temporal de desechos sólidos y en caso de ser necesario cercas protectoras, espacio para alojamiento y señalización de seguridad en las áreas de trabajo; así como también todas las obras preliminares para acondicionar el sitio.

De igual manera, para desarrollar cada una de las actividades constructivas, el Contratista es responsable de proveer a los trabajadores de todos los insumos necesarios, tales como herramientas, maquinaria y equipo de protección personal (EPP), seguridad industrial y protocolo integral de prevención de riesgos biológicos en los lugares de trabajo. El Contratista deberá realizar el trabajo con la mejor calidad y eficiencia y mantendrá limpia todas las zonas de trabajo, implementando un sistema de señalización en cada uno de los espacios y el área de trabajo.

Así también, el Contratista es el responsable de la seguridad del inmueble mientras este en ejecución el proyecto, y será el responsable de resguardar las instalaciones, mobiliario, etc. Y queda determinadamente prohibido el uso de aulas, servicios sanitarios y demás infraestructura existente del Centro Educativo, y éstas no podrán ser utilizadas como dormitorios, bodegas, etc.

1.1.1 SERVICIOS DE AGUA POTABLE, ENERGÍA ELÉCTRICA, DRENAJES

En aquellos lugares donde existan servicios básicos, el Contratista efectuará las instalaciones provisionales de los mismos, debiendo pagar tanto la conexión como el consumo durante la construcción; aun cuando ya no tenga presencia física en el sitio (cuotas pendientes), y queda determinadamente prohibido, hacer uso de los servicios básicos propios del Centro Educativo.

Tanto los materiales como la instalación serán sometidos a la aprobación de la Supervisión, y al finalizar la obra serán recuperados por el Constructor.

El Contratista realizará las obras de drenaje provisional para el manejo de la escorrentía que se genere en el terreno para minimizar el arrastre de suelo y evitar la erosión; de igual manera, deberá proteger los puntos de descarga para evitar daños a propiedades vecinas.

1.1.2 BARDAS O VALLAS DE PROTECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN

En los lugares donde se requiera, el Contratista construirá por su cuenta las bardas o vallas de protección en aquellos lados del perímetro donde sean necesarias, con el fin de proporcionar la seguridad en el desarrollo de los procesos constructivos tanto en los procesos constructivos como en la seguridad del lugar ya que la empresa deberá de ser responsable por la seguridad de los materiales y reparaciones que están realizando como de todo lo que exista en el sitio, de los trabajadores y terceros. También deberá construirse el portón de acceso a la construcción que permitirá un mejor control y seguridad dentro del proyecto.

La señalización se hará por medio de rótulos o avisos que indicará a los trabajadores y a las visitas del proyecto la conducta a seguir en cada una de las áreas de trabajo, indicando precaución y/o prohibición, y colocadas en lugares visibles.

El Contratista también será responsable de definir las áreas de circulación segura para los alumnos, personal docente, padres de familia, y de toda persona que visite las instalaciones, delimitando las áreas de trabajo con cinta y malla de seguridad.

MATERIALES

Estructuras de madera y forro de lámina galvanizada para las bardas de protección. Para los rótulos se usará lámina galvanizada u otro material resistente a los efectos de la intemperie.

NOTA: No se hará ningún pago por separado en concepto de obras provisionales, por lo que el Contratista deberá considerarlas en sus costos indirectos.

1.2 CHAPEO Y LIMPIEZA

Consiste en el corte y limpieza de la maleza existente en el terreno y desalojo del material resultante fuera de la obra, hacia un sitio autorizado por la Municipalidad respectiva. Se incluye en este rubro el retiro de todo material extraño que no va a ser utilizado en la construcción (ripios, basura, chatarra, etc.)

1.4 DESCAPOTE Y DESRAIZADO

Consiste en cortar toda la capa vegetal superficial en un espesor estimado en 30 centímetros (promedio) o según lo determine la supervisión de acuerdo a las condiciones del terreno. En este rubro se incluye también el desraizado ya sea de árboles talados o árboles en pie cuyas raíces se extiendan hacia los sitios de la construcción. En este último caso deberá tomarse la precaución de no cortar raíces principales que debiliten o

desequilibren la posición del árbol, disminuyendo su resistencia a la fuerza de los elementos.

Si las condiciones del terreno lo permiten y si la obra lo requiere, el Contratista podrá acopiar debidamente protegida, parte del descapote (suelo con materia orgánica) para su uso posterior en las zonas verdes.

CONDICIONES

El material resultante deberá ser desalojado fuera de la obra hacia un sitio previamente acordado con las autoridades de la comunidad y avalado por la supervisión, o autorizado por la Municipalidad respectiva.

1.5 DEMOLICIÓN Y DESMONTAJES

Consiste en el desmantelamiento y demolición de las edificaciones e instalaciones existentes en el área de trabajo indicadas, así como el desmontaje de materiales, elementos y artefactos de las edificaciones e instalaciones existentes en el área de trabajo indicadas en planos correspondientes, antes de proceder a la rehabilitación de los diferentes espacios según se especifique en esquemas o planos constructivos. En este caso es responsabilidad del Constructor suministrar al director del Centro Educativo o una persona pertinente, el listado de materias que pueden ser reutilizados tales como puertas, ventanas, estructura de techos, cubiertas, artefactos sanitarios, tienda escolar, entre otros.

1.5.1 CONDICIONES PARA DEMOLICIONES

En los casos que las edificaciones o instalaciones a demoler resulten materiales recuperables, éstos deben entregarse inventariados en el sitio, mediante Acta de Entrega al director(a) del Centro Escolar, para que el disponga de ellos a su conveniencia. Los escombros (ripió) resultantes de la demolición deberán ser desalojados en los sitios autorizados por las entidades correspondientes.

Las demoliciones se realizarán según se indique en el Plan de Oferta y planos constructivos. El Contratista proporcionará la mano de obra, herramientas, equipo, transporte y demás servicios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos de demolición.

En el caso de demolición en forma parcial de pared, se deberá cuidar la integridad estructural del resto de la pared y edificación en general. El Contratista efectuará el manejo interno, acopio en forma ordenada y aprobada por la Supervisión. El material de desechos producto de las demoliciones, como: escombros, ripio, material sobrante de estos trabajos, tendrán que desalojarse de la obra con frecuencia para dejar los sitios de trabajo en condiciones que permita la ejecución de los trabajos de manera segura.

El Contratista para este tipo de trabajo debe considerar:

- A. Proveer todas las herramientas, mano de obra, equipo y todo lo necesario para ejecutar y completar todo el trabajo.
- B. Desalojar todos los materiales resultantes de las operaciones de desmontaje y demolición tan pronto como sea posible, trasladándolos hacia el sitio de disposición final probado y autorizado.
- C. Almacenar materiales y desperdicios solamente en los sitios aprobados por la Supervisión.
- D. Evitar bloquear los accesos y pasos fuera de los límites del sitio de trabajo.
- E. Confinar sus actividades de demoliciones a los sitios de trabajo definidos en los planos y especificaciones.
- F. Para demoliciones de elementos de concreto simple o reforzado y bloque realizadas en forma manual deberán ejecutarse en dimensiones apropiadas aprobadas por la Supervisión, con el fin de evitar accidentes.
- G. Evitar interferencia en el tráfico vehicular y peatonal.

H. Evitar acumular o almacenar materiales, desperdicios o cualquier tipo de desechos en las aceras o calles alrededor del sitio.

1.6 DESMONTAJES

Esta partida comprende el suministro de mano de obra, herramientas y todos los servicios necesarios para realizar los trabajos de desmontaje descritos en Plan de Oferta y/o Planos.

El material de desecho, producto del desmontaje y limpieza inicial, así como el que se vaya acumulando, conforme avance la obra, deberá ser desalojado del sitio con tanta frecuencia como sea requerido para no entorpecer ningún proceso constructivo, lo mismo que las actividades normales, la Supervisión autorizará y controlará estos desalojos. Todos los materiales a desalojar deberán ser trasladados a un a un sitio de disposición final autorizado por las autoridades competentes.

El Contratista entregará por inventario y mediante acta al director del Centro Educativo, todo el material producto del desmontaje realizado y que haya sido declarado recuperable por la Supervisión, dentro del plazo de 15 días calendario contados a partir de la fecha en que se dé por recibido la labor de desmontaje. El resto del producto del desmontaje será desalojado inmediatamente al igual que los desechos de la demolición.

SECCIÓN 2: REHABILITACIONES Y REPARACIONES

2.1 CONDICIONES PARA REHABILITACIONES Y REPARACIONES

2.1.1 AJUSTES AL MOMENTO DE EJECUTAR LA OBRA

Dada la naturaleza del trabajo El Contratista, al momento de ejecutar la obra tendrá que verificar dimensiones, niveles y otra información necesaria con el propósito de garantizar el acople adecuado de la obra nueva a la obra existente. Cuando exista una inconsistencia o diferencia entre los planos y las condiciones reales de campo, el contratista deberá notificarlo inmediatamente al supervisor, quien decidirá la mejor forma de resolver el impase. En todo caso, el Contratista colaborará diligentemente para solventar cualquier inconveniente relacionado con este punto, y presentará, junto con su notificación, las alternativas de solución pertinentes.

2.2 PISOS

La intervención en pisos se realizará de la siguiente manera:

Cuando el piso esté dañado en su totalidad se hará una demolición total y se colocará el piso nuevo según dimensiones y el plan de oferta, el desalojo de lo demolido será cubierto por el constructor y pagado según lo especifique el Plan de Oferta.

FORMA DE PAGO

Se pagará por metro cuadrado (m²) que incluye la excavación, compactación y desalojo de material sobrante o de acuerdo con lo que se especifique en el Plan de Oferta.

2.3 CONSTRUCCIÓN DE CANALETAS, ACERAS, RAMPAS Y PISOS DE CONCRETO

Consiste en la sustitución total de un tramo de canaletas, acera o rampas construidas sobre el suelo según las zonas indicadas en planos y constatadas por el supervisor. Antes de proceder al trabajo, el contratista presentará al supervisor muestras del procedimiento a seguir en las zonas y dimensiones definidas por él. El procedimiento general a seguir se describe a continuación:

- A. Delimitar la zona a demoler.
- B. Cortar con disco para concreto los límites del área a reconstruir.
- C. Remover por completo el elemento dañado dentro del área delimitada usando el equipo adecuado al área a demoler.
- D. Si el laboratorio así lo indica, realizar los trabajos de restitución de suelo necesarios para obtener una base estable.
- E. Tanto las canaletas, las aceras como las rampas se reconstruirán adaptando las dimensiones a las condiciones existentes de cada sitio, y de acuerdo a los detalles tipo mostrados en los planos, y a

los procedimientos y condiciones establecidas en las especificaciones técnicas, o en su defecto según lo autorice el supervisor.

- F. En las uniones con elementos existentes (aceras, canaletas, paredes, bordillos, etc.) colocar durapax de ¼" es espesor y sellar la superficie de la junta con sellador igual o de mejor calidad al Igas Negro, proceder según instrucciones del fabricante.
- G. El acabado final será igual al existente, de igual forma la distribución de juntas de control.
- H. Curar ininterrumpidamente por 36 horas.
- I. Debe considerarse el sello de juntas con sellador de la mejor calidad.

2.4 RECONSTRUCCIÓN DE MUROS

Consiste en la sustitución total de un tramo de muro o cualquier obra de protección, ya sea de mampostería de piedra, bloque de hormigón o ladrillo de obra según las zonas indicadas en planos y constatadas por el supervisor. Antes de proceder al trabajo, el contratista presentará al supervisor muestras del procedimiento a seguir en las zonas y dimensiones definidas por él.

El procedimiento general a seguir se describe a continuación:

- A. Delimitar la zona a demoler.
- B. Cortar con disco para concreto los límites del área a reconstruir.
- C. Remover por completo el elemento dañado dentro del área delimitada usando el equipo adecuado al área a demoler.
- D. Si el laboratorio así lo indica, realizar los trabajos de restitución de suelo necesarios para obtener una base estable.
- E. Las obras de protección se reconstruirán adaptando las dimensiones a las condiciones existentes de cada sitio, y de acuerdo a los detalles específicos mostrados en los planos, y a los procedimientos y condiciones establecidas en las especificaciones técnicas, o en su defecto según lo autorice el supervisor.
- F. En las uniones horizontales con elementos existentes como aceras, canaletas, paredes, bordillos, etc. colocar durapax de ¼” es espesor y sellar la superficie de la junta con sellador.

En las uniones verticales con muros existentes se dejará una junta de 1” rellena con durapax. De la misma forma se conformarán las juntas a cada 6.00 en los tramos reconstruidos. El acabado final será igual al existente.

SECCIÓN 3: TERRACERÍA

3.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista suministrará la dirección técnica transporte, herramientas, equipo y todos los servicios necesarios para desarrollar los trabajos de terracería en el área de trabajo mostrada en los planos. Específicamente se realizarán los trabajos de cortes y rellenos necesarios para establecer las terrazas a los niveles indicados, así como la conformación de taludes indicados en los planos.

3.2 CORTE EN TERRAZAS

Este rubro incluye el corte de los volúmenes sobresalientes del terreno o de los sectores donde es necesario alcanzar los niveles de terraza indicados en los planos. Los trabajos de corte en terraza se iniciarán una vez concluidos los trabajos de chapeo, limpieza, descapote, desraizado, tala y podado de árboles, demolición etc.

Una vez recibidos los trabajos antes mencionados se procederá a realizar una cuadrícula que abarque las áreas del terreno sujetas a modificación. Las distancias entre ejes de cuadrícula serán de 5m o menos, o según lo determine la supervisión de acuerdo a las características del terreno. Realizada la cuadrícula, ésta será revisada y comprobada por la supervisión.

Es conveniente hacer notar que deben dejarse referencias para replantear la cuadrícula las veces que sea necesario a efectos de cuantificar volúmenes.

Los trabajos de corte se realizarán hasta los niveles de terraza proyectada. Los materiales cortados que a criterio de la supervisión y el laboratorio de suelos puedan utilizarse en relleno y compactación, taludes etc., deberá ser depositado en un lugar adecuado y debidamente acondicionado a fin de que conserve sus propiedades originales. Mientras duren los trabajos y en época de lluvia, las zonas de corte deberán proveerse de drenajes superficiales provisionales adecuados para el manejo de la escorrentía; además, el material de corte acopiado deberá protegerse con plástico u otro material que lo proteja de los efectos de la intemperie.

FORMA DE PAGO

Se pagará según se especifique el Plan de Oferta. Si se requiere cuantificar se calculará el volumen determinado por la cuadrícula inicial y los niveles de terraza proyectada.

CORTE BAJO NIVEL DE TERRAZA

En los casos en que lo recomienden los estudios de suelos o se determine en campo la baja capacidad de carga, la existencia de suelos orgánicos, ripios, depósitos de basura, u otros materiales inadecuados, bajo los

niveles de terraza proyectada; éstos deberán extraerse hasta encontrar material aceptable o hasta el nivel que determine la supervisión.

CONDICIONES

Los materiales extraídos inaceptables deberán desalojarse fuera del terreno y serán depositados en un sitio previamente acordado con las autoridades de la comunidad y avalado por la Supervisión, o en aquellos autorizados por la Municipalidad respectiva; cuando la ruta de desalojo pase por áreas sensibles, centros poblados o carreteras con flujo vehicular, cada unidad de transporte vehicular deberá poseer una cubierta protectora para evitar derrame del material y/o la generación de polvo que cause molestias a pobladores, peatones y conductores. Únicamente se podrán utilizar aquellos materiales aptos para restitución y los suelos orgánicos para jardines, áreas verdes, taludes etc. podrán acopiarse debidamente protegidos para uso posterior, previa autorización del supervisor o laboratorio de suelos.

3.3 EXCAVACIÓN, RELLENO Y COMPACTACIÓN

CONDICIONES

3.3.1 PARA CIMENTACIONES

El nivel de excavación será el indicado en los planos o especificaciones.

En aquellos sitios donde la consistencia del terreno lo permita, las paredes de la excavación podrán utilizarse como formaletas de las estructuras, sin dejar holgura; previa inspección y autorización del supervisor.

Si El Contratista excavara más de lo indicado, rellenará y compactará hasta el nivel indicado en los planos, con material aprobado por el Supervisor, sin costo extra.

Todos los materiales adecuados provenientes de las excavaciones se usarán en el relleno mismo, siempre que estén exentos de hojas, raíces, etc. y su calidad sea aprobada previamente por la Supervisión. La roca, el talpetate y las arcillas de gran plasticidad son materiales inadecuados para el relleno y no se aceptarán.

Si se encuentra terreno firme sobre los niveles indicados en los planos, El Contratista deberá notificarlo al Supervisor. Se deberán construir las obras de protección necesarias para evitar derrumbes o inundaciones de las excavaciones.

En los casos de encontrar baja capacidad soportante del suelo natural, El Contratista deberá comunicarlo de inmediato al Supervisor, éste, previa inspección, definirá la necesidad de profundizar y restituir hasta el nivel de fundación con suelo cemento o material selecto.

No se colocará ningún relleno contra cualquier estructura hasta que el Supervisor haya dado la autorización respectiva y en ningún caso antes de transcurrir 7 días de haberse colocado el concreto.

3.3.2 PARA INSTALACIONES

Comprende excavación, relleno y compactación para ductos eléctricos, telefónicos, hidráulicos y sanitarios. Las condiciones a cumplir son las mismas descritas en excavación, relleno y compactación para cimentaciones.

3.3.3 COMPACTACIÓN CON SUELO CEMENTO

De acuerdo a los requerimientos del suelo, la supervisión podrá autorizar compactaciones con suelo cemento para mejorar sus condiciones, siguiéndose lo establecido en la norma AASHTO T-134 (ASTM D 558). El suelo cemento consistirá en un volumen de cemento, por varios volúmenes de suelo limo arenoso; la proporción estará específicamente diseñada para cada sitio. La combinación de suelo cemento, deberá mezclarse uniformemente compactarlo hasta obtener un grado de compactación del 95% del ensayo Proctor descrito en AASHTO T 134.

Se pagará de acuerdo a como se ha establecido en el Plan de Oferta, incluyendo el suelo cemento compactado, y su precio incluirá el suministro del cemento y la tierra blanca, en el lugar de la obra, la mano de obra por la revoltura, mezcla y compactación.

SECCIÓN 4: CONCRETO ESTRUCTURAL

4.1 CONCRETO

4.1.1 MATERIALES

4.1.1.1 CEMENTO

Todo cemento deberá ser estar de conformidad con las especificaciones ASTM C-1157 tipo GU, este deberá ser aprobado por la Supervisión, entregado en la obra en su empaque original y deberá permanecer sellado hasta el momento de su uso.

Las bodegas para el almacenamiento de cemento permanecerán secas, para lo cual se cerrarán todas las grietas y aberturas de la bodega. Las bolsas deberán ser estibadas lo más cerca posible unas de otra para reducir la circulación de aire, evitando su contacto con paredes exteriores. Las bolsas deberán colocarse sobre plataformas de madera, levantadas 0.15 M sobre el piso y ordenadas de tal forma que cada envío de cemento sea fácilmente inspeccionado o identificado.

No se permitirá el uso de cemento endurecido por el almacenamiento o parcialmente fraguado en ninguna parte de la obra. El Contratista deberá usar el cemento que tenga más tiempo de estar almacenado, antes de utilizar el cemento acopiado recientemente. Las bolsas de cemento se colocarán unos sobre otros hasta un máximo de 10 bolsas y su almacenamiento no será mayor de 30 días.

No se permitirá mezclar en un mismo colado cementos de diferentes marcas, tipos o calidades.

4.1.1.2 AGUA

En el momento de usarse, el agua deberá estar limpia, fresca, potable, libre de aceites, ácidos, sales, álcali, cloruros, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan causar daños al o a los procesos constructivos.

4.1.1.3 AGREGADOS

Los agregados pétreos serán arena y piedra triturada adecuada, granulométrica, conforme los registros de las normas ASTM C-33, última versión, para concreto de peso normal y los resultados de los ensayos.

Todos los agregados deberán estar razonablemente exentos de impurezas, evitando su contaminación con materiales extraños durante su almacenamiento y su manejo y aprobados por la Supervisión.

Los agregados de diferente tipo y granulometría deberán, asimismo, mantenerse separados hasta su mezcla en proporciones definidas.

El agregado fino será de granos duros, libres de pómez, polvo, grasa, sales, álcali, sustancias orgánicas y otras impurezas perjudiciales para el concreto. Su gravedad específica no deberá ser menor de 2.50, su módulo de finura entre 2.3 y 3.1 y su colorimetría no mayor del No. 3, de conformidad a la

norma ASTM C-40, última versión, y cumplirá con los límites de graduación de las especificaciones ASTM C-117, última versión.

El agregado grueso será de piedra triturada proveniente de roca compacta. No se aceptará grava que presente poros o aspecto laminar. El tamaño máximo del agregado no podrá exceder de 1/3 del espesor de las losas y deberá estar formado por granos limpios, duros, sin arcilla o fango.

El agregado grueso para el concreto de relleno de huecos en paredes de bloques será de tamaño no mayor de 3/8" (chispa). Los agregados se almacenarán y mantendrán en una forma tal que impida la segregación y la inclusión de materiales foráneos.

4.1.1.4 ADITIVOS

Solamente con la autorización de la Supervisión, el Contratista podrá usar aditivos para mejorar la resistencia y la colocación del concreto y conforme a las especificaciones ASTM C-494-67 T.

Todo aditivo deberá usarse siguiendo estrictamente las instrucciones impresas del fabricante y para verificar su comportamiento combinado se efectuarán pruebas de cilindro de concreto.

Cuando algún aditivo sea usado a opción del Contratista, o sea requerido por el Supervisor, como medida de emergencia para evitar atrasos en la obra o remediar errores o negligencias del contratista, no habrá compensación

adicional alguna. En los demás casos, cualquier costo resultante por el uso de aditivos deberá incluirse en los precios del Contrato, a menos que los documentos contractuales estipulen específicamente de otra manera.

4.1.1.5 ACERO DE REFUERZO CALIDAD DEL REFUERZO

El Contratista deberá suministrar, almacenar en estantes separados del suelo y proteger de la intemperie, así como detallar, doblar, cortar y colocar todo el acero de refuerzo como se muestra como lo indique el supervisor.

Todas las varillas del acero de refuerzo para proyectos de una planta deberán ser de grado intermedio según la norma ASTM A-615, última versión, con un límite de fluencia comprendido entre 2,800 Kg/cm² a 4200 Kg/cm². Las varillas exceptuando las de 1/4" de tipo corrugado y el grabado será de acuerdo a la norma ASTM-A-305, última versión. Antes de cualquier armadura o colocación, el acero deberá ser sometido a prueba de tensión (ruptura) por el laboratorio conforme a las normas de muestreo preparación y método de prueba ASTM A 615, última versión.

En ningún caso se aceptarán varillas de grados y diámetros comúnmente conocidas como "comerciales".

Las superficies de las varillas deberán estar libres de sustancias extrañas como costras, herrumbres, descascamientos, aceites, grasas o

cualquier otro recubrimiento que pueda reducir o eliminar su adherencia al concreto.

4.1.1.5.1 COLOCACIÓN DEL REFUERZO

El Contratista colocará el acero de refuerzo de acuerdo a lo especificado y atendiendo las indicaciones complementarias de la Supervisión.

Los amarres deberán sujetarse firmemente para evitar desplazamientos de las varillas, o rupturas en el alambre durante el desarrollo de la armadura y ejecución del colado. Los empalmes y ganchos del refuerzo se harán siguiendo las estipulaciones del reglamento ACI-318-83.

El refuerzo deberá ser traslapado cumpliendo los siguientes requerimientos mínimos:

SECCIÓN DE LA VARILLA	LONGITUD DEL EMPALME
# 3 y # 4	45 cm
# 5	55 cm
# 6	65 cm
# 7	75 cm
# 8	90 cm

Tabla No. A-1. Longitud de empalme de varillas de refuerzo.

Fuente: especificaciones técnicas de referencia del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MINEDUCYT).

Los ganchos y dobleces del refuerzo de vigas y columnas se harán de acuerdo con los siguientes requerimientos mínimos:

Refuerzo Longitudinal: Ganchos de 90 grados más una extensión de 24 diámetros. Refuerzo Lateral: Ganchos de 135 grados más una extensión de 10 diámetros.

Los dobleces se harán con un diámetro interior mínimo de 6 veces el diámetro de la varilla. El doblado de las varillas deberá hacerse en frío.

Ninguna varilla parcialmente ahogada en el concreto podrá doblarse en la obra. En ningún caso se admitirá desdoblar varillas para obtener la configuración deseada.

La colocación de la armadura deberá ser aprobada por la Supervisión, por lo menos 24 horas antes del inicio del colado. Una vez aprobado el refuerzo en las losas, deberán colocarse paralelas que no se apoyen sobre el refuerzo para que al momento del colado el paso de los operarios o el equipo, no altere la posición aprobada del acero.

4.1.1.5.2 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN CONCRETO

Si el concreto va a ser producido en el sitio, los ingredientes serán mezclados en concreteiras en perfecto estado de funcionamiento, capaces de proporcionar una masa uniforme y descargarla sin una segregación perjudicial. La concreteira se hará girar a la velocidad recomendada por el fabricante y el tiempo de mezclado será de por lo menos 1.5 minutos para volúmenes de 1 m³ o menores.

Este tiempo se incrementará en 20 segundos por cada metro cúbico (m^3) o fracción en exceso de $1 m^3$. El concreto endurecido será rechazado, y su manejo será acumularlo en los espacios de acopio temporal del proyecto para su posterior desalojo y disposición en un sitio autorizado por la Municipalidad respectiva o el Ministerio de Obras Públicas.

El tiempo de mezclado se podrá prolongar hasta un máximo de 4 minutos cuando las operaciones de carga y mezclado no produzcan la uniformidad de composición y consistencia requerida para el concreto.

Las mezcladoras no se cargarán en exceso, ni se les dará velocidad mayor que la que recomiendan los fabricantes. El concreto se preparará siguiendo las propiedades de diseño de las mezclas, a manera de obtener la resistencia especificada con su adecuación al campo.

Las mezclas obtenidas deberán ser plásticas y uniformes con un revenimiento que esté de acuerdo al tipo de elemento a colar, entre los 7.5 y 10 cm (de 3 a 4 pulgadas). No se deberá, por ningún motivo, agregar más agua de la especificada, sin autorización de la Supervisión.

No se permitirá hacer sobre mezclados excesivos que necesiten mayor cantidad de agua para presentar la consistencia requerida, ni se admitirá el uso de mezclas retempladas.

Si alguna mezcladora llegara a producir resultados insatisfactorios, se dejará de usar inmediatamente, hasta que se repare o se sustituya por otra.

El concreto premezclado que sea usado en la obra se preparará, transportará y entregará de acuerdo con los requisitos establecidos en las especificaciones para concreto premezclado, ASTM C-94.

El concreto premezclado, entregado en la obra en camiones mezcladores, deberá ser colocado en el término de 60 minutos, calculados desde el momento en que se añadió el agua al cemento.

4.1.1.5.3 COLOCACIÓN DEL CONCRETO

Antes del inicio de cualquier vaciado de concreto, se deberá obtener la aprobación de la Supervisión. No se permitirá colocar concreto, cuando en opinión de la Supervisión, las condiciones impidan la colocación y consolidación del mismo. Así también, todos los equipos y métodos usados para la colocación del concreto estarán sujetos a la aprobación de la Supervisión.

Cuando la colocación del concreto sea sobre superficies de tierra, éstas deberán estar limpias, compactadas, humedecidas y sin agua estancada. Las superficies de concreto existentes sobre las cuales se colocará concreto fresco, serán picadas y deberán estar limpias, sin aceite, agua estancada, lodo o cualquier tipo de desecho. Todas las superficies se humedecerán antes de colocar el concreto.

Una vez que se empiece el colado, éste se llevará a cabo como una operación continua hasta que se complete el colado de un tablero o sección.

El Contratista tendrá por lo menos un vibrador extra por cada tres que estén en uso, y tendrá en la obra por lo menos un vibrador accionado con motor de gasolina. Si por falta o mal funcionamiento de vibradores se interrumpiese el colado, el concreto no utilizado deberá ser repuesto en su totalidad por cuenta del Contratista.

Cualquier sección de concreto, que después de colada se encuentre porosa o defectuosa, deberá removerse y reemplazarse enteramente a costo del Contratista, según lo ordene la Supervisión.

Las juntas con el colado se podrán hacer únicamente en los lugares y niveles indicados por la Supervisión, y los procedimientos.

4.1.1.5.4 PROTECCIÓN Y CURADO

Durante el colado y después de éste, el concreto deberá ser protegido de manera adecuada contra los efectos del sol y la lluvia, con el propósito de evitar un secado prematuro y excesivo o un lavado violento antes de tener una dureza suficiente. Asimismo, se deberán prevenir daños mecánicos eventuales, como golpes violentos o cargas aplicadas que pudieran afectar su forma y resistencia.

El concreto se mantendrá húmedo cubriéndolo permanentemente con una capa de agua o un material aprobado por la Supervisión. El curado se

podrá hacer mediante un sistema de tubos perforados, por medio de rociadores o cualquier otro método aprobado por la Supervisión, que mantenga la humedad en forma permanente. El rociado superficial esporádico no será admitido.

La superficie de contacto entre el concreto nuevo y el concreto viejo o endurecido, será tratada con material adhesivo y/o expansivo según el caso, aprobado por la Supervisión o bien en otros casos, se podrá usar mortero de reparación o lechada y mortero cemento- arena o lechada y pasta; según indique y apruebe la Supervisión. En el caso del tratamiento de superficies con resinas epóxicas, la reparación estará a cargo de personal experto en esta clase de operaciones.

En las obras exteriores están claramente indicados cuáles son los procesos a rehabilitar; cercos, tapias, engramados, portones, alumbrado eléctrico de conjunto, ubicación de chorros o grifos para riego, sistema de aguas negras, agua potable y aguas lluvias.

Construir taludes, muros de retención, etc.

FORMA DE PAGO.

Se pagará de acuerdo a como este establecido en los ítems del Plan de Oferta.

SECCIÓN 5: ALBAÑILERÍA

5.1 ALCANCE DEL TRABAJO

En esta partida se incluyen todas las obras de albañilería a ejecutarse en la construcción. El contratista proveerá la mano de obra, transporte, materiales, herramientas, andamios, etc. para ejecutarlas en concordancia con los planes de oferta y especificaciones; y serán verificadas por la Supervisión, quien dará su aprobación. El Contratista deberá realizar todas las pruebas que garanticen la calidad de la obra.

5.2 PAREDES Y/O MUROS DE BLOQUES DE CONCRETO

El trabajo consiste en la elaboración de elementos como paredes, tapias, muros etc. con bloques de concreto.

MATERIALES.

Cemento Portland Arena

Agua

Bloque de concreto 10 x 20 x 40

Bloque de concreto 15 x 20 x 40

Bloque de concreto 20 x 20 x 40

Concreto simple (de acuerdo a lo especificado en la Sección 4-Concreto)

Acero de refuerzo (de acuerdo con las especificaciones para acero de refuerzo en la Sección 4: Concreto).

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.

Antes de efectuar el colado de los elementos sobre los que se levantarán las paredes de bloque, las varillas verticales de refuerzo deberán estar colocadas de tal forma que se mantenga la modulación horizontal del bloque.

El Contratista presentará a la Supervisión, para su aprobación, esquemas de taller donde se detalle la distribución de bloques y refuerzos, antes de proceder a la colocación de los refuerzos verticales.

Efectuado el colado de las soleras de fundación, sobre las que se apoyará la pared, se modularán las alturas, se ensayará cuidadosamente sin mezcla la primera hilada, luego se asentará completamente sobre un lecho de mortero, perfectamente alineada, nivelada y a plomo.

Se levantarán primero los extremos de cada tramo de pared, dejándolos bien nivelados, alineados y a plomo, completándose luego la porción central.

Los bastones horizontales de refuerzo de las paredes se colocarán en las hiladas correspondientes. Luego de colocados los bastones horizontales se procederá a limpiar adecuadamente las rebabas de mortero y a colar los huecos de los bloques correspondientes, los cuales se llenarán en toda la altura de la pared, por etapas y después de colocado el refuerzo horizontal inmediato superior.

Este colado se hará de tal forma que el concreto descienda con facilidad en toda su extensión. Inmediatamente después de su colocación el concreto será vibrado manualmente con una varilla de 3/8" de diámetro.

Entre bloque y bloque habrá siempre una capa de mortero que cubrirá las caras adyacentes, almas y patines. Las juntas (sisas), deberán quedar completamente llenas y su espesor no deberá ser menor de 7 mm ni mayor de 15 mm.

Las paredes quedarán (excepto donde se indique otro acabado) vistas, sin recubrimiento (repello y afinado) serán sisadas con una varilla de 3/8" y 60 centímetros de largo. Las sisas deberán quedar sin ondulaciones y en línea recta.

Las sisas verticales deberán quedar cuatropeadas, es decir que los bloques se traslaparán.

El mortero de las juntas se limpiará adecuada y periódicamente, a fin de remover todo el excedente de mortero para dejar una superficie limpia y perfilada.

En ningún caso se humedecerán los bloques antes de su colocación.

CONDICIONES.

Los bloques de concreto tendrán las dimensiones de acuerdo a los espesores de pared. Deberán presentar una resistencia neta a la ruptura por compresión de 90 kg/cm² y una absorción máxima del 13%. Los bloques serán sometidos a pruebas de laboratorio para su comprobación.

Las pruebas se harán seleccionando muestras de cada lote ingresado a la obra y cuando lo considere conveniente la supervisión debido a diferencias con las apariencias de los bloques aprobados (color, textura, tamaño, etc.) o por cambio de proveedor. Cuando por algún motivo se cambie de proveedor, el Contratista deberá notificar anticipadamente a la Supervisión para su respectiva autorización.

En la construcción de elementos con bloque no se permitirán bloques astillados o defectuosos o sin aristas bien definidas.

Las paredes y muros según se indica serán reforzados con acero vertical y horizontalmente. El traslado o manejo local de los bloques deberá hacerse con cuidado evitando lanzarlos contra el suelo o golpearlos entre sí. No se aceptará la colocación de bloques fracturados, agrietados o incompletos.

Al momento de ser colocados los bloques deberán estar limpios y libres de sustancias grasosas, orgánicas o de otros agentes que estropeen la perfecta

adhesión del mortero. No se podrán colocar bloques sin la aprobación de la supervisión, presentando una muestra y hoja técnica.

La proporción en volumen de mortero a usar es: 1- Cemento 3 1/2 arena, 1/4 de cal hidratada. Tamiz que debe pasar la arena: 1/4".

FORMA DE PAGO.

Se pagará de acuerdo a como este indicado en el Plan de Oferta.

5.3 TAPIAL PREFABRICADO

5.3.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista suministrará los materiales, mano de obra, equipo, transporte, y todos los servicios necesarios para ejecutar todos los trabajos referentes a la construcción del tapial prefabricado según se indican en los planos y especificaciones.

5.3.2 TAPIALES Y PAREDES PREFABRICADAS

Para este sistema se utilizan 2 tipos de elementos columnas y losetas de concreto, obteniéndose un material sismo resistente y de gran calidad estructural.

5.3.2.1 COLUMNAS

Podrán utilizarse de 1,2, 3 o 4 canales longitudinales, en función de ser Terminales “TIPO U”, Intermedias “TIPO H”, “TIPO E” o “TIPO CRUZ” y Esquineras “TIPO E”

Para la elaboración de la columna será reforzada con armadura de hierro grado 70

La longitud dependerá de la altura requerida según el plan de oferta.

CARACTERISTICAS DE COLUMNA.

DIMENSIONES		ALT. MAX DE PARED	PESO
CMS	H (MTS)	Kgs/ml	Lbs/ml
13X13	2.50	30.00	62.00
14/X14	3.50	34.00	75.00
15x15	3.30	43.00	95.00

Tabla No. A-2. Tipologías de columnas según altura máxima.

Fuente: especificaciones técnicas de referencia del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MINEDUCYT).

5.3.2.2 LOSETAS

Son placa de concreto reforzada con electromalla, se podrán fabricar en longitud según cuadro abajo, en casos especiales se podrán utilizar longitudes variables y anchos de 40 y 25 cms.

Para ser utilizados como mojinete o con huecos para ventilación se podrán fabricar losetas con medidas especiales.

CARACTERISTICAS DE LOSETAS.

DIMENSIONES			PESO	
A (Alto) Mt.	B (Largo) Mt.	D (Distancia entre ejes de columnas) Mt.	Kgs.	Lbs.
0.25	0.82	0.91	23.00	52.00
0.25	1.82	1.91	45.00	100.00
0.50	0.82	0.91	45.00	100.00
0.50	1.82	1.91	95.00	210.00
0.50	1.94	2.08	93.18	205.00
0.50	0.94	1.08	49.09	108.00

Tabla No. A-3. Dimensiones de losetas según el claro entre columnas.

Fuente: especificaciones técnicas de referencia del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MINEDUCYT).

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION

Para la Instalación de las columnas y losetas prefabricadas para formar las paredes de tapial, se deberá de efectuar de la manera siguiente:

- A. Limpieza y Nivelación del terreno
- B. Trazo y marcado de los lugares donde se colocarán las columnas
- C. Excavación de las fundaciones donde se colocarán las columnas.

D. Introducir la columna en el hueco tomando en cuenta que esté debidamente plomeada y a la distancia correcta; luego se instalaran las losetas y rellenara con concreto ciclópeo las fundaciones de las columnas

El procedimiento se repetirá hasta completar la obra.

TEXTURA

Sera de plancha lisa.

FORMA DE PAGO.

Los pagos serán hechos para los diferentes tipos de estructuras de concreto, según lo especifique el Plan de Oferta. Los precios deberán incluir todos los materiales, equipos, transporte y mano de obra necesarios para la fabricación, colocación, protección y curado de concreto, etc. así como para la colocación de la columna y losetas, según lo estipulado en estas especificaciones.

El valor del concreto de relleno de las columnas será incluido y pagado dentro de la partida de Tapial Prefabricado correspondiente.

Para efectos de pago solamente se estimará el material incorporado en la obra. No se realizarán pagos por materiales almacenados en la obra; a criterio de la Supervisión se podrán estimar pagos por material procesado previa aprobación del Contratante.

La Limpieza y Nivelación del terreno, Trazo y marcado de los lugares donde se colocarán las columnas y Excavación de las fundaciones donde se colocarán las columnas, se cobrarán dentro de la partida de Tapial Prefabricado correspondiente.

SECCIÓN 6: INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS

6.1 AGUAS LLUVIAS

6.1.1 TUBERÍAS DE PVC

6.1.1.1 TRABAJO INCLUIDO

Lo estipulado en esta partida se refiere al suministro e instalación de las tuberías y colector de aguas lluvias.

El Contratista suministrará los materiales, equipo, herramientas, transporte de estos al lugar de construcción, mano de obra, servicios y otros costos necesarios para la ejecución completa de las obras de albañilería y construcción o rehabilitación de edificaciones que se incluyan en esta sección.

6.1.1.2 TUBERÍAS ENTERRADAS, EXPUESTAS (BALL) Y AÉREAS

El suministro e instalación serán de PVC, en diámetros desde 4" hasta 8" al interior y enterradas en la zona de los edificios:

Enterradas y aéreas junta cementada en 125 psi (SDR 32.5), ASTM D-2241.

Los colectores exteriores o tuberías internas de caja a caja, el suministro e instalación en diámetros de 4" a 15" en adelante será de tubería plástica de pared exterior corrugada y la interior lisa, que cumpla la Norma ASTM F-949.

Los empaques para los tubos de pared exterior corrugada y la interior lisa cumplirán la ASTM F-477.

El cemento solvente para pegamento en PVC será fabricado bajo normas ASTM D-2564, y se aplicará según establece la ASTM D-2855.

6.1.1.3 ACCESORIOS

Los accesorios serán para drenaje sanitario en PVC, junta cementada, para la presión especificada en 125 PSI como mínimo, y cumplirán la norma ASTM D-3311 y/o D-2665. Pueden ser color gris o blancos.

Para tuberías doble pared, en caso de necesitarse accesorios, se admitirán accesorios fabricados hechos de tubería como mínimo 125 PSI.

Los accesorios serán utilizados en las tuberías aéreas. Bajo tierra las conexiones y cambios de dirección se harán en cajas y/o pozos.

6.1.1.4 SEÑALIZACIÓN

Las tuberías deben llevar viñeta. Estas viñetas se colocarán a cada 3.00 metros. Las viñetas deberán ser de vinil adhesivo, laminado y cortado, con la leyenda correspondiente.

Largo y ancho del texto para las medidas de ½" a 2", largo 0.15m y ancho 0.04m. para esos diámetros el largo de la flecha será 0.05m y el ancho 0.04m.

Largo y ancho del texto para las medidas de 3" en adelante, largo 0.15m y ancho 0.08m. para esos diámetros el largo de la flecha será 0.10m y el ancho 0.08m.

Se colocará en todas las tuberías aéreas, en el caso de ductos de inspección, debe colocarse las viñetas en esos puntos para visualizar el sistema al que pertenece.

6.2 EXCAVACIONES

El Contratista suministrará toda la mano de obra, materiales, herramientas, equipo y transporte necesarios para completar todos los procesos de excavaciones para los sistemas de tuberías.

Todas las excavaciones deberán efectuarse hasta los límites o indicados por el Supervisor. El material extraído de la zanja deberá ser adecuadamente depositado de manera de evitar pérdidas de éste; si esto sucediere, se deberá reponer el material.

Para las tuberías de agua potable, se recomienda un ancho mínimo de la excavación de 0.50 m. (para tuberías de $\varnothing 1/2"$ a $1 \frac{1}{2}"$), para tuberías de $\varnothing 2"$ a $4"$ será de 0.60 mts. y de $\varnothing 6"$ a $8"$ será de 0.70 m.

En cuanto a la profundidad de la excavación para el sistema de agua potable, se considerará como de 1.30 m. como máximo al menos que la Supervisión autorice otra. Para las tuberías de aguas negras y aguas lluvias, el ancho de las excavaciones será de acuerdo a la información proporcionada en la siguiente tabla. Se efectuarán sobre excavaciones cuando a juicio del Supervisor se hagan necesarias. Anchos mínimos de zanja para suelos estables. Para tuberías de aguas negras y aguas lluvias.

Diámetro nominal		Diámetro exterior Aproximado		Ancho de zanja
Mm	pulg	Mm	pulg	Metros
100	4	109.2	4.300	0.50
150	6	163.1	6.420	0.55
200	8	218.4	8.600	0.62
250	10	273.9	10.786	0.67
300	12	325.0	12.795	0.75
375	15	397.7	15.658	0.90
450	18	486.5	19.152	1.10
600	24	649.7	25.580	1.40
750	30	802.0	31.575	1.50

Tabla No. A-4. Ancho se zanjas según el diámetro de tubería.

Fuente: especificaciones técnicas de referencia del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MINEDUCYT).

El material producto de la excavación deberá colocarse a un costado de la zanja, a una distancia no menor que 60 cm del borde y la altura del montículo no mayor de 1.25 m, para evitar que la carga produzca derrumbes en la zanja. Como regla general, no deben excavar las zanjas con mucha anticipación a la colocación de la tubería.

FORMA DE PAGO.

Se pagará de acuerdo a como establezca el plan de oferta.

6.3 RELLENO COMPACTADO

El Contratista suministrará toda la mano de obra, materiales, herramientas, equipo y transporte necesarios para completar todos los procesos de compactaciones.

Este trabajo consiste en la utilización de los materiales provenientes de las excavaciones del sitio de trabajo y/o bancos de préstamo apropiado para el relleno compactado de las zanjas.

Se entenderá por materiales “no apropiados” los siguientes:

- A. Turba o suelos orgánicos, o susceptibles a putrefacción.
- B. Arcillas cuyo límite líquido exceda a 80% y/o índice plástico exceda al 55%.

- C. Este material deberá cumplir con las especificaciones y con la autorización de la Supervisión.
- D. Se utilizará relleno compactado constructivos para tuberías de aguas negras, lluvias y potable.
- E. La compactación se realizará en capas uniformes y sucesivas de espesor en estado suelto no mayor de 15 cms. en compactación a máquina.

FORMA DE PAGO.

Se pagará de acuerdo a como establezca el Plan de Oferta.

SECCIÓN 7: OBRAS EXTERIORES

7.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista suministrará la mano de obra, materiales, equipo, herramientas y todos los servicios necesarios para la construcción de todas las obras exteriores del edificio.

TRABAJO INCLUIDO.

Los materiales a emplear en rampas, aceras, canaletas de concreto, cercos de protección, tapias, muros, deberán cumplir con lo especificado en las Sección 4: Concreto Estructural y Sección 5: Albañilería.

FORMA DE PAGO.

Se pagará de acuerdo a como indique el Plan de Oferta, según la partida correspondiente.

7.2 RAMPAS

CONDICIONES

Siempre que sea posible en las construcciones nuevas, ampliaciones o remodelaciones y en cumplimiento a lo establecido en la Ley de Equiparación de Oportunidades para las Personas Discapacitadas y a las Normas Técnicas de Accesibilidad, se hará uso de rampas en las aceras, arriates y escaleras, de manera que a las personas con discapacidad se le facilite el acceso y uso de los servicios que presta el Centro Educativo.

Se construirán las rampas con las pendientes, materiales, espesores e indicaciones proporcionadas en el plan de oferta.

La sub-rasante se conformará a la misma pendiente de la acera.

El suelo bajo la sub-rasante, que se considere inadecuado, será sustituido con material selecto.

Las rampas se construirán en secciones alternas de 2.40 m de longitud, teniéndose cuidado de que los moldes sean rectos y normales entre sí; para la junta de dilatación se usará durapax, durapanel o similar con espesor de 3 a 4 mm y deberá dar suficiente tiempo para el curado de cada sección.

La capa de desgaste será mortero de 2 cm de espesor y se aplicará en una sola capa cuya superficie se conforme adecuada a la pendiente, se sisarán únicamente en el sentido transversal de manera que coincida con la junta en los colados sucesivos y tendrá 1/4" de ancho.

7.3 ACERAS

Se construirán las aceras con las pendientes, materiales, espesores e indicaciones dadas en los planos.

La subrasante se conformará a la misma pendiente de la acera.

El suelo bajo la subrasante, que se considere inadecuado, será sustituido con material selecto o con Suelo Cemento, según se indique en esquemas constructivos o Plan de Oferta.

La superficie de la acera, antes que empiece el fraguado, se tratará con una escoba dura o cepillo de pita, con el objeto de lograr una superficie antideslizante. Se tendrá especial cuidado que queden sin defectos de hundimientos, grietas, etc.

Las aceras se construirán en secciones alternas de 2.40 metros de longitud, teniéndose cuidado de que los moldes sean rectos y normales entre sí; para la junta de dilatación se usará cilatex, tablex, durapanel o similar con espesor de 3 a 4 mm y deberá dar suficiente tiempo para el curado de cada sección.

La capa de desgaste será mortero de 2 cm. de espesor y se aplicará en una sola capa cuya superficie se conforme adecuada a la pendiente, se sisarán únicamente en el sentido transversal de manera que coincida con la junta en los colados sucesivos y tendrá 1/4" de ancho.

Siempre que sea posible en las construcciones nuevas, ampliaciones o remodelaciones, y en cumplimiento a lo establecido en la Ley de Equiparación de Oportunidades para las Personas Discapacitadas y a las Normas Técnicas de Accesibilidad, se hará uso de rampas en las aceras, arriates y escaleras, de manera que a las personas con capacidades especiales se le facilite el acceso y uso de los servicios que presta el Centro Escolar.

7.4 CANALETA DE CONCRETO

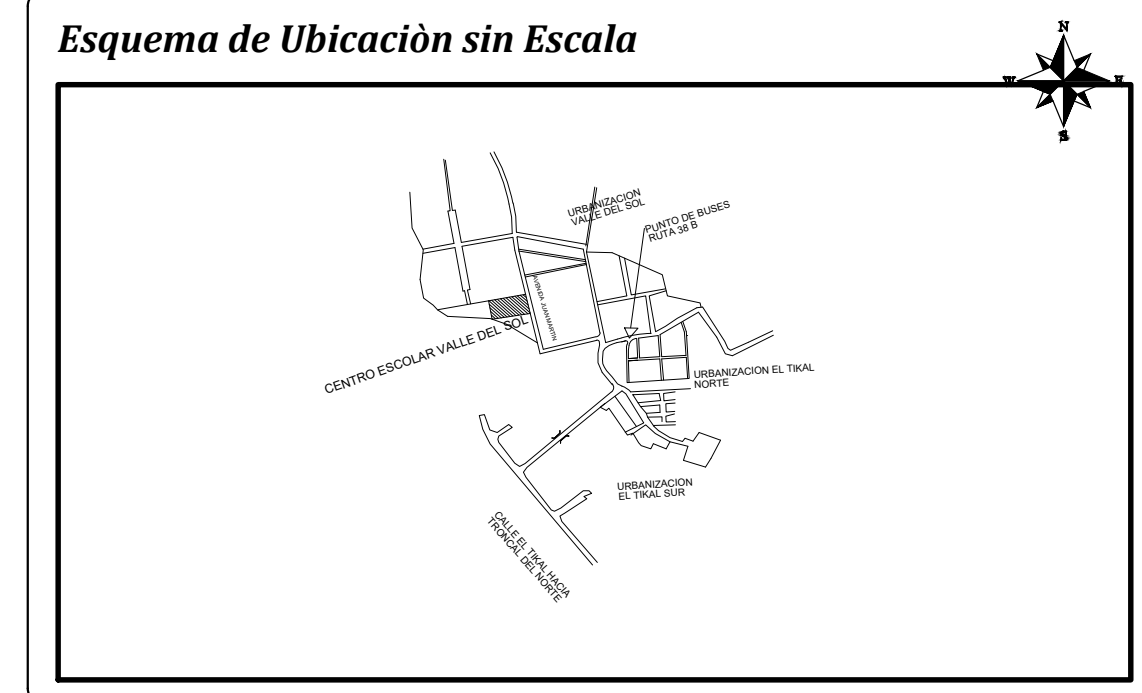
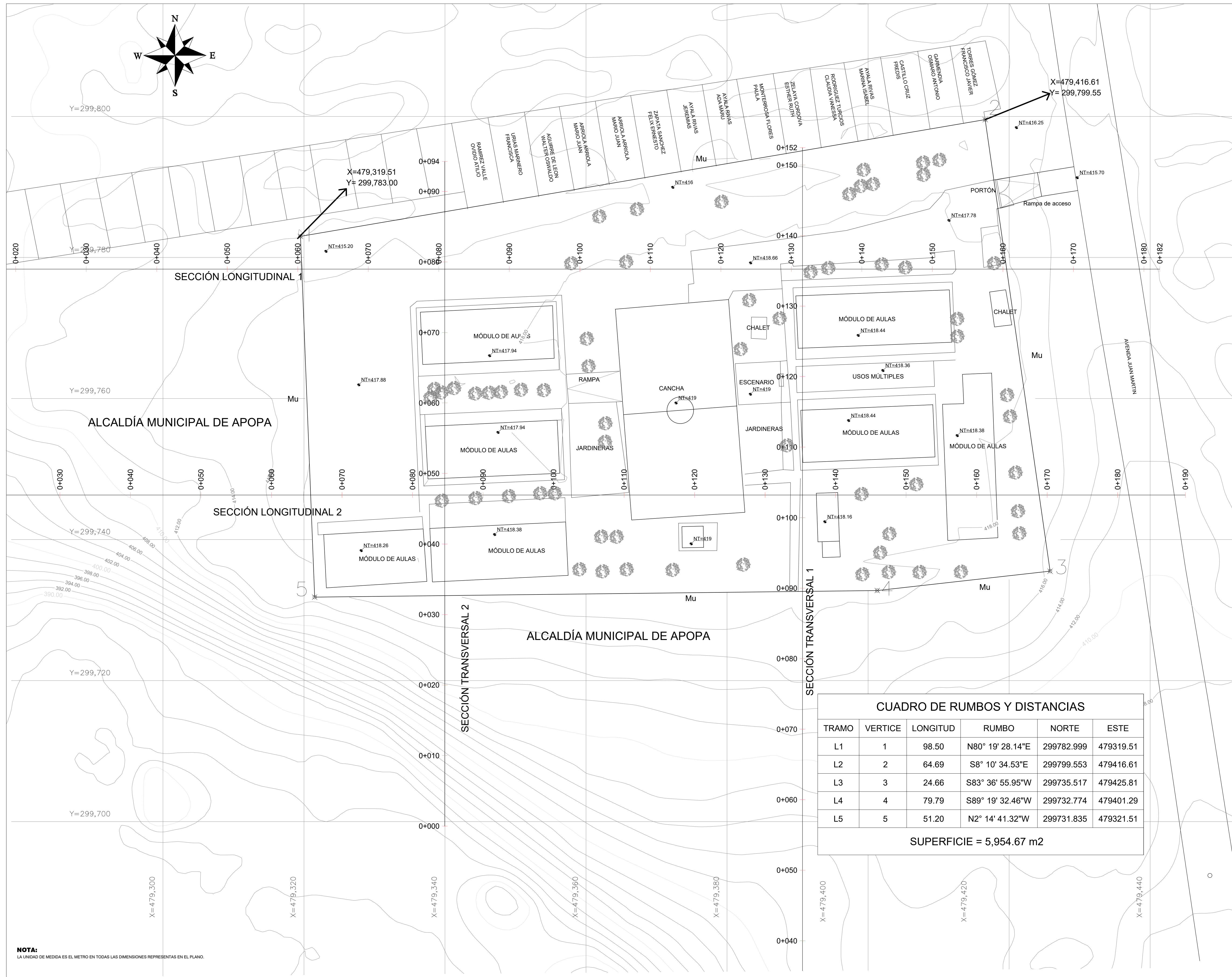
Toda canaleta de concreto se deberá construir en los lugares señalados y sobre los niveles establecidos en el esquema de conjunto, manteniendo las pendientes especificadas en los documentos y verificadas en el campo, se construirá con las dimensiones adecuadas al volumen del líquido que se desaloje, lo cual deberá ser comprobada por la Supervisión. Se deberá preparar la sub-base debidamente compactada con un espesor mínimo de 30 cm. Todas las canaletas serán de concreto de 1.0 m. ó 0.60 m. de ancho (indicado en los Planos) con espesor mínimo de 6 cm. Los colados para dicha estructura se harán en forma alterna cada 2 o 3 metros, a fin de que queden juntas secas a dicha distancia. El acabado final será de concreto visto, repellido y afinado con

llana metálica, la recolección de aguas lluvias será efectuada a través de las canaletas de aguas lluvias, las que según planos serán recolectadas por cajas recolectoras de aguas lluvias o cajas con filtro de grava y arena, según los detalles mostrados en planos, las cuales deberán funcionar para la recolección de las aguas lluvias.

Planos

En las siguientes páginas se encuentran los siguientes planos:

- A. Plano topográfico.
- B. Secciones longitudinales y transversales.
- C. Propuesta de intervención.
- D. Detalles constructivos generales.
- E. Modelo digital de elevaciones.
- F. Planta de distribución de techos.
- G. Red de drenaje de aguas lluvias.



CENTRO ESCOLAR: VALLE DEL SOL

CÓDIGO INFRAESTRUCTURA: 11327

UBICACIÓN:
URBANIZACIÓN VALLE DEL SOL, AVENIDA JUAN MARTÍN,
BLOCK D, NUMERO SIN, CENTRO ESCOLAR VALLE DEL
SOL APOPA, SAN SALVADOR OESTE, SAN SALVADOR

CONTENIDO:
PLANO TOPOGRÁFICO

PRESENTA:
CHRISTIAN ENRIQUE CAMPOS CRUZ
NOEL STANLEY JIMENEZ BONILLA
KARLA VERONICA PALACIOS SANTANA

PROPIETARIOS:
ALCALDÍA MUNICIPAL DE APOPA

ÁREA:
5,954.67 M2

VINCULACION CATASTRAL:
SECTOR: 0602U60
PARCELA: 2270
MATRICULA: 60136872-00000

ESCALA :
1:250

FECHA :

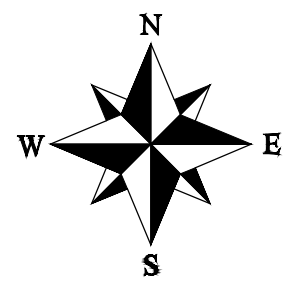
Cuadro de Sellos

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS

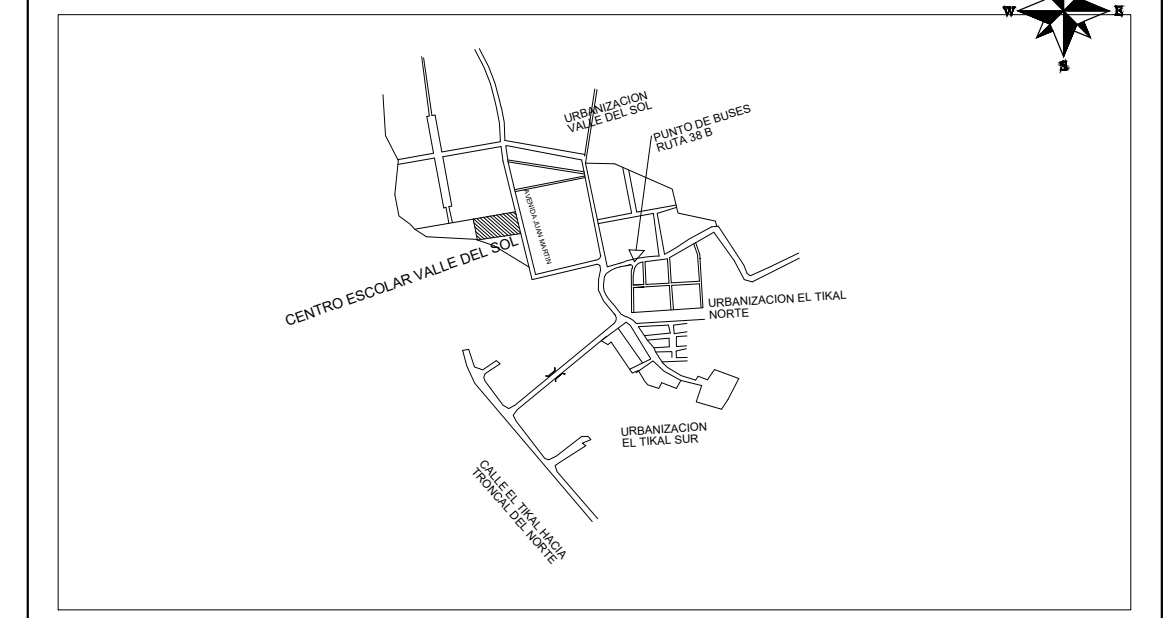
TRAMO	VERTICE	LONGITUD	RUMBO	NORTE	ESTE
L1	1	98.50	N80° 19' 28.14"E	299782.999	479319.51
L2	2	64.69	S8° 10' 34.53"E	299799.553	479416.61
L3	3	24.66	S83° 36' 55.95"W	299735.517	479425.81
L4	4	79.79	S89° 19' 32.46"W	299732.774	479401.29
L5	5	51.20	N2° 14' 41.32"W	299731.835	479321.51

SUPERFICIE = 5,954.67 m2

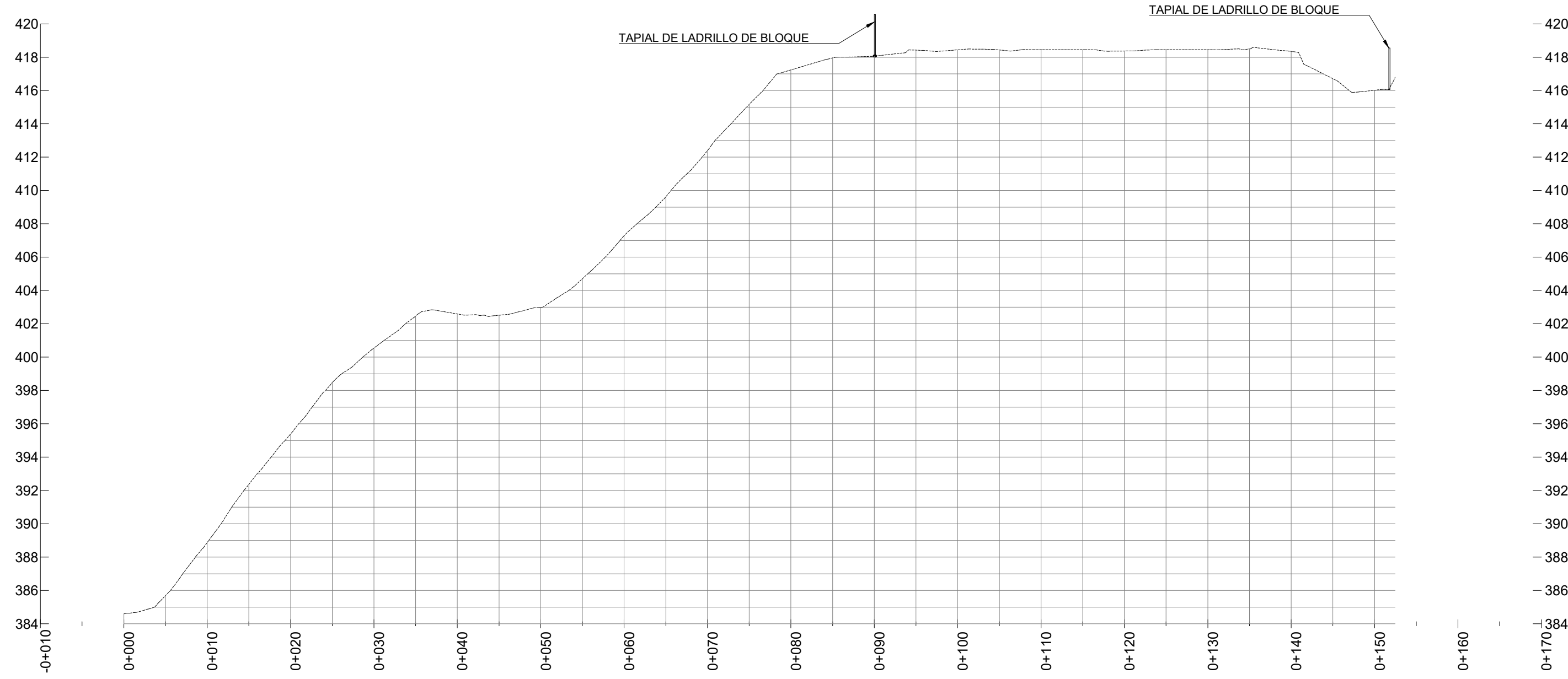
NOTA:
LA UNIDAD DE MEDIDA ES EL METRO EN TODAS LAS DIMENSIONES REPRESENTAS EN EL PLANO.



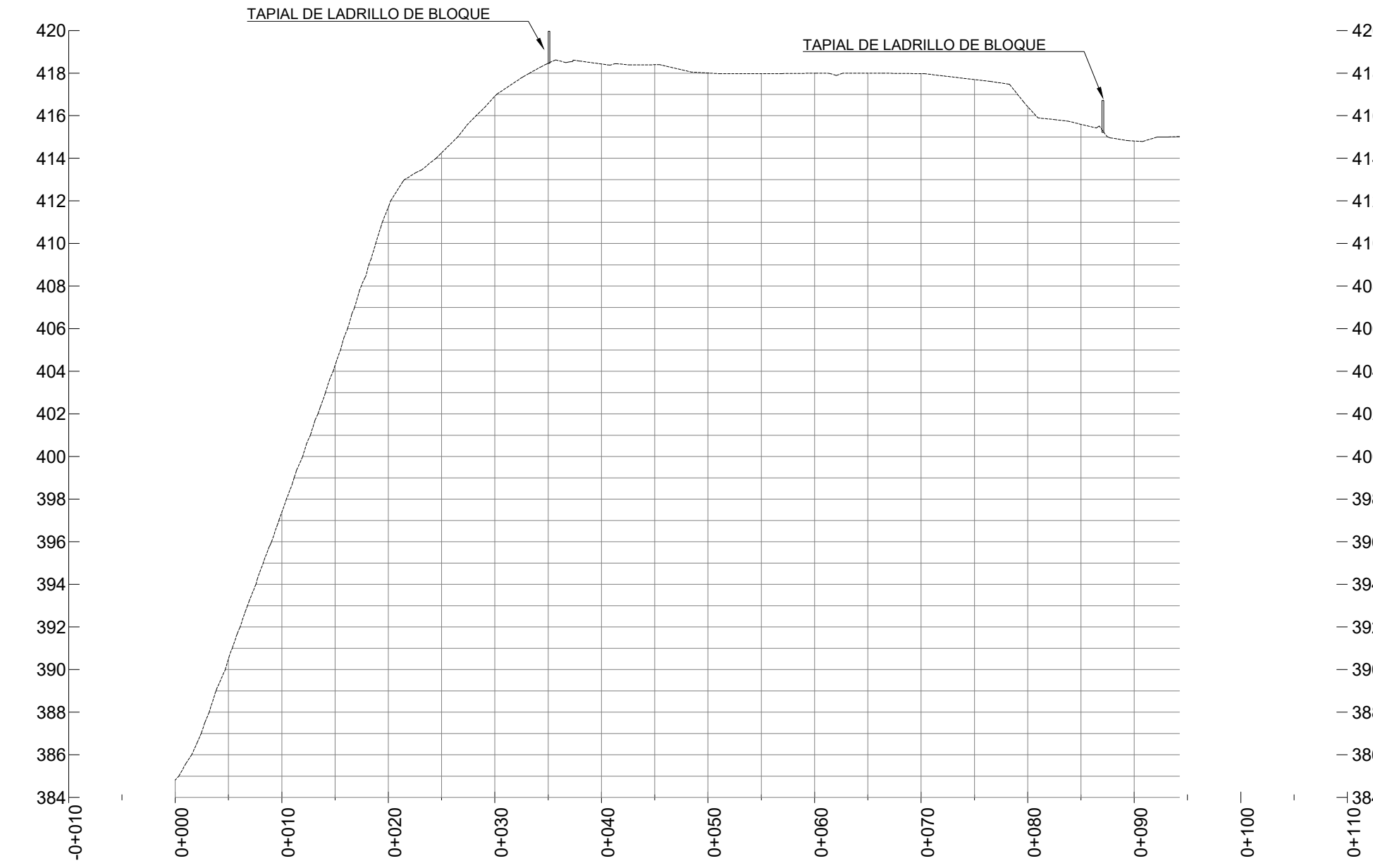
Esquema de Ubicación sin Escala



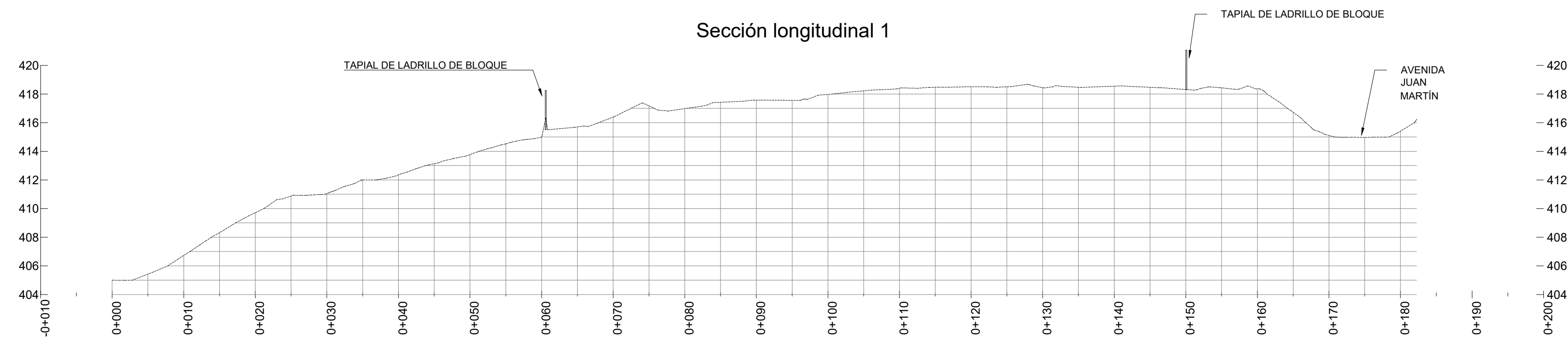
Sección transversal 1



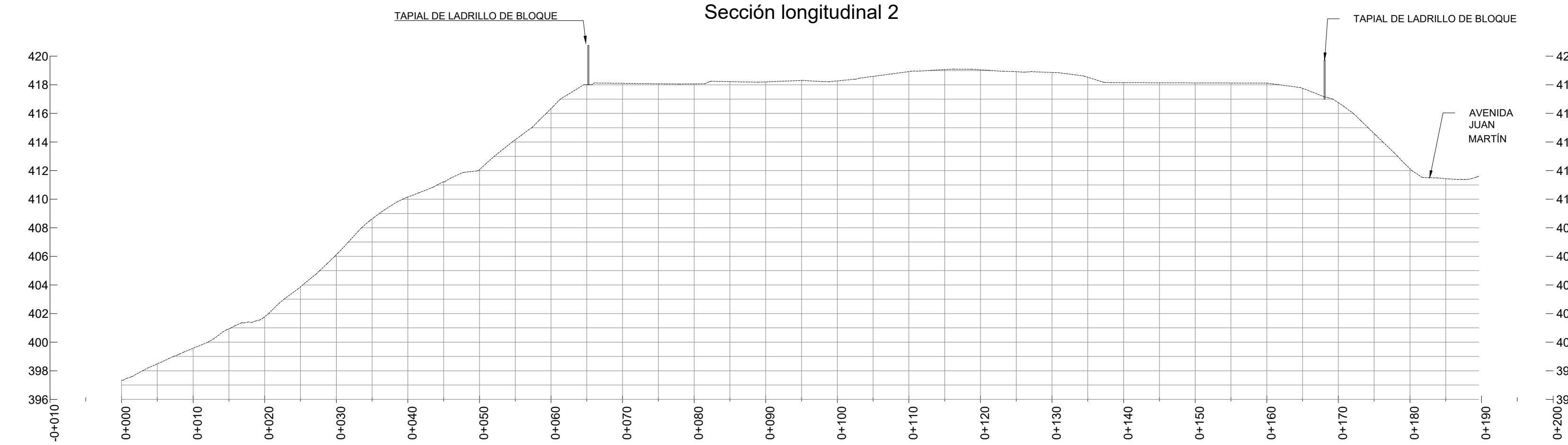
Sección transversal 2



Sección longitudinal 1



Sección longitudinal 2



CENTRO ESCOLAR: VALLE DEL SOL

CÓDIGO INFRAESTRUCTURA: 11327

UBICACIÓN:

URBANIZACIÓN VALLE DEL SOL, AVENIDA JUAN MARTÍN, BLOCK D, NUMERO S/N, CENTRO ESCOLAR VALLE DEL SOL APOPA, SAN SALVADOR OESTE, SAN SALVADOR

CONTENIDO:

SECCIONES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

PRESENTA:

CHRISTIAN ENRIQUE CAMPOS CRUZ

NOEL STANLEY JIMÉNEZ BONILLA

KARLA VERÓNICA PALACIOS SANTANA

PROPIETARIOS:

ALCALDÍA MUNICIPAL DE APOPA

ÁREA:

5,954.67 M2

VINCULACION CATASTRAL:

SECTOR: 0602U60

PARCELA: 2270

MATRICULA: 60136872-00000

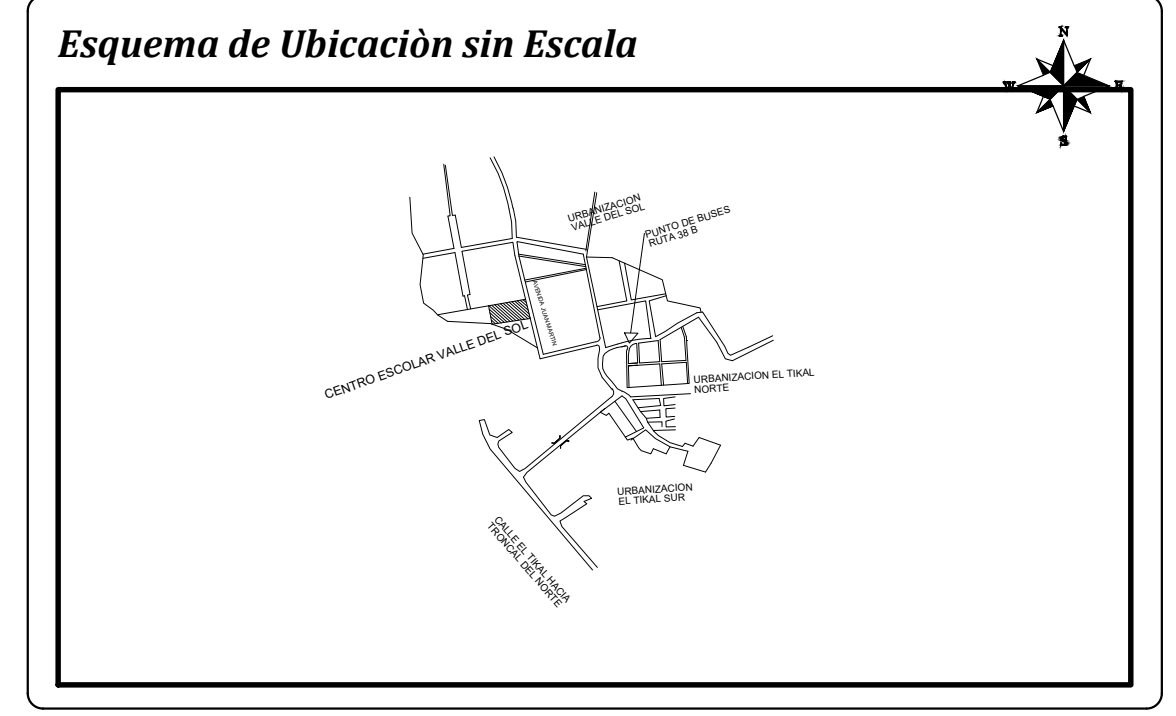
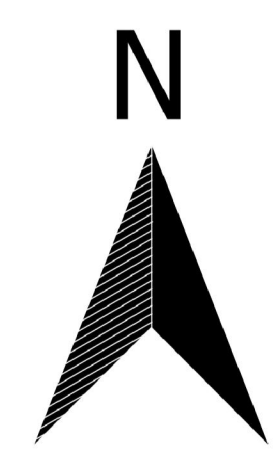
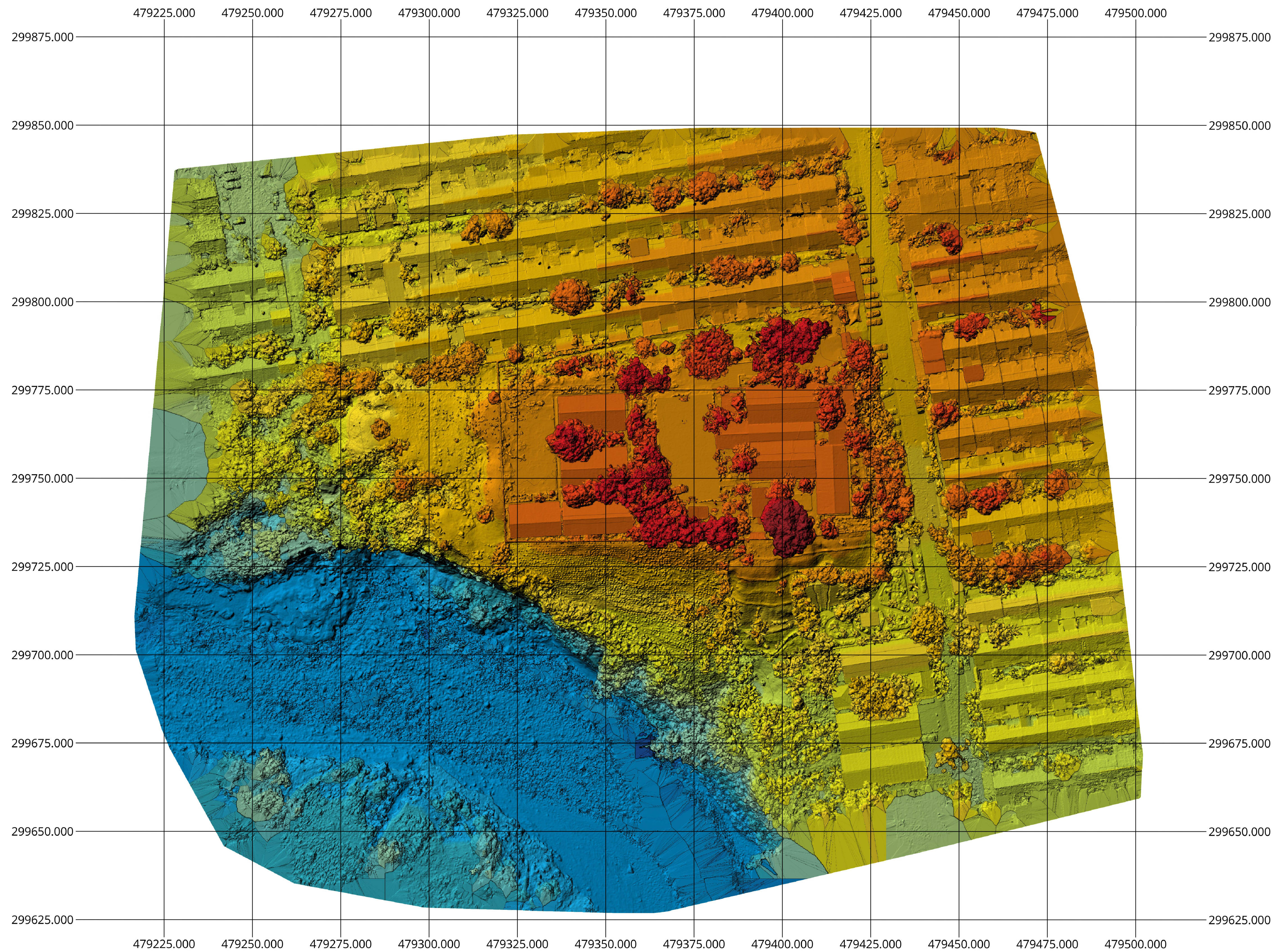
ESCALA:

1:500

FECHA:

NOVIEMBRE 2024

Cuadro de Sellos



CENTRO ESCOLAR: VALLE DEL SOL

CÓDIGO INFRAESTRUCTURA: 11327

UBICACIÓN:
 URBANIZACIÓN VALLE DEL SOL, AVENIDA JUAN MARTÍN,
 BLOCK D, NUMERO S/N, CENTRO ESCOLAR VALLE DEL
 SOL APOPA, SAN SALVADOR OESTE, SAN SALVADOR

CONTENIDO:
 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

PRESENTA: CHRISTIAN ENRIQUE CAMPOS CRUZ
 NOEL STANLEY JIMENEZ BONILLA
 KARLA VERONICA PALACIOS SANTANA

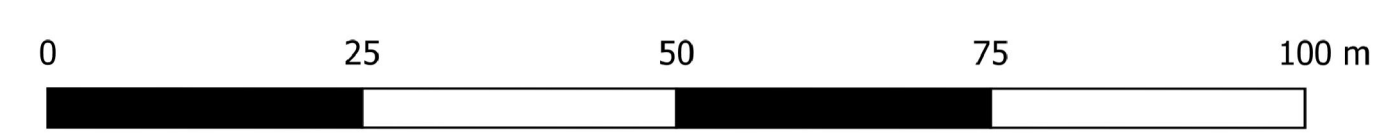
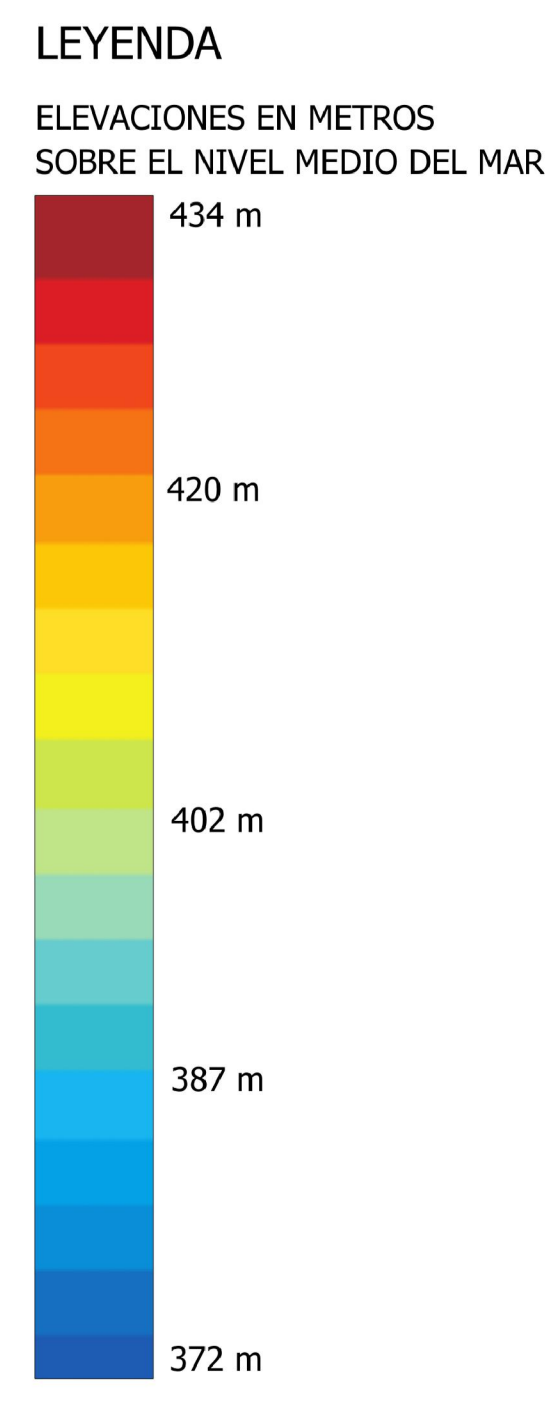
PROPIETARIOS: ALCALDÍA MUNICIPAL DE APOPA

ÁREA: 5,954.67 M2

VINCULACION CATASTRAL:
SECTOR: 0602U60
PARCELA: 2270
 MATRICULA: 60136872-00000

ESCALA: 1:600

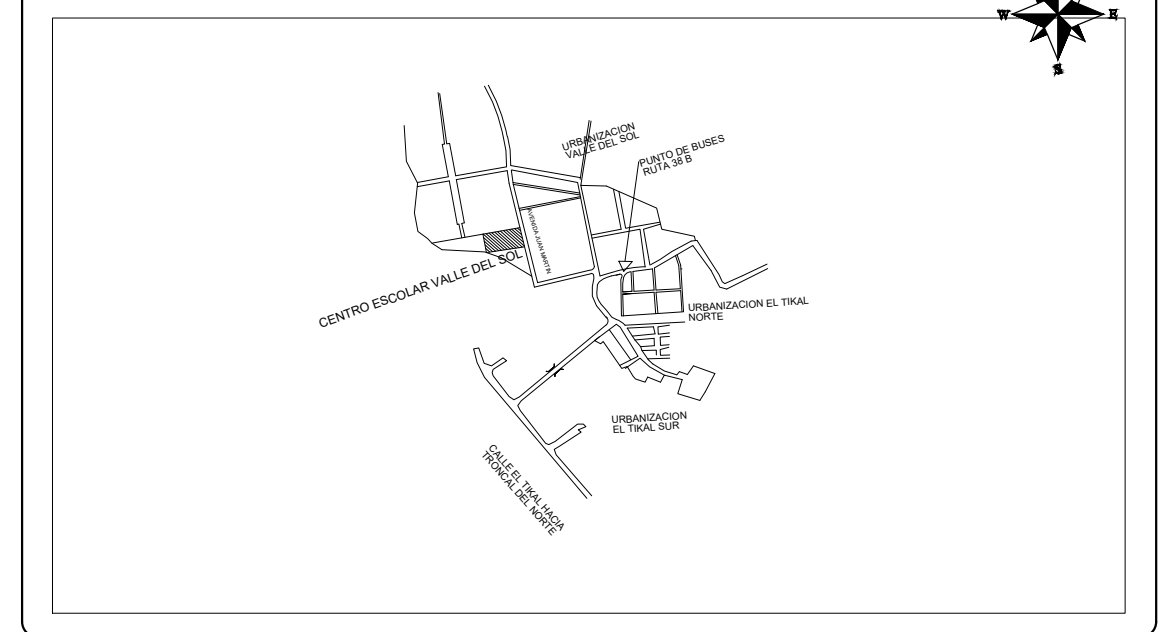
FECHA: NOVIEMBRE 2024



NOTA:
 LA UNIDAD DE MEDIDA ES EL METRO EN TODAS LAS DIMENSIONES REPRESENTAS EN EL PLANO.

Cuadro de Sellos

Esquema de Ubicación sin Escala



CENTRO ESCOLAR: VALLE DEL SOL

CÓDIGO INFRAESTRUCTURA: 11327

UBICACIÓN:

URBANIZACIÓN VALLE DEL SOL, AVENIDA JUAN MARTÍN, BLOCK D, NUMERO SIN, CENTRO ESCOLAR VALLE DEL SOL APOPA, SAN SALVADOR OESTE, SAN SALVADOR

CONTENIDO:

PLANTA DE TECHOS

PRESENTA:

CHRISTIAN ENRIQUE CAMPOS CRUZ
NOEL STANLEY JIMENEZ BONILLA
KARLA VERONICA PALACIOS SANTANA

PROPIETARIOS:

ALCALDÍA MUNICIPAL DE APOPA

ÁREA:

5,954.67 M2

VINCULACION CATASTRAL:

SECTOR : 0602U60
PARCELA : 2270
MATRICULA : 60136872-00000

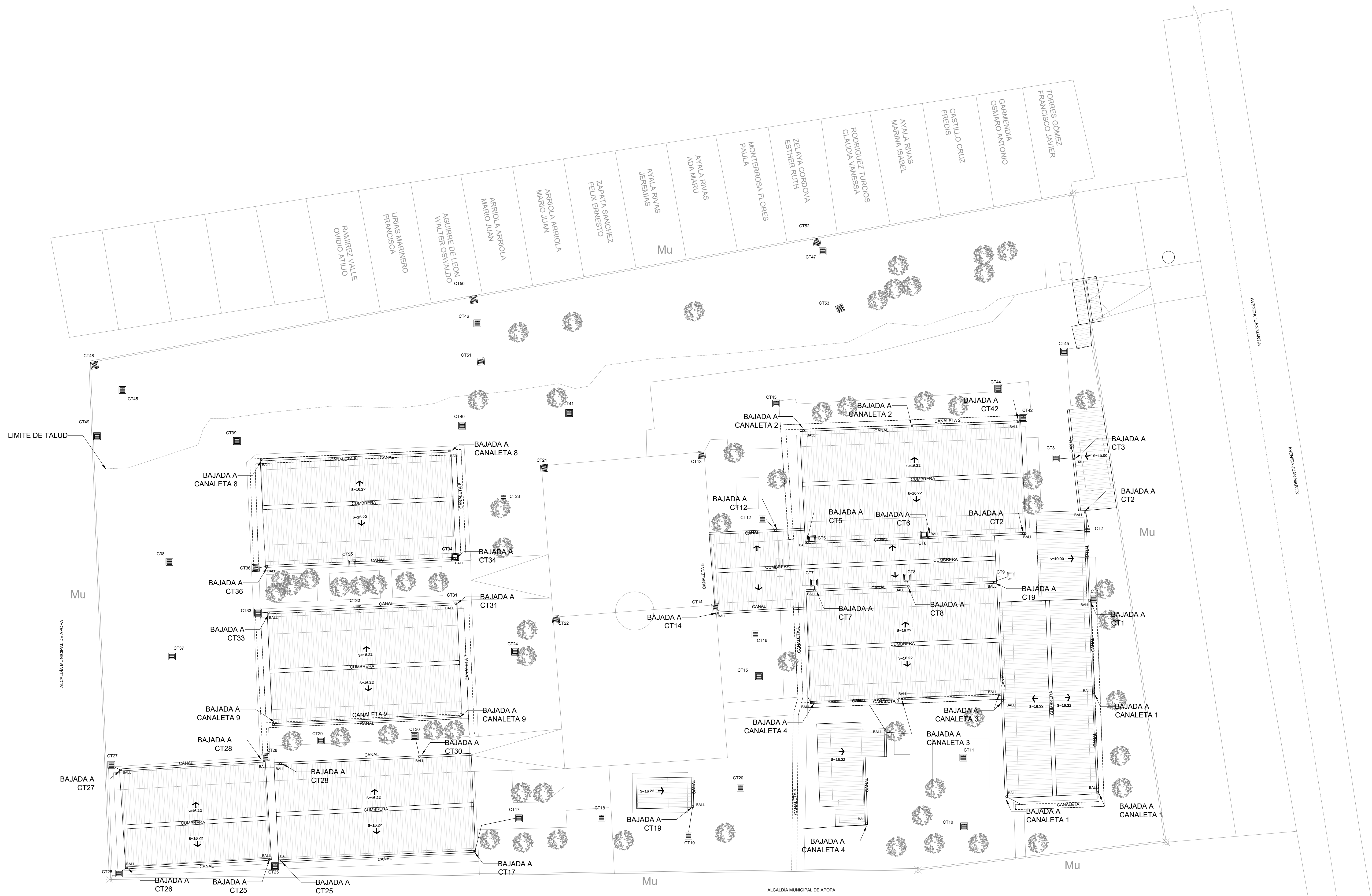
ESCALA :

1:200

FECHA :

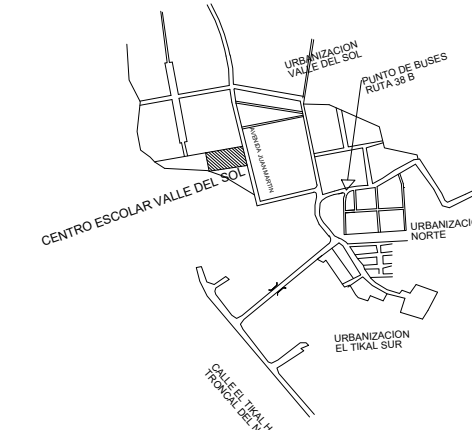
NOVIEMBRE 2024

Cuadro de Sellos



SIMBOLOGÍA	
CLAVE	DESCRIPCIÓN
	CAJA TRAGANTE CON REJILLA PARA AGUAS LUVIAS 0.50x0.50
	CAJA RESUMIDERO CON TAPADERA DE CONCRETO 0.50x0.50
	CANALETAS
	BAJADA DE AGUAS LUVIAS
	CANAL DE AGUA LUVIA

Esquema de Ubicación sin Escala



CENTRO ESCOLAR: VALLE DEL SOL

CÓDIGO INFRAESTRUCTURA: 11327

UBICACIÓN:

URBANIZACIÓN VALLE DEL SOL, AVENIDA JUAN MARTÍN, BLOCK D, NUMERO SIN, CENTRO ESCOLAR VALLE DEL SOL APOPA, SAN SALVADOR OESTE, SAN SALVADOR

CONTENIDO:

RED DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

PRESENTA:

CHRISTIAN ENRIQUE CAMPOS CRUZ

NOEL STANLEY JIMENEZ BONILLA

KARLA VERONICA PALACIOS SANTANA

PROPIETARIOS:

ALCALDÍA MUNICIPAL DE APOPA

ÁREA:

5,954.67 M2

VINCULACION CATASTRAL:

SECTOR: 0602U60

PARCELA: 2270

MATRICULA: 60136872-00000

ESCALA:

1:200

FECHA:

NOVIEMBRE 2024

Cuadro de Sellos



ALCALDÍA MUNICIPAL DE APOPA

SIMBOLOGÍA INSTALACIONES HIDRÁULICAS	
CLAVE	DESCRIPCIÓN
	CAJA TRAGANTE CON REJILLA PARA AGUAS LLUVIAS 0.50x0.50
	CAJA RESUMIDERO CON TAPADERA DE CONCRETO 0.50x0.50
	CISTERNA ALL
	CANALETA CON REJILLA
	TUBERIA DE PVC AGUAS LLUVIAS
	BAIADA DE AGUAS LLUVIAS
	SENTIDO DE FLUJO
	POZO DE ALL

NOMENCLATURA:
 NT: NIVEL DE TAPADERA
 NF: NIVEL DE FONDO
 CT: CAJA TRAGANTE

COLECTORES		
Colector	Longitud	Ø (pulg)
T1	6.25	6
T8	8.700	10
T9	9.780	10
T10	8.980	10
T6	10.540	6
T7	16.170	6
T2	7.280	12
T3	10.580	15
T4	6.28	4
T5	5.390	6
T11	7.65	4
T12	8.280	4
T13	6.660	4
T14	4.870	6
T15	14.95	6
T16	10.26	6
T17	14.71	6
T18	9.38	8
T19	9.3	8
T20	3.97	10
T21	9.65	4
T22	9.04	6
T23	8.06	12
T24	8.84	6
T25	13.2	15
T26	21.78	15
T27	10.12	15
T28	10.95	15
T29	14.85	15
T30	15.96	15

COLECTORES		
Colector	Longitud	Ø (pulg)
T31	10.07	18
T32	35.14	6
T33	34.23	6
T34	22.39	6
T35	3.63	4
T36	3.62	4
T37	1.26	4
T38	1.24	4
T39	4.12	4
T40	8.28	6
T41	3.71	6
T42	7.88	6
T43	0.74	6
T44	0.22	4
T45	0.43	4
T46	2.13	6
T47	7.43	6
T48	1.37	10
T49	2.17	4
T50	4.8	6
T51	6.8	6
T52	3.43	6
T53	3.78	8
T54	3.53	6
T55	3.61	4
T56	5.04	6
T57	1.98	4
T58	3.38	6
T59	0.84	4
T60	5.59	4
T61	16.3	18

NOTA:
 LA UNIDAD DE MEDIDA ES EL METRO EN TODAS LAS DIMENSIONES A EXCEPCIÓN DE LOS COLECTORES DE AGUAS LLUVIAS