

Reporte de levantamiento geodésico, fotogramétrico y LIDAR para la Iglesia de Tihosuco realizado en el año 2021 por el Instituto Geográfico y Catastral del Estado de Quintana Roo (IGECE)



Documento que describe a detalle el procedimiento seguido por el IGECE para el levantamiento fotogramétrico y LIDAR de la Iglesia de Tihosuco.

Chetumal, Quintana Roo; Febrero - Abril de 2021

Índice

1) Resumen ejecutivo	3
2) Importancia de un levantamiento fotogramétrico y LIDAR para la Iglesia de Tihosuco	4
3) Levantamiento fotogramétrico de la Iglesia de Tihosuco	6
3.1) Obtención de imágenes aéreas	15
3.2) Integración de control terrestre GNSS	19
3.3) Obtención de productos fotogramétricos	21
4) Levantamiento LIDAR del interior de la Iglesia de Tihosuco	25

1) Resumen ejecutivo

Se realiza un trabajo de levantamiento catastral con el más alto nivel de detalle fotogramétrico y LIDAR para la Iglesia del Niño de Jesús, Iglesia de Tihosuco en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. Este documento describe los procesos para la obtención de control terrestre geodésico de orden mm que es integrado a un levantamiento aerofotogramétrico con base en vehículo aéreo no tripulado (UAS). El resultado es una nube de puntos (~250 millones de puntos XYZ colorizados) con exactitud posicional centimétrica para el edificio de la Iglesia y su entorno urbano. Posteriormente, se describe el levantamiento LIDAR a través del empleo de una estación LIDAR terrestre con exactitud posicional milimétrica. El resultado es una nube de puntos (~32 millones de puntos colorizados) retratando con detalle el interior de la Iglesia. Se realiza una integración de nubes de puntos externos o fotogramétricas con la nube de puntos interna para conformar un modelo consolidado de la Iglesia de Tihosuco. Se realizaron diversos planos que permiten generar un resguardo digital tridimensional de grado centimétrico para tareas de reconstrucción, servir de base para elemento de valuación de bienes inmuebles y para su integración en el acervo catastral del Estado.

2) Importancia de un levantamiento fotogramétrico y LIDAR para la Iglesia de Tihosuco

La Iglesia de Tihosuco representa un símbolo de la Guerra de Castas en la zona centro del Estado de Quintana Roo. Esta Iglesia se encuentra en el municipio de Felipe Carrillo Puerto y forma parte de la Ruta de las Iglesias, uno de los recorridos turísticos más importantes en la región.

La Iglesia de Tihosuco fue remodelada recientemente a través de un proyecto realizado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), la Secretaría de Turismo (SEDETUR) del gobierno del Estado de Quintana Roo y con recursos del Fondo de Apoyo a Comunidades para Restauración de Monumentos y Bienes Artísticos de Propiedad Federal (FOREMOBA), de la Secretaría de Cultura del Gobierno de México. La restauración de la Iglesia de Tihosuco busca preservar el inmueble religioso que datan desde los siglos XVII y XVIII para diferentes localidades en la Península de Yucatán.

Una de las partes más distintivas de la Iglesia de Tihosuco, en antaño ex convento, es una parte colapsada de la parte posterior como resultado de un cañoneo en el año de 1847, en plena Guerra de Castas. Las fuerzas mayas cañonearon la Iglesia para expulsar a criollos atrincherados en este edificio religioso. El resultado se ha convertido en un símbolo de la resistencia de los mayas ante abusos por gobiernos Virreinato y mexicanos del siglo XIX. La Iglesia de Tihosuco es conocida también como el Templo del Niño Jesús. Forma parte de más de 30 construcciones históricas enclavadas en la zona maya y cuentan con el reconocimiento de la Zona de Monumentos Históricos a partir del año 2019.

La preservación digital de los monumentos y sitios con valor histórico es una actividad trascendental para conformar un archivo que permita la reconstrucción ante situaciones que modifiquen su estructura, como por ejemplo situaciones de desastres causados por terremotos o huracanes. Además, el entorno urbano de estos monumentos debe ser catastralmente abordado para fines de registro inmobiliario y para las tareas de valuación de bienes inmuebles.

El IGECE cuenta a la fecha con una infraestructura geotecnológica para realizar levantamientos fotogramétricos y LIDAR bajo especificaciones de alta exactitud posicional y métrica. Un levantamiento fotogramétrico favorece el registro detallado a nivel de pixels centimétricos no solo del exterior de la Iglesia de Tihosuco, también del entorno urbano y con ello contar con material de gran valor para tareas catastrales, de apoyo a obras de ingeniería, desarrollo e imagen urbana, entre otras. LA tecnología LIDAR permite la recreación interna de la Iglesia con mediciones del orden milimétrico. Ambos resultados conforman un modelo digital completo y que se pone a disposición de las entidades de la administración pública federal, estatal, municipal así como de la sociedad, para beneficio de la preservación y uso armónico de un inmueble de gran importancia como la Iglesia de Tihosuco.



Figura 1. Imagen que muestra la parte posterior del Templo del Niño Jesús colapsada. Fecha de la fotografía: 2 de febrero de 2021.

3) Levantamiento fotogramétrico de la Iglesia de Tihosuco

El primer paso fue la ubicación de control terrestre para dotar de una adecuada georreferencia de las fotografías aéreas. Para la realización de la medición geodésica se emplearon receptores GNSS de grado geodésico con exactitudes posicionales declaradas por el fabricante de nivel milimétrico. La siguiente figura muestra las especificaciones de los receptores empleados.

GRX2		ESPECIFICACIONES
Receptor GNSS de 226 canales		
Tracking Capability		
Number of Channels ¹	226 channels	
Tracked Signals		
GPS	L1 CA, L1/L2 P-code, L2C	
GLONASS	L1/L2 CA, L1/L2 P-code	
Galileo ²	E1	
SBAS	WAAS, EGNOS, MSAS, GSB	
Antenna	Integrated	
Positioning Accuracy³		
Static		
L1 + L2	H: 3mm + 0.5ppm V: 5mm + 0.5ppm	
L1 Only	H: 2mm + 0.5ppm V: 4mm + 1ppm	
Fast static (L1 + L2)	H: 3mm + 0.5ppm V: 5mm + 0.5ppm	
Kinematic L1 + L2	H: 10mm + 1ppm V: 15mm + 1ppm	
RTK (L1 + L2)	H: 10mm + 1ppm V: 15mm + 1ppm	
DGPS	< 0.3m	
User Interface		
Operation	Single-button operation for power, receiver reset, memory initialization	
Display panel	28 LED status indicators	
Voice navigation	Multi-lingual voice messages for receiver status information	
Data Management		
Memory	SD/SDHC card (FAT16/32 format)	
Update/output rate ⁴	1Hz, 5Hz, 10Hz, 20Hz (10Hz RTK Standard)	
Communication Ports	RS-232C (4,800 to 115,200bps)	
Wireless Communication		
Bluetooth ⁵ modem	V2.1 + EDR, Class 2, 115,200bps ⁶	
Digital UHF ⁷ modem ⁸	Internal, receiver (RX) and transmitter (TX), 410 to 470MHz	
OSMA/PSA modem ⁹	Internal	
Environmental		
Dust/Water Protection	IP67 (IEC 60529:2001) at closing of connector caps Protected against temporary immersion up to 1m (3.3ft) depth	
Shock	0.59k, 1000 pulse drop	
Operating Temperature		
GRX2 receiver	-40 to +60°C (-40 to +149°F)	
BOC70 battery	-20 to +60°C (-4 to +149°F)	
UHF/GSM modems	-20 to +55°C (-4 to +131°F)	
Storage Temperature	-40 to +70°C (-40 to +158°F)	
Humidity	100%, condensing	
Physical		
Enclosure	Magnesium alloy housing	
Size	Dia: 104 x H: 85mm (dia: 7.24 x H: 3.74 in.)	
Weight		
GRX2 receiver / BOC70 battery	1.0kg (2.20 lb.) / 156g (5.5 oz.)	
Power supply		
Standard battery (BOC70)	Detachable, Li-ion battery, 7.2V, 5240 mAh	
Operating time at 20°C (68°F)	>7.5 hours in static mode w/Bluetooth ⁵ connection	
Charger (DCSB)		
Recharging time	Approx. 4 hours at 25°C (77°F)	
Input voltage	100 to 240V AC (50/60Hz) ¹⁰	
External power	6.7 to 18V DC	

¹ Number of channels and tracked signals vary according to receiver configurations.
² Support for Galileo will be available via option file upgrade when the constellation is fully operational and ready for commercial use.
³ Accuracy depends on the number of satellites used, obstructions, satellite geometry (DOP), occupation time, multipath effects, atmospheric conditions, baseline length, survey procedure and data quality.
⁴ 1Hz standard. Higher rates available as options.
⁵ Internal "UHF modem" or "UHF+Cellular modem" available as factory options. Bluetooth⁵ Class 1 when connected to a Class 1 data collector.
⁶ Use with an appropriate AC power cable.

Bluetooth⁵ word mark and logo are registered trademarks owned by Bluetooth SIG, Inc. and any use of such marks by Topcon is under license.
 Other trademarks and trade names are those of their respective owners.
 Designs and specifications are subject to change without notice.
 Product colors in this brochure may vary slightly from those of the actual products owing to limitations of the printing process.

Figura 2. Especificaciones declaradas por el fabricante de los receptores GNSS empleados para realizar el control terrestre en este proyecto. Con método de posicionamiento estático, se pueden obtener mediciones hasta de 3mm + 0.5ppm en la horizontal empleando bandas L1 y L2.

A continuación se enlistan los puntos de referencia GPS obtenidos para dotar de control terrestre al levantamiento fotogramétrico.

Punto GPS Base Tihosuco:

X UTM: 356404.932

Y UTM: 2233797.412

Z UTM: 30.458

Ubicación del punto en el contexto de la zona	Vista de la ubicación física del punto medido
	

Punto GPS TH-1

X UTM: 356383.714

Y UTM: 2233786.941

Z UTM: 29.440

Ubicación del punto en el contexto de la zona	Vista de la ubicación física del punto medido
	

Punto GPS TH-2

X UTM: 356389.685

Y UTM: 2233865.640

Z UTM: 29.320

Ubicación del punto en el contexto de la zona	Vista de la ubicación física del punto medido
	

Punto GPS TH-3

X UTM: 356638.697

Y UTM: 2233844.73

Z UTM: 30.030

Ubicación del punto en el contexto de la zona	Vista de la ubicación física del punto medido
	

Punto GPS TH-4

X UTM: 356625.751

Y UTM: 2233766.635

Z UTM: 28.899

Ubicación del punto en el contexto de la zona	Vista de la ubicación física del punto medido
	

Punto GPS TH-5

X UTM: 356489.654

Y UTM: 2233779.016

Z UTM: 30.512

Ubicación del punto en el contexto de la zona	Vista de la ubicación física del punto medido
 <p>The image shows an aerial satellite view of a church complex. The text 'IGLESIA DEL SANTO NIÑO JESUS' is visible at the top. A red circle highlights a specific point on the ground, labeled 'TH-6', which is the location of the measurement point.</p>	 <p>The top photograph shows a ground-level view of the measurement point. A tripod with a red and white leveling staff is set up on a sidewalk next to a road. The background shows a blue sky with clouds and a stone wall. The bottom photograph shows the same setup from a different angle, showing a yellow wall in the background.</p>

Punto GPS TH-6

X UTM: 356409.222

Y UTM: 2233788.398

Z UTM: 30.839

Ubicación del punto en el contexto de la zona	Vista de la ubicación física del punto medido
	

Punto GPS TH-7

X UTM: 356410.995

Y UTM: 2233818.294

Z UTM: 30.852

Ubicación del punto en el contexto de la zona	Vista de la ubicación física del punto medido
	

En el anexo 1 se describe con detalle el procedimiento de levantamiento GPS así como los resultados del proceso de corrección diferencial para la obtención de coordenadas de ubicación cartográfica de grado centimétrico / milimétrico.

3.1) Obtención de imágenes aéreas

Se diseñó y ejecutó un plan de vuelo fotogramétrico con cobertura a la Iglesia de Tihosuco. La extensión territorial se procuró que fuera más allá de 70 metros a la redonda con la finalidad de tener un apropiado cubrimiento. El equipo empleado para la obtención de fotografías aéreas es de marca DJI y el modelo es Phantom 4 Pro V. 2.0. Las características de la cámara digital son las siguientes:

Sensor 1" CMOS
Effective pixels: 20M
Lens FOV 84° 8.8 mm/24 mm (35 mm format equivalent) f/2.8 - f/11 auto focus at 1 m - ∞
ISO Range Video:
100 - 3200 (Auto)
100 - 6400 (Manual)
Photo:
100 - 3200 (Auto)
100- 12800 (Manual)
Mechanical Shutter Speed 8 - 1/2000 s
Electronic Shutter Speed 8 - 1/8000 s
Image Size 3:2 Aspect Ratio: 5472 × 3648
4:3 Aspect Ratio: 4864 × 3648
16:9 Aspect Ratio: 5472 × 3078
PIV Image Size 4096×2160 (4096×2160 24/25/30/48/50p)
3840×2160 (3840×2160 24/25/30/48/50/60p)
2720×1530 (2720×1530 24/25/30/48/50/60p)
1920×1080 (1920×1080 24/25/30/48/50/60/120p)
1280×720 (1280×720 24/25/30/48/50/60/120p)
Still Photography Modes Single Shot
Burst Shooting: 3/5/7/10/14 frames
Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7 EV Bias
Interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
Video Recording Modes H.265
C4K:4096×2160 24/25/30p @100Mbps
4K:3840×2160 24/25/30p @100Mbps
2.7K:2720×1530 24/25/30p @65Mbps
2.7K:2720×1530 48/50/60p @80Mbps
FHD:1920×1080 24/25/30p @50Mbps
FHD:1920×1080 48/50/60p @65Mbps

FHD:1920×1080 120p @100Mbps
HD:1280×720 24/25/30p @25Mbps
HD:1280×720 48/50/60p @35Mbps
HD:1280×720 120p @60Mbps

H.264

C4K:4096×2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps
4K:3840×2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps
2.7K:2720×1530 24/25/30p @80Mbps
2.7K:2720×1530 48/50/60p @100Mbps
FHD:1920×1080 24/25/30p @60Mbps
FHD:1920×1080 48/50/60 @80Mbps
FHD:1920×1080 120p @100Mbps
HD:1280×720 24/25/30p @30Mbps
HD:1280×720 48/50/60p @45Mbps
HD:1280×720 120p @80Mbps

Max Video Bitrate 100 Mbps

Supported File Systems FAT32 (≤32 GB); exFAT (>32 GB)

Photo JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG

Video MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)

Supported SD Cards Micro SD

Max Capacity: 128GB

Write speed ≥15MB/s, Class 10 or UHS-1 rating required

Operating Temperature Range 32° to 104°F (0° to 40°C)

Estas características permiten la generación de ortoimágenes de grado catastral con una escala nominal de 1:1,000 o mayor dependiendo de la altura de vuelo y del control terrestre. La misión de mapeo fotogramétrica tuvo como características la siguiente:

- Sobreposición lateral y longitudinal de 70%
- Ángulo de toma de la cámara de 65°
- Altura de vuelo sobre el terreno de 60 metros
- Área de mapeo en bruto de 150 x 150 metros
- Tipo de recorrido en grilla y con recorrido final en perímetro

Se obtuvieron 462 fotografías aéreas a partir del empleo del vehículo aéreo no tripulado. Las imágenes se encuentran en formato JPG, con una resolución de 4864 x 3684 píxeles. Las fotografías tienen un modelo de color RGB estándar. El ISO empleado es de 100 y la velocidad de obturación es de 1/400. En el anexo 2 se encuentra el respectivo fotoíndice de las imágenes aéreas adquiridas. La figura que se muestra a continuación es un ejemplo de las fotografías obtenidas.



Figura 3. Ejemplo de una de las fotografías aéreas obtenidas con cobertura a la Iglesia de Tihosuco. Obsérvese el alto nivel de detalle; el tamaño del píxel en forma preliminar es de +/- 1.5 cm.

Las imágenes se adquirieron con alto grado de inclinación con la finalidad de contar con datos acerca de los laterales de las construcciones y generar una nube de puntos y modelo digital de superficie lo más detallado posible para reflejar gran parte de las características constructivas.



Figura 4. Ejemplo de una de las fotografías aéreas adquiridas para la zona de interés de la Iglesia de Tihosuco. Obsérvese el grado de inclinación empleado que permite retratar parte de los elementos laterales de las construcciones.

3.2) Integración de control terrestre GNSS

La alineación de las imágenes en forma inicial es el primer paso para conocer la aerotriangulación de las fotografías que permiten generar un continuo. El resultado es una nube de puntos inicial. El siguiente paso fue procesar las imágenes en gabinete. Se empleó un programa de cómputo fotogramétrico *open source*; el primer proceso fue generar la nube de puntos inicial con la mayor densidad posible de puntos de referencia. La siguiente figura muestra el resultado obtenido.



Figura 5. Más de medio millón de puntos conforman la nube de puntos inicial para la zona de mapeo. En la parte central se observa el casco de la Iglesia de Tihosuco.

Posteriormente, se integró el control terrestre considerando marcas ubicadas en el terreno. Se georreferenciaron las marcas empleando receptores GNSS. Los puntos de control tienen como propósito dotar de una adecuada métrica al modelo fotogramétrico bajo un modelo de

referencia geodésico y una proyección cartográfica estándar a nivel nacional. La imagen a continuación ilustra la ubicación del control terrestre.

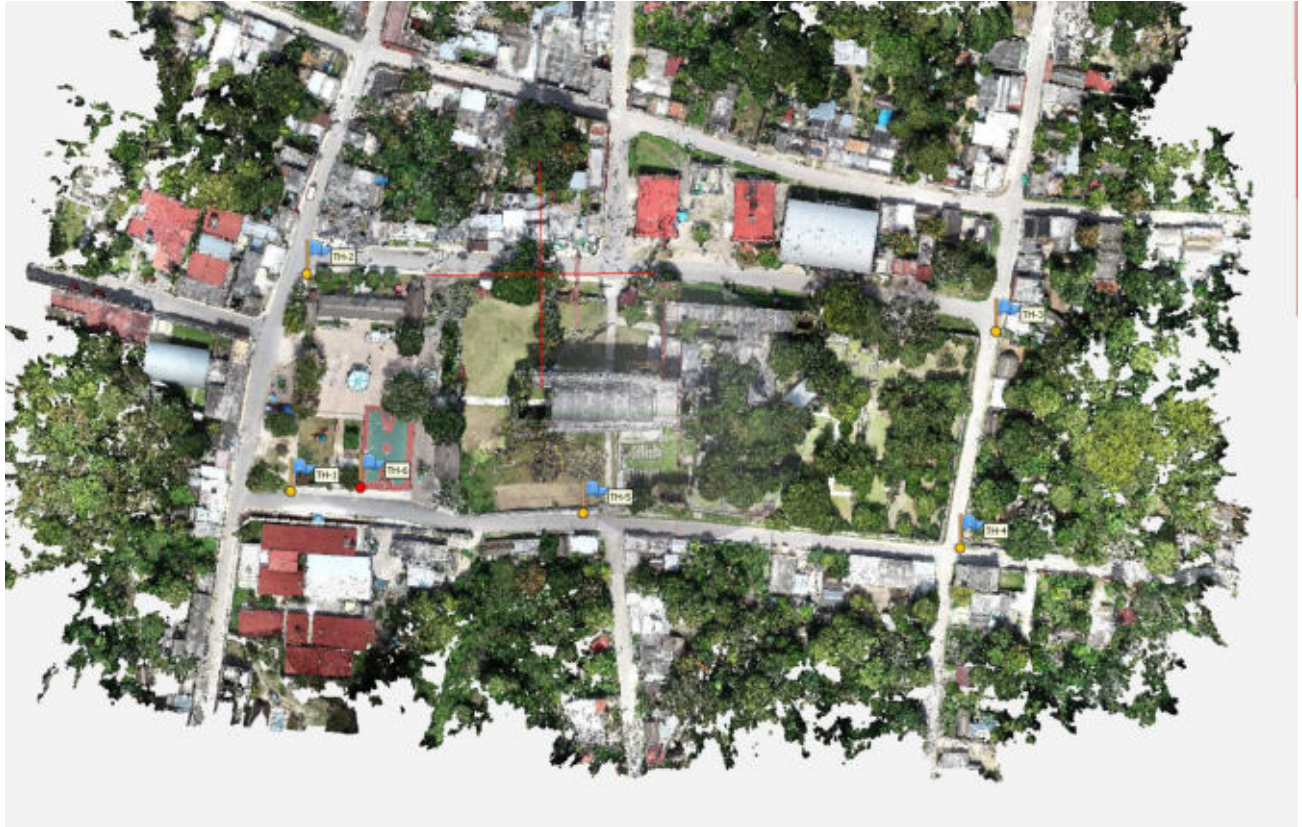


Figura 6. Imagen que muestra la ubicación de los puntos con control terrestre (banderas de color azul).

Fotogramétricamente, los resultados obtenidos respecto al error medio cuadrático para los puntos de control integrados en el modelo son los siguientes:

Markers	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
<input checked="" type="checkbox"/> TH-1	356383.714000	2233786.941000	29.440000	0.005000	0.024037	5	8.478
<input checked="" type="checkbox"/> TH-2	356389.685000	2233865.640000	29.320000	0.005000	0.010465	20	0.331
<input checked="" type="checkbox"/> TH-3	356638.697000	2233844.730000	30.030000	0.005000	0.007011	16	0.259
<input checked="" type="checkbox"/> TH-4	356625.751000	2233766.635000	28.899000	0.005000	0.004597	15	0.488
<input checked="" type="checkbox"/> TH-5	356489.654000	2233779.016000	30.512000	0.005000	0.003045	21	0.200
<input checked="" type="checkbox"/> TH-6	356409.222000	2233788.398000	30.839000	0.005000	0.015988	14	0.430
Total Error							
Control points					0.013054		2.015
Check points							

Figura 7. Resultado del proceso de cálculo de los puntos de control GPS empleados como control terrestre fotogramétrico. El error obtenido es de +/-1.3cm.

3.3) Obtención de productos fotogramétricos

El siguiente paso es la densificación de la nube de puntos. Se empleó como parámetro una calidad alta para lograr altos niveles de detalle en el resultado. Como resultado se tiene una nube de punto conformada por 254 millones de puntos. .



Figura 8. Nube de puntos densa sobre la zona de interés. Obsérvese el grado de densidad y cubrimiento con respecto a la zona circundante a la Iglesia de Tihosuco.



Figura 9. Acercamiento a la nube de puntos densa sobre la lateral orientada al sur de la Iglesia de Tihosuco.

Posteriormente se genera el modelo digital de superficie para soportar el proceso de ortocorrección.

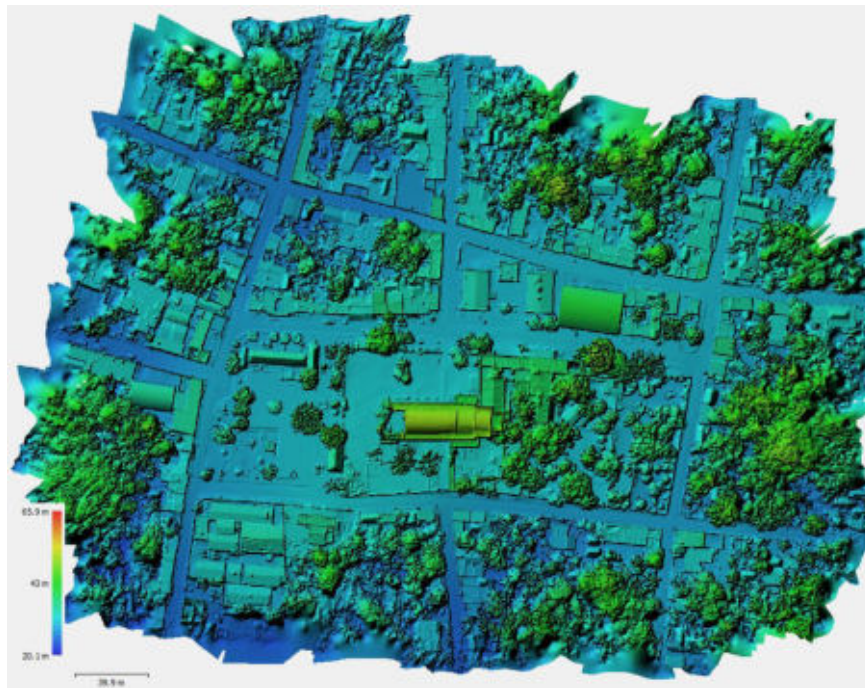


Figura 10. Modelo digital de elevaciones correspondiente a la zona de trabajo. Obsérvese el alto nivel de detalle del modelo al retratar las altitudes de objetos tales como edificaciones, vegetación, banquetas, entre otros.

Un acercamiento del modelo digital de superficie a la Iglesia de Tihosuco se muestra en la siguiente figura.

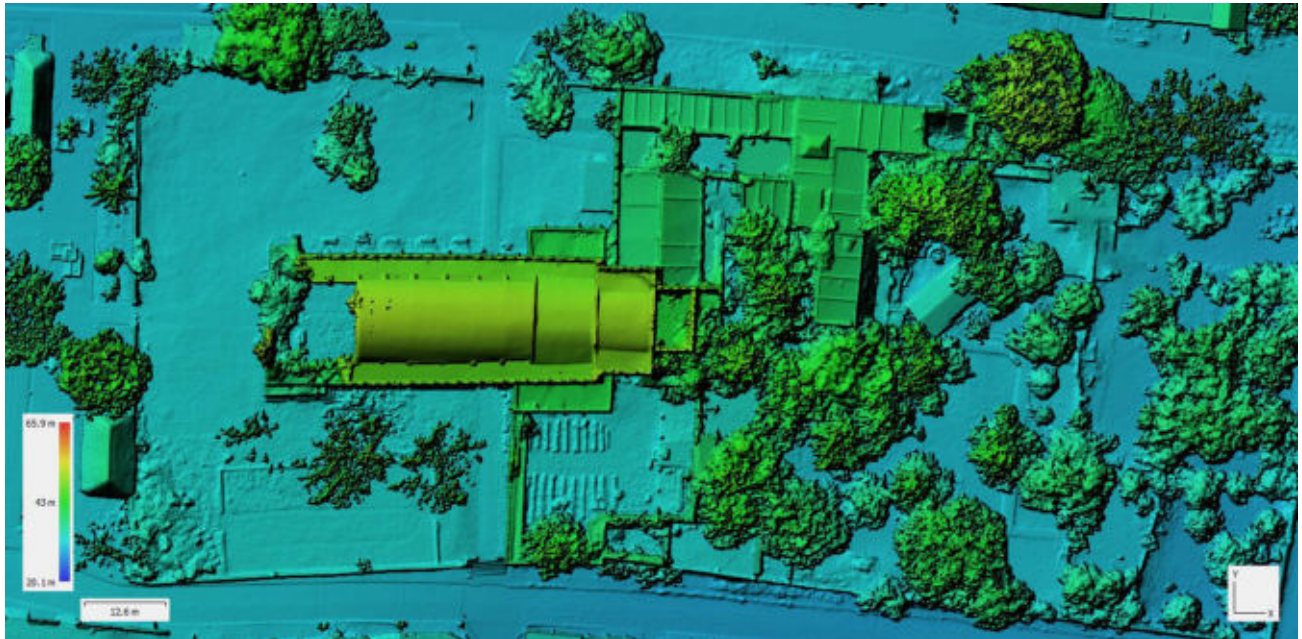


Figura 11. Modelo digital de superficie con cubrimiento a la manzana en que se ubica la Iglesia de Tihosuco.

Resultado del proceso fotogramétrico se tiene la respectiva ortoimagen. 300 x 140 metros es el área resultante de la ortoimagen a un alto nivel de detalle. El tamaño de pixel resultante es de 1.5cm. El sistema de referencia geodésico empleado es WGS84 y la proyección cartográfica es Universal Transversa de Mercator (UTM) zona 16 norte.

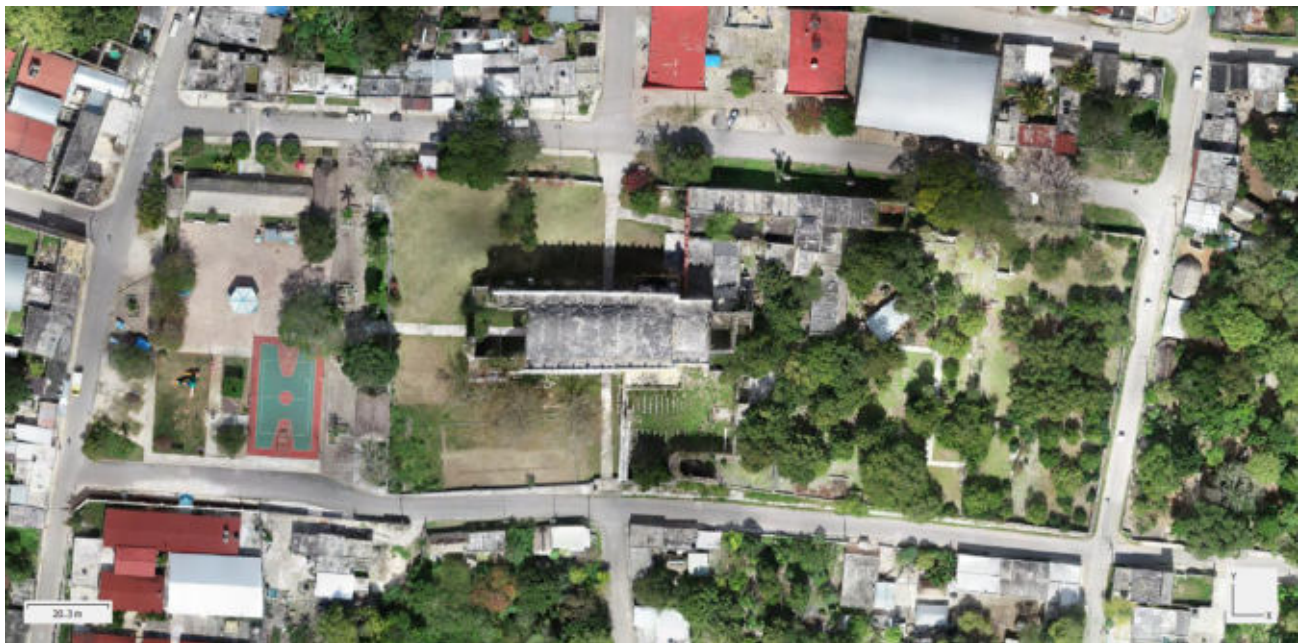


Figura 12. Ortoimagen resultante con cobertura a la manzana en que se ubica la Iglesia de Tihosuco.

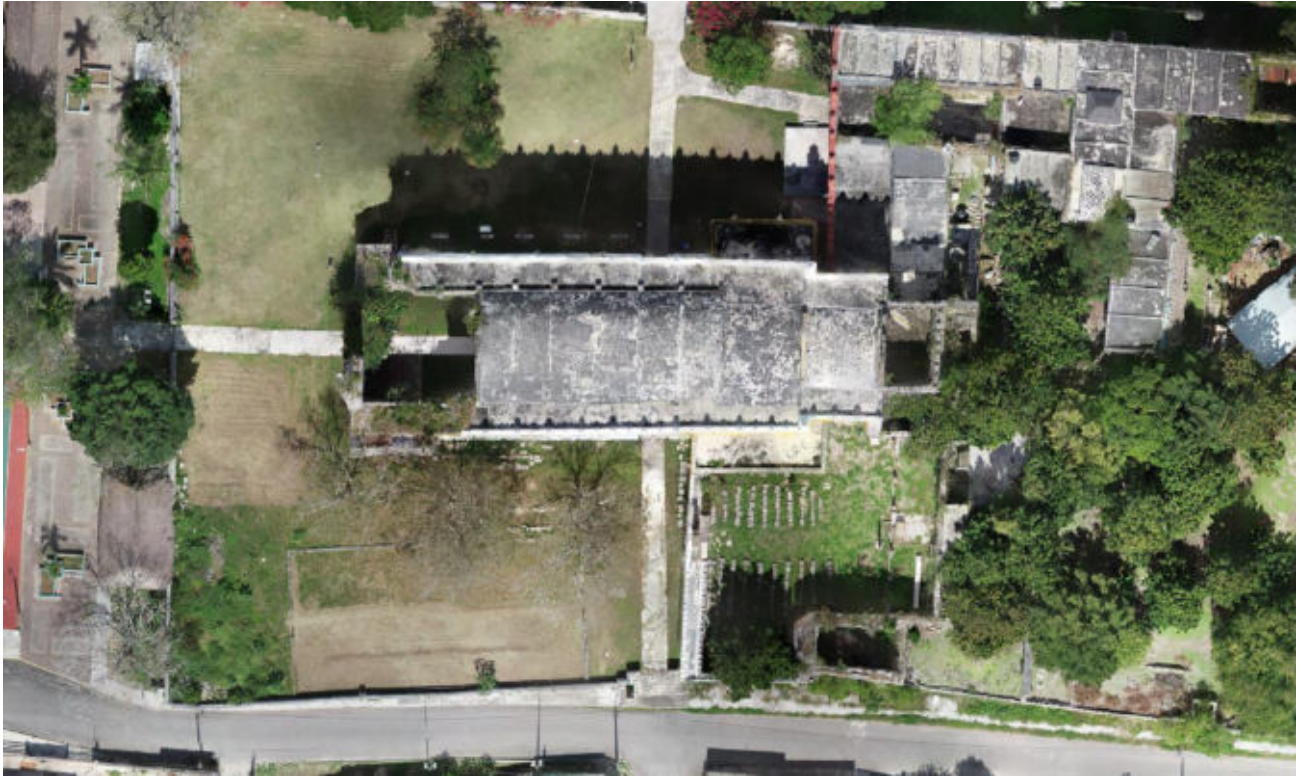


Figura 13. Acercamiento a la ortoimagen resultante. Nótese el alto nivel de detalle, en el que se aprecia La Iglesia de Tihosuco. La resolución centimétrica de la ortoimagen permite fotoidentificar y fotointerpretar una gama alta de clases y detalles constructivas.

En el sitio:

[http://catastro.sefiplan.groo.gob.mx:8080/geoserver/Felipe Carrillo Puerto 002/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=Felipe Carrillo Puerto 002%3A20201020_IGECE_Ortofoto_FCP_Tihosuco_Iglesia_EPSG_4326_V01&bbox=356324.1475851902%2C2233733.2971444926%2C356680.9075851707%2C2233994.9121448616&width=768&height=563&srs=EPSG%3A32616&format=application/openlayers](http://catastro.sefiplan.groo.gob.mx:8080/geoserver/Felipe_Carrillo_Puerto_002/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=Felipe_Carrillo_Puerto_002%3A20201020_IGECE_Ortofoto_FCP_Tihosuco_Iglesia_EPSG_4326_V01&bbox=356324.1475851902%2C2233733.2971444926%2C356680.9075851707%2C2233994.9121448616&width=768&height=563&srs=EPSG%3A32616&format=application/openlayers)

se encuentra el acceso Web Map Service (WMS) a la ortoimagen obtenida de la Iglesia de Tihosuco.

En el anexo 3 se encuentran una serie de planos que muestran con detalle los resultados obtenidos.

4) Levantamiento LIDAR del interior de la Iglesia de Tihosuco

Para la realización del levantamiento LIDAR se empleó una estación LIDAR terrestre de la marca Trimble, modelo SX10. Las especificaciones técnicas del fabricante son las siguientes:

SURVEY PERFORMANCE		
ANGLE MEASUREMENT		
Sensor type		Absolute encoder with diametrical reading
Angle measurement accuracy ¹		1" (0.3 mgon)
Angle display (least count)		0.1" (0.01 mgon)
AUTOMATIC LEVEL COMPENSATOR		
Type		Centered dual-axis
Accuracy		0.5" (0.15 mgon)
Range		±5.4" (±100 mgon)
Electronic 2-axis level, with a resolution of		0.3" (0.1 mgon)
Circular level in tribrach		8/2 mm
DISTANCE MEASUREMENT		
Accuracy		
Prism mode	Standard ²	1 mm + 1.5 ppm
	Tracking ^{2, 3}	2 mm + 1.5 ppm
DR mode	Standard ²	2 mm + 1.5 ppm
Measuring time		
Prism mode	Standard	1.6 s
DR mode	Standard	1.2 s
Range		
Prism mode ⁴	1 prism	1 m – 5,500 m
DR mode	Kodak White Card (Catalog number E1527795)	1 m – 800 m
	Kodak Grey Card (Catalog number E1527795)	1 m – 450 m
Autolock and Robotic Range		
	Autolock range - traverse 50 mm ⁵	1 m – 800 m
	Autolock range - 360 prism	1 m – 300 m ⁶ / 700 m ⁶
	Angle accuracy ⁷	1"
SCANNING PERFORMANCE		
GENERAL SCANNING SPECIFICATIONS		
Scanning principle		Band scanning using rotating prism in telescope
Measurement rate		26.6 kHz
Point spacing		6.25 mm, 12.5 mm, 25 mm or 50 mm @ 50 m
Field-of-view		360° x 300°
Coarse scan: full dome - 360° x 300° (horizontal angle x vertical angle) Density: 1 mrad, 50 mm spacing @ 50 m		Scan time: 12 minutes
Standard scan: area scan - 90° x 45° (horizontal angle x vertical angle) Density: 0.5 mrad, 25 mm spacing @ 50 m		Scan time: 6 minutes
RANGE MEASUREMENT		
Range principle		Ultra-high speed time-of-flight powered by Trimble Lightning technology
Range		
	Kodak White Card (Catalog number E1527795)	0.9 m – 600 m
	Kodak Gray Card (Catalog number E1527795)	0.9 m – 350 m
Range noise		
	@ 50 m on 18–90% reflectivity	1.5 mm
	@ 120 m on 18–90% reflectivity	1.5 mm
	@ 200m on 18-90% reflectivity	1.5mm
	@ 300m on 18-90% reflectivity	2.5mm
Scanning Accuracy		
	Scanning Angular Accuracy	5" (1.5mgon)
	3D position Accuracy @ 100m ⁸	2.5mm

Figura 14. El error obtenido en la generación de nubes de puntos es del orden de 1.5mm a una distancia de 120 metros. Esta es la exactitud de referencia para el escaneo del interior de la Iglesia de Tihosuco.

La estación LIDAR se colocó en dos posiciones al interior de la Iglesia con la finalidad de tener el mayor nivel de detalle a lo largo del interior. La calidad de la medición de puntos LIDAR se definió como media y se emplearon procesos de captura de imágenes a color para brindar sobre la nube de puntos una colorimetría RGB.



Figura 15. Vista de la ubicación de la estación terrestre LIDAR al interior de la Iglesia de Tihosuco.

Posterior a la adquisición de puntos LIDAR, el proceso aplicado consistió en la integración de los diferentes puntos de levantamiento y procesamiento de los datos para la adquisición de color en cada una de las mediciones. Resultado de este proceso se tiene lo siguiente.



Figura 16. Vista del levantamiento LIDAR en la parte de la sección ubicada al este, lugar que es característico de este monumento por el derrumbe de la pared.

La nube de puntos coloreada cuenta con un alto grado de precisión. Los detalles que confirman retablos, estructuras de soporte, elementos religiosos como efigies y demás, están precisamente preservados en archivos digitales. La figura que se muestra a continuación es un ejemplo de los resultados obtenidos.



Figura 17. Acercamiento a una de las capillas al interior de la Iglesia de Tihosuco, en la parte izquierda.

En el anexo 3 se encuentran una serie de planos que muestran con detalle los resultados obtenidos.

Las nubes de puntos externas e interna se encuentran en diferentes sistemas de referencia. Para crear un modelo tridimensional integrado se procedió a correlacionar la nube de puntos de la Iglesia obtenido con LIDAR terrestre con el modelo de nube de puntos fotogramétrico.



Figura 18. imagen que muestra parte del proceso seguido. Observe como las dos nubes de puntos deben de ser correlacionadas espacialmente. La nube de puntos a la derecha corresponde al interior de la Iglesia de Tihosuco y a la izquierda la Iglesia georreferenciada con control terrestre GNSS.

Resultado de procesos de alineación de la nube de puntos externa e interna se obtiene el siguiente resultado.

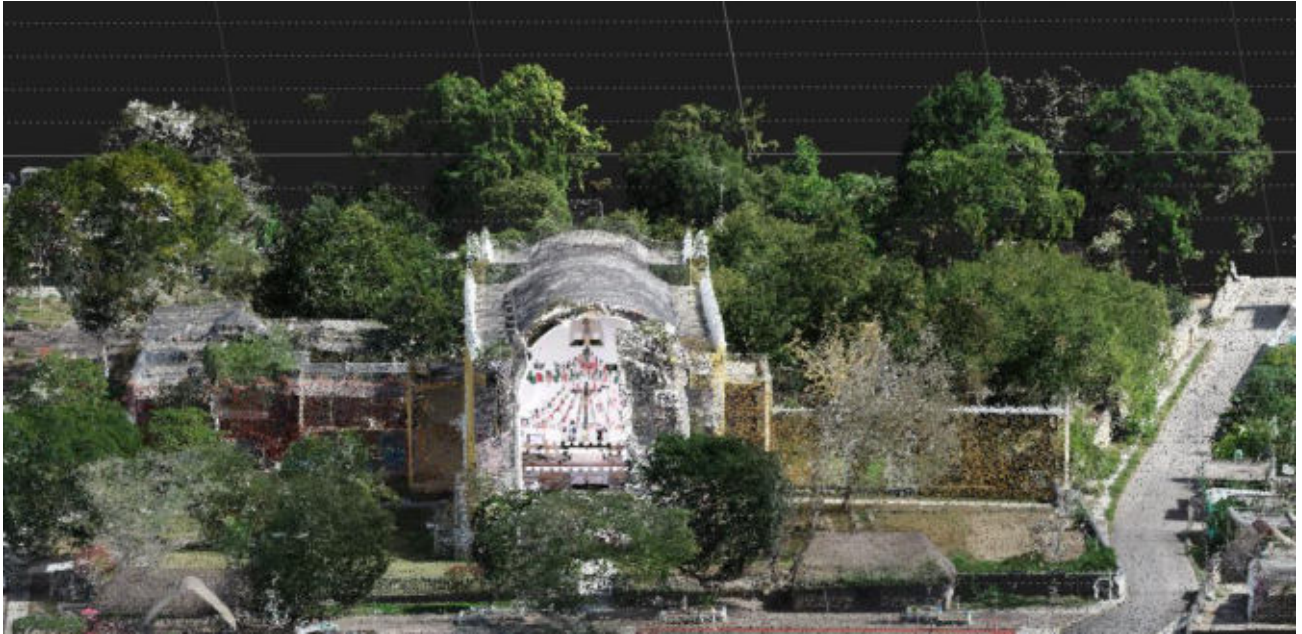


Figura 19. Integración en un modelo consolidado de la nube de puntos resultado del proceso fotogramétrico y de la nube de puntos al interior de la Iglesia obtenido con estación LIDAR terrestre. Vista desde la lateral orientada al Oeste del edificio.



Figura 20. imagen que muestra parte del proceso seguido. Observe como las dos nubes de puntos deben de ser correlacionadas espacialmente. La nube de puntos a la derecha corresponde al interior de la Iglesia de Tihosuco y a la izquierda la Iglesia georreferenciada con control terrestre GNSS.

En el anexo 3 se encuentran una serie de planos que muestran con detalle los resultados obtenidos.

Anexo 1. Control terrestre generado para el levantamiento fotogramétrico de la Iglesia de Tihosuco.

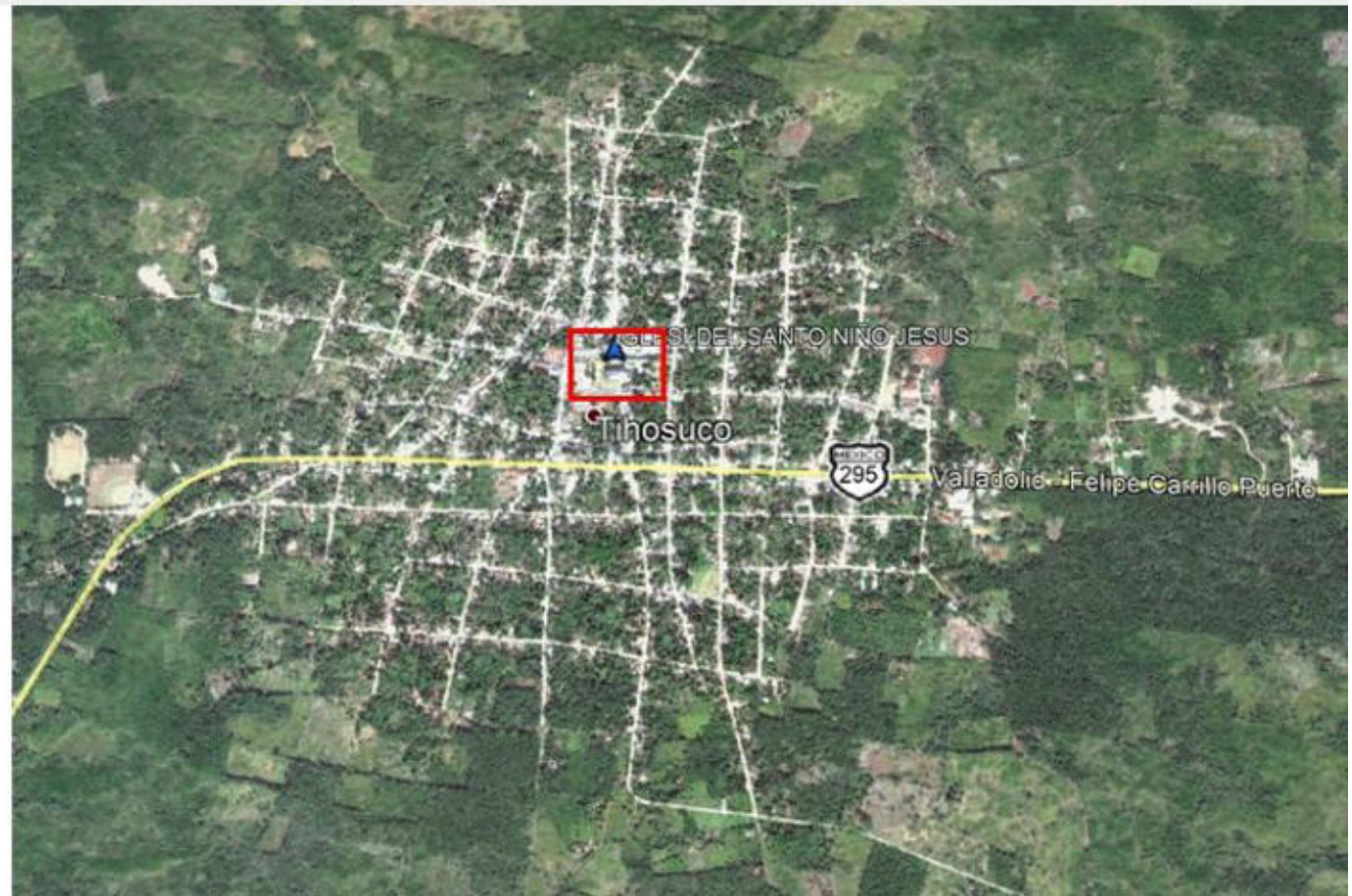
Generación de control terrestre GNSS para el procesamiento fotogramétrico de la Iglesia de Tihosuco, en la localidad de Tihosuco, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México

Reporte de resultados
Febrero de 2021

Localización del area de interés (AOI)

Slide 2

- Iglesia del Santo Niño de Jesús (Iglesia de Tihosuco)
- Ubicada en la localidad de Tihosuco
- Municipio de Felipe Carrillo Puerto



Punto GPS Base

Slide 4

- **X UTM: 356404.932**
- **Y UTM: 2233797.412**
- **Z UTM: 30.458**
- **Nota:** Coordenadas en el sistema de referencia geodésico ITRF08 y sistema de proyección cartográfico Universal Transversa de Mercator, zona 16 norte, unidades de metros.

Localización final del punto GPS Base



Imagen que muestra el punto de referencia geoposicionado



Punto GPS TH-1

Slide 5

- X UTM: 356383.714
- Y UTM: 2233786.941
- Z UTM: 29.440

Localización
final del punto
TH-1



Imagen que
muestra el punto
de referencia
geoposicionado



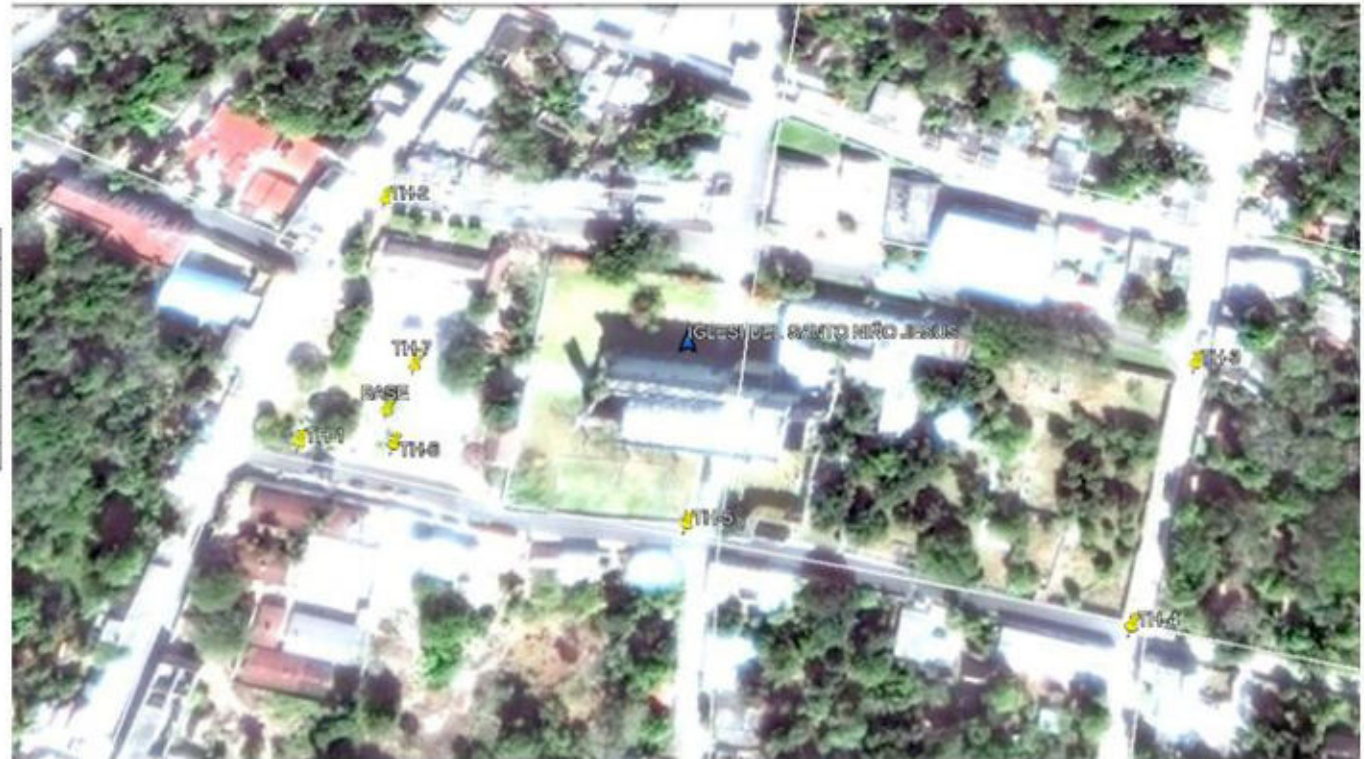
Localización de puntos de control GPS

Slide 3

- 1 punto GPS Base (PLACA INEGI) ligado a estaciones fijas de la RGNA del INEGI ICAM (Campeche) y MERI (Mérida)

- 7 puntos GPS rover |

VERTICE	Y	X	Z
BASE	2233797.412	356404.932	30.458
TH-1	2233786.941	356383.714	29.440
TH-2	2233865.640	356389.685	29.320
TH-3	2233844.730	356638.697	30.030
TH-4	2233766.635	356625.751	28.899
TH-5	2233779.016	356489.654	30.512
TH-6	2233788.398	356409.222	30.839
TH-7	2233818.294	356410.995	30.852



Punto GPS TH-2

Slide 6

- X UTM: 356389.685
- Y UTM: 2233865.640
- Z UTM: 29.320

Localización
final del punto
TH-2



Imagen que
muestra el punto
de referencia
geoposicionado



Punto GPS TH-3

Slide 7

- X UTM: 356638.697
- Y UTM: 2233844.73
- Z UTM: 30.030

Localización
final del punto
TH-3



Imagen que
muestra el punto
de referencia
geoposicionado



Punto GPS TH-4

Slide 8

- X UTM: 356625.751
- Y UTM: 2233766.635
- Z UTM: 28.899

Localización
final del punto
TH-4



Imagen que
muestra el punto
de referencia
geoposicionado



Punto GPS TH-5

Slide 9

- X UTM: 365789.654
- Y UTM: 2233779.016
- Z UTM: 30.512

Localización
final del punto
TH-5



Imagen que
muestra el punto
de referencia
geoposicionado



Punto GPS TH-6

Slide 10

- X UTM: 247019.747
- Y UTM: 2174453.365
- Z UTM: 89.757

Localización
final del punto
TH-6



Imagen que
muestra el punto
de referencia
geoposicionado



Punto GPS TH-7

Slide 11

- X UTM: 356409.222
- Y UTM: 2233788.398
- Z UTM: 30.839

Localización
final del punto
TH-7



Imagen que
muestra el punto
de referencia
geoposicionado



Método de obtención de puntos de control: Se procedió a la generación de puntos de control terrestre utilizando un equipo GPS diferencial marca Sokkia modelo GRX2 con exactitud posicional Horizontal de: 10mm + 1ppm y Vertical de: 15mm + 1ppm con post proceso. La base se levantó con un periodo de tiempo de mas de 3 horas y cada punto por un periodo de tiempo de más de 10 minutos, al igual se fueron tomando fotografías de cada sitio levantado para tener registro de la ubicación exacta de los puntos de control.

Fecha de obtención de puntos de control: 4 de Febrero de 2021

Total de vértices: Base y 7 vértices

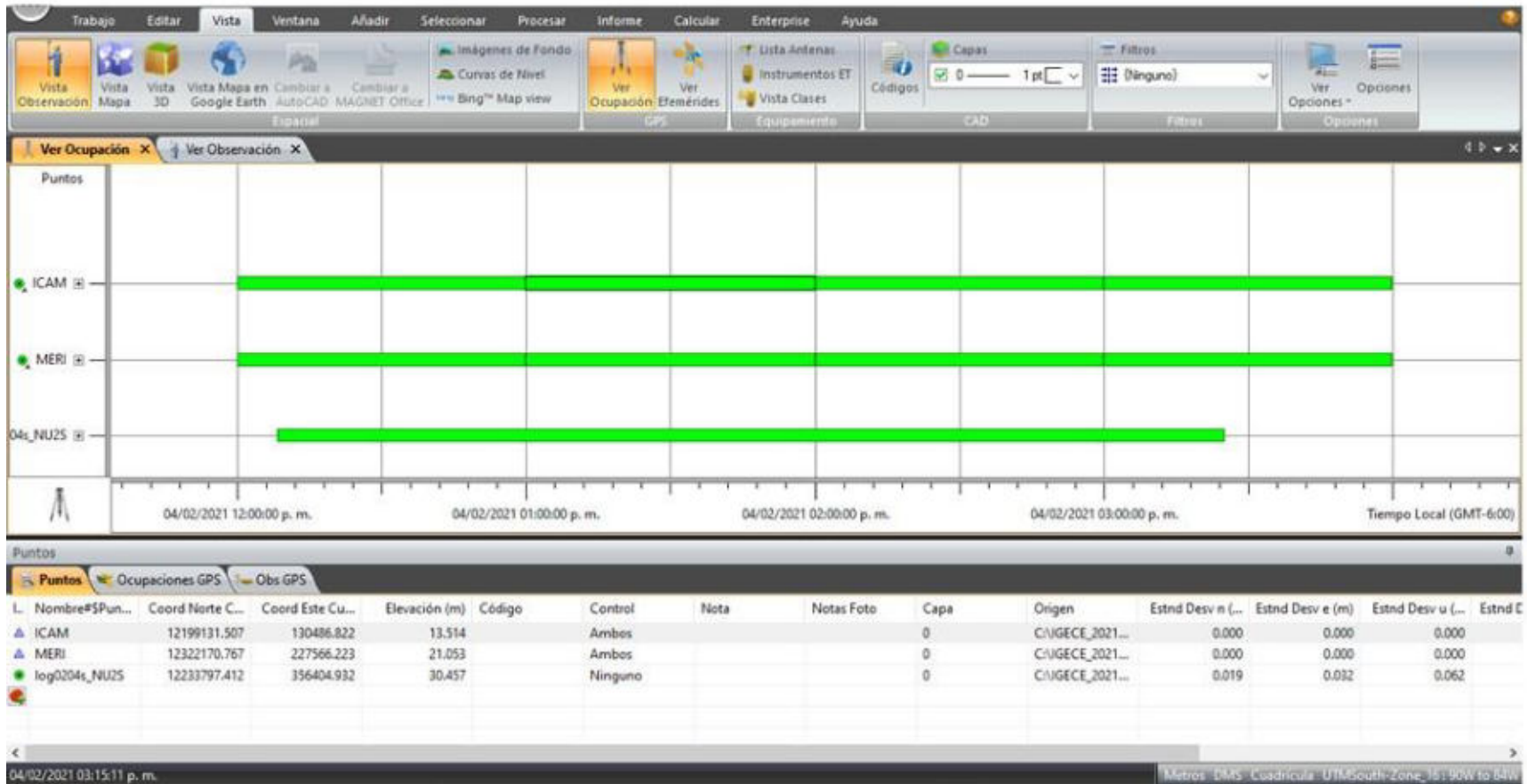
Sistema de referencia geodésica: WGS 84

Sistema de proyección cartográfica: UTM zona 16 norte, unidades en metros.

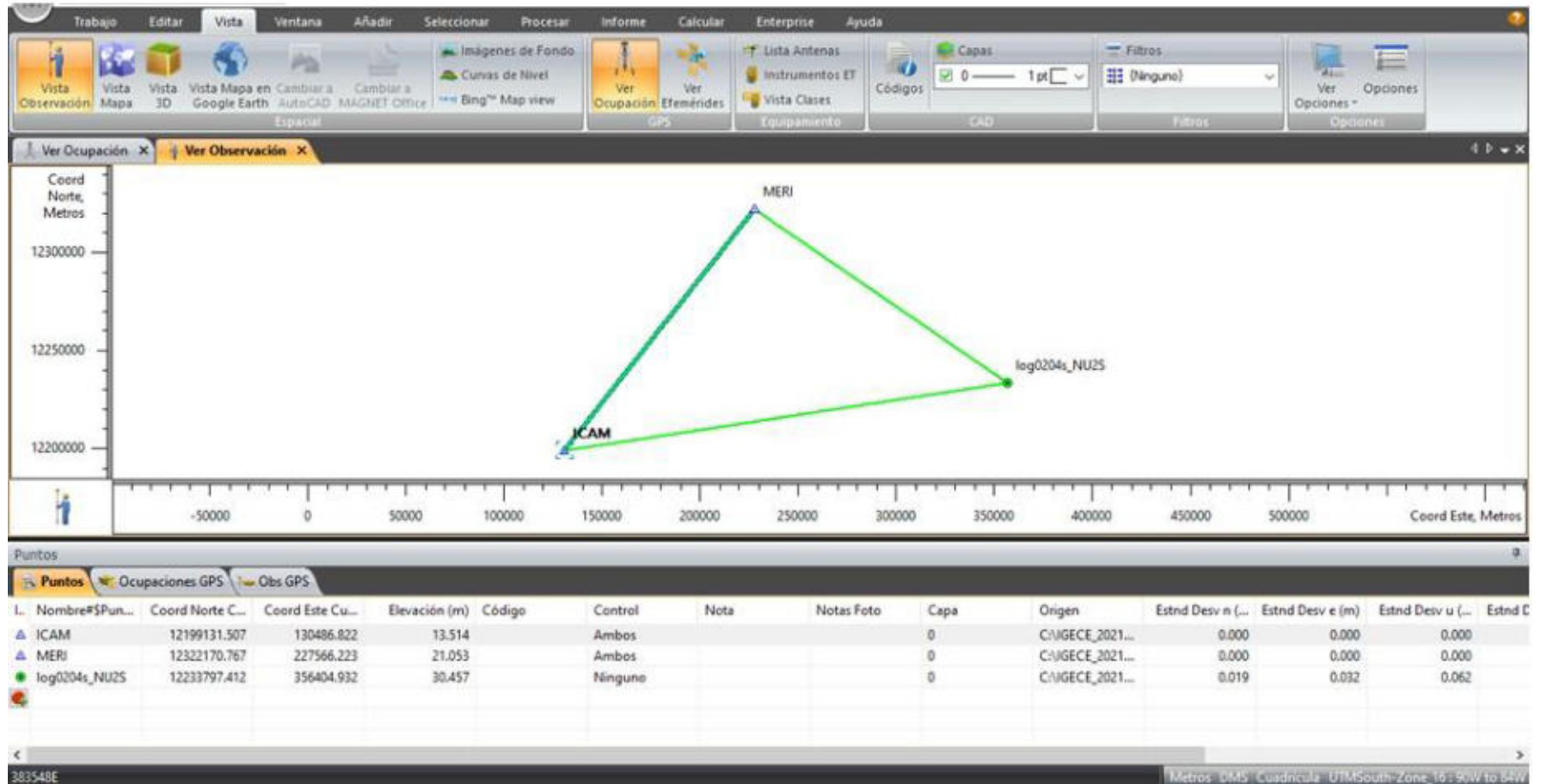
Coordenadas:

VERTICE	Y	X	Z
BASE	2233797.412	356404.932	30.458
TH-1	2233786.941	356383.714	29.440
TH-2	2233865.640	356389.685	29.320
TH-3	2233844.730	356638.697	30.030
TH-4	2233766.635	356625.751	28.899
TH-5	2233779.016	356489.654	30.512
TH-6	2233788.398	356409.222	30.839
TH-7	2233818.294	356410.995	30.852

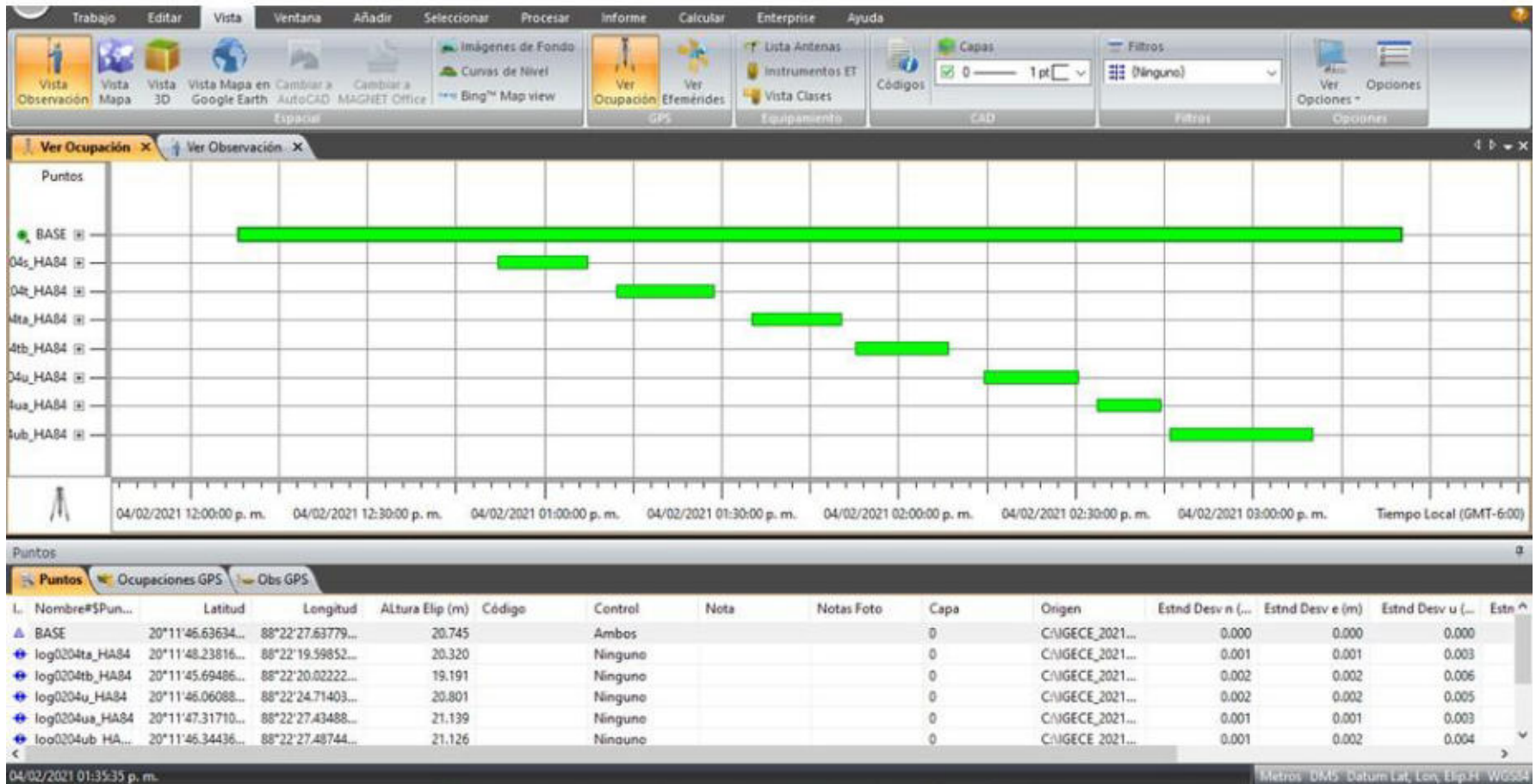
Periodos de tiempo adquiridos en GPS base y estaciones fijas de la RGNA para la realización de la corrección diferencial



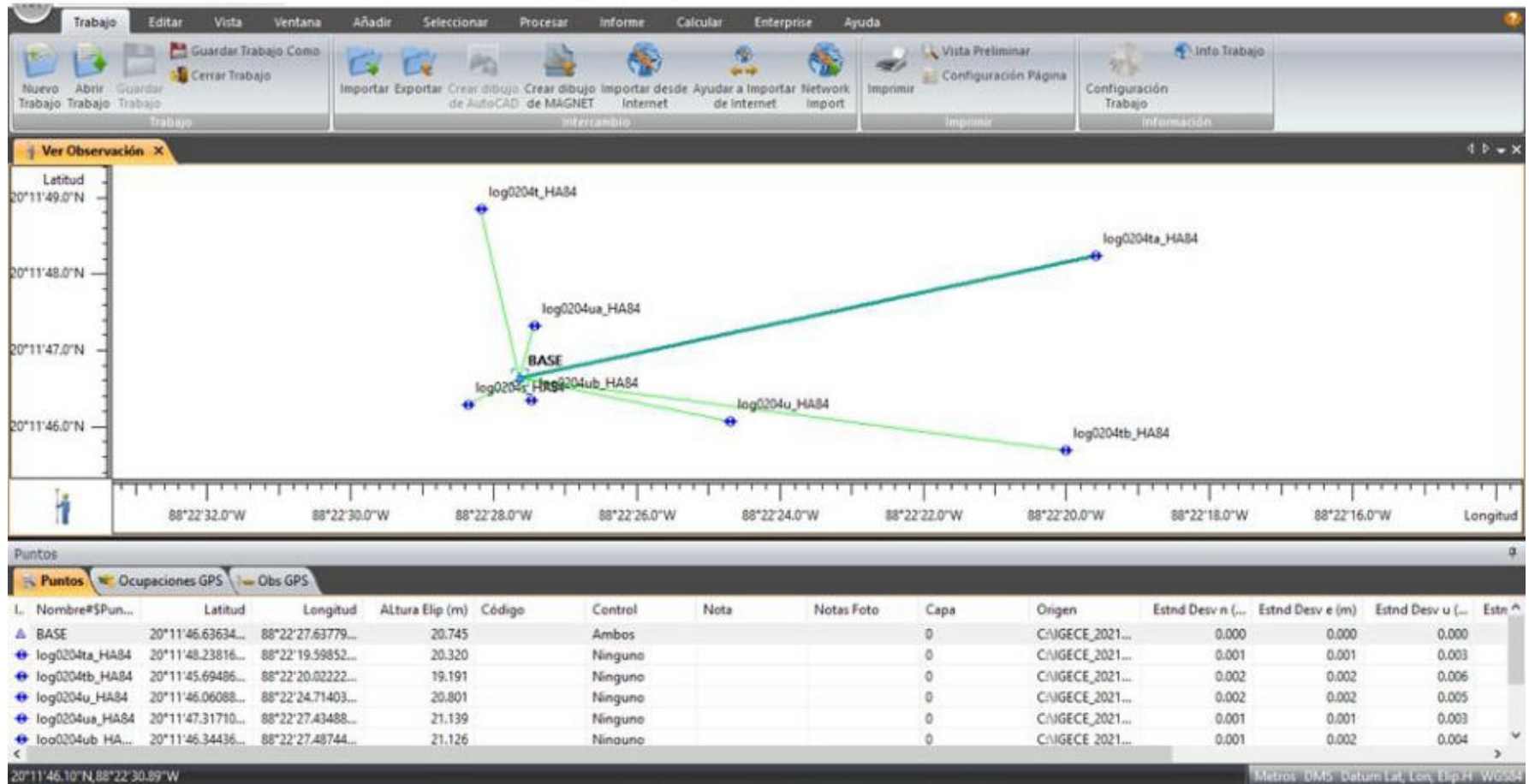
Gráficas de ajuste del punto base respecto a estaciones fijas de la RGNA:



Periodos de tiempo adquiridos p/GPS base y rover para la realización de la corrección diferencial



Gráficas de ajuste de los puntos de apoyo respecto al punto base:



Anexo 2. Fotoíndice del vuelo aerofotogramétrico sobre la Iglesia de Tihosuco.



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197047 -88.374083



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197061 -88.374234



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197073 -88.374408



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197083 -88.374522



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197096 -88.374892



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197113 -88.374821



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197325 -88.374724



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197308 -88.374822



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197290 -88.374448



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197262 -88.374331



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197270 -88.374160



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197258 -88.373969



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197249 -88.373874



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197237 -88.373704



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197224 -88.373531



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197215 -88.373417



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197200 -88.373245



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197187 -88.373073



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197176 -88.372958



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197166 -88.372791



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197153 -88.372619



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197143 -88.372501



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197132 -88.372330



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197119 -88.372154



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197112 -88.372043



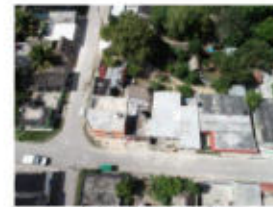
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197100 -88.371874



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197094 -88.371782



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197319 -88.371788



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197313 -88.371883



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197323 -88.372083



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197337 -88.372233



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197345 -88.372346



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197358 -88.372517



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197381 -88.372801



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197394 -88.372972



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197407 -88.373144



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197415 -88.373260



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197428 -88.373431



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197439 -88.373603



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197456 -88.373832



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197481 -88.373889



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197473 -88.374060



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197483 -88.374175



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197495 -88.374346



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197510 -88.374521



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197525 -88.374885



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197733 -88.374547



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197713 -88.374401



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197702 -88.374284



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197692 -88.374109



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197680 -88.373939



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197672 -88.373825



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197656 -88.373652



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197643 -88.373479



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197636 -88.373365



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197625 -88.373197



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197618 -88.373082



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197604 -88.372909



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197590 -88.372737



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197583 -88.372629



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197921 -88.374379



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197933 -88.374475



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195887 -88.371981



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195995 -88.371980



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198109 -88.371971



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196270 -88.371956



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196431 -88.371942



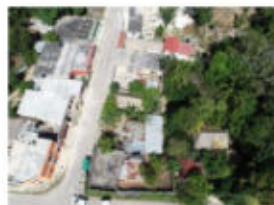
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196699 -88.371920



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196859 -88.371905



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196966 -88.371897



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197128 -88.371882



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197289 -88.371869



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197397 -88.371860



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197437 -88.371856



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197476 -88.372093



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197362 -88.372091



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197191 -88.372105



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197032 -88.372118



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196925 -88.372125



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196763 -88.372139



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198802 -88.372152



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198333 -88.372176



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198173 -88.372189



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198085 -88.372199



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195904 -88.372213



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195826 -88.372222



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195875 -88.372458



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195981 -88.372440



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196129 -88.372421



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196290 -88.372408



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196397 -88.372399



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196557 -88.372384



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196718 -88.372369



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196824 -88.372363



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196996 -88.372350



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197146 -88.372335



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197254 -88.372326



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197417 -88.372313



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197514 -88.372305



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197559 -88.372542



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197405 -88.372542



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197291 -88.372550



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197127 -88.372562



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196967 -88.372575



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196701 -88.372595



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196541 -88.372612



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196434 -88.372623



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196273 -88.372636



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196165 -88.372646



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196003 -88.372657



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195863 -88.372669



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195902 -88.372606



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196032 -88.372685



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196143 -88.372673



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196306 -88.372696



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196467 -88.372647



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196575 -88.372636



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196736 -88.372622



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196896 -88.372607



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197006 -88.372796



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197165 -88.372788



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197328 -88.372774



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197435 -88.372764



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197615 -88.372755



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197631 -88.372993



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197497 -88.372987



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197382 -88.372997



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197219 -88.373011



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197058 -88.373021



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196950 -88.373029



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196792 -88.373043



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196634 -88.373059



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196365 -88.373083



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196202 -88.373096



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196094 -88.373104



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195934 -88.373117



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195899 -88.373120



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195934 -88.373360



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196061 -88.373337



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196227 -88.373320



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196336 -88.373311



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196498 -88.373296



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196605 -88.373289



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196785 -88.373277



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196927 -88.373282



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197034 -88.373253



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197196 -88.373239



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197358 -88.373222



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197465 -88.373215



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197626 -88.373201



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197697 -88.373201



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197714 -88.373438



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197583 -88.373433



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197414 -88.373448



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197199 -88.373465



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197146 -88.373469



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197039 -88.373477



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196876 -88.373491



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196715 -88.373503



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196607 -88.373512



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198447 -88.373527



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198286 -88.373541



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198181 -88.373551



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198020 -88.373586



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195934 -88.373574



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195971 -88.373812



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196101 -88.373789



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196210 -88.373778



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196373 -88.373780



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196535 -88.373748



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196643 -88.373738



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196804 -88.373726



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196964 -88.373712



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197072 -88.373703



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197234 -88.373689



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197395 -88.373676



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197502 -88.373666



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197664 -88.373652



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197763 -88.373643



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197804 -88.373684



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197887 -88.373880



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197553 -88.373889



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197390 -88.373904



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197230 -88.373916



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197122 -88.373925



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196962 -88.373938



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196801 -88.373951



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196693 -88.373960



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196532 -88.373974



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196370 -88.373987



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196263 -88.373997



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196102 -88.374011



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195963 -88.374022



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196004 -88.374266



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196124 -88.374281



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196290 -88.374224



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196397 -88.374216



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196559 -88.374201



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196719 -88.374187



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196828 -88.374178



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196988 -88.374163



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197150 -88.374149



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197258 -88.374140



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197419 -88.374126



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197526 -88.374117



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197687 -88.374103



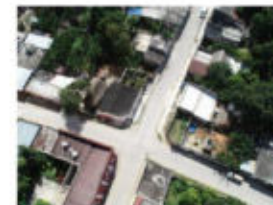
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197845 -88.374090



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197872 -88.374091



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197900 -88.374328



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197768 -88.374323



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197655 -88.374333



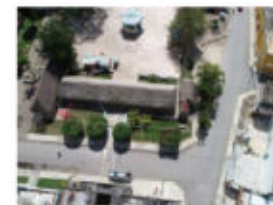
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197492 -88.374347



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197332 -88.374361



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197225 -88.374372



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197064 -88.374385



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196905 -88.374397



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196797 -88.374406



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196634 -88.374420



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196473 -88.374433



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196365 -88.374444



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198205 -88.374458



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196044 -88.374471



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198005 -88.374473



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196160 -88.374690



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198327 -88.374873



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198436 -88.374885



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196596 -88.374852



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198703 -88.374841



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196883 -88.374828



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197025 -88.374814



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197133 -88.374803



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197292 -88.374890



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197454 -88.374877



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197582 -88.374867



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197730 -88.374853



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196861 -88.374857



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196807 -88.374861



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196648 -88.374873



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196535 -88.374880



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196375 -88.374895



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196161 -88.374914



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196087 -88.374914



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196058 -88.374853



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197368 -88.371748



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197323 -88.371754



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197203 -88.371777



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197126 -88.371785



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197011 -88.371795



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196936 -88.371803



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196824 -88.371816



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196748 -88.371824



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196634 -88.371836



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196596 -88.371840



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196520 -88.371848



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196444 -88.371856



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196332 -88.371868



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196256 -88.371876



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196142 -88.371888



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196066 -88.371897



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195953 -88.371909



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195841 -88.371930



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195841 -88.371930



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195814 -88.372038



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195832 -88.372159



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195838 -88.372239



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195846 -88.372380



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195852 -88.372441



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195859 -88.372582



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195865 -88.372643



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195873 -88.372784



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195878 -88.372846



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195888 -88.372967



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195895 -88.373048



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195905 -88.373169



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195912 -88.373249



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195919 -88.373370



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195926 -88.373451



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195929 -88.373492



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195935 -88.373573



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195945 -88.373695



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195952 -88.373774



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195980 -88.373897



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195985 -88.373979



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195974 -88.374101



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195980 -88.374180



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195990 -88.374302



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195996 -88.374382



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196006 -88.374503



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196012 -88.374584



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196021 -88.374706



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196027 -88.374786



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196037 -88.374908



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196043 -88.374989



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196060 -88.375023



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196164 -88.375013



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196235 -88.374999



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196348 -88.374968



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196422 -88.374953



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196535 -88.374930



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196759 -88.374884



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.198832 -88.374889



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196944 -88.374847



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197019 -88.374832



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197132 -88.374810



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197208 -88.374795



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197283 -88.374777



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197353 -88.374745



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197457 -88.374698



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197526 -88.374683



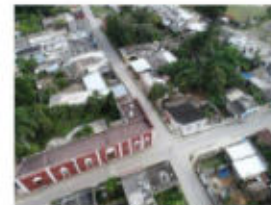
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197596 -88.374631



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197701 -88.374581



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197770 -88.374548



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197874 -88.374500



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197939 -88.374462



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197921 -88.374359



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197878 -88.374154



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196791 -88.373859



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197853 -88.374060



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197831 -88.373936



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197824 -88.373897



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197810 -88.373818



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197795 -88.373740



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197771 -88.373622



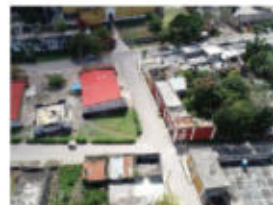
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197753 -88.373542



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197728 -88.373423



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197720 -88.373384



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197698 -88.373264



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197685 -88.373185



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197647 -88.372985



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197647 -88.372985



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197608 -88.372782



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197608 -88.372782



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197589 -88.372664



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197575 -88.372584



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197553 -88.372466



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197530 -88.372346



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197516 -88.372267



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197494 -88.372147



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197479 -88.372067



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197451 -88.371909



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196056 -88.375033



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196046 -88.374902



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196033 -88.374723



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196024 -88.374560



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196015 -88.374448



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195993 -88.374277



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195990 -88.374104



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195980 -88.373989



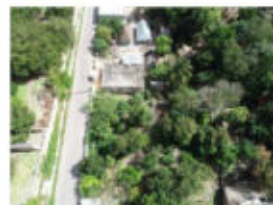
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195967 -88.373816



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195955 -88.373646



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195946 -88.373533



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195919 -88.373169



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195902 -88.372959



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195896 -88.372902



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195896 -88.372730



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195877 -88.372616



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195863 -88.372444



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195855 -88.372329



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195843 -88.372157



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195830 -88.371987



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.195835 -88.371911



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196048 -88.371912



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196048 -88.372048



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196057 -88.372224



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196086 -88.372337



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196079 -88.372507



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196092 -88.372678



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196100 -88.372792



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196113 -88.372964



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196126 -88.373135



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196144 -88.373364



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196148 -88.373421



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196161 -88.373593



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196169 -88.373707



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196182 -88.373879



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196195 -88.374051



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196204 -88.374165



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196217 -88.374336



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196227 -88.374453



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196241 -88.374623



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196252 -88.374797



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196261 -88.374912



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196272 -88.374992



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196484 -88.374916



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196489 -88.374819



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196451 -88.374842



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196440 -88.374489



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196434 -88.374355



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196420 -88.374186



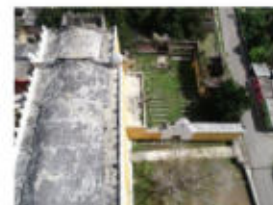
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196407 -88.374015



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196389 -88.373785



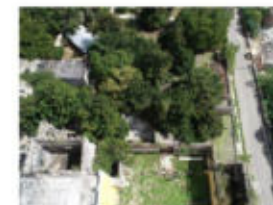
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196386 -88.373726



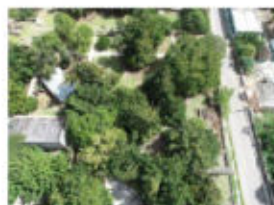
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196372 -88.373556



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196365 -88.373441



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196351 -88.373269



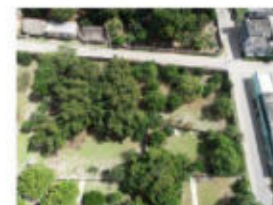
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196341 -88.373097



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196332 -88.372962



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196319 -88.372812



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196309 -88.372698



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196295 -88.372526



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196280 -88.372352



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196272 -88.372238



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196281 -88.372069



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196249 -88.371896



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196251 -88.371869



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196474 -88.371880



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196460 -88.371980



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196479 -88.372161



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196492 -88.372332



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196501 -88.372446



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196514 -88.372617



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196526 -88.372787



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196536 -88.372902



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196548 -88.373074



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196560 -88.373246



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196569 -88.373359



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196581 -88.373530



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196590 -88.373644



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196604 -88.373819



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196616 -88.373989



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196828 -88.374103



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196840 -88.374274



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196853 -88.374448



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196881 -88.374562



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196871 -88.374734



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196882 -88.374892



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196903 -88.374844



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196888 -88.374707



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196873 -88.374530



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196884 -88.374416



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196850 -88.374245



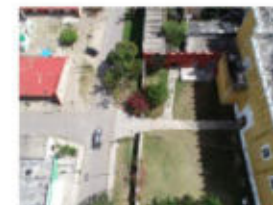
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196838 -88.374075



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196830 -88.373961



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196817 -88.373789



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196807 -88.373673



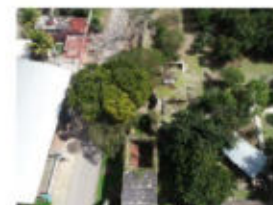
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196795 -88.373501



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196773 -88.373217



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196759 -88.373043



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196748 -88.372870



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196741 -88.372758



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196729 -88.372588



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196714 -88.372415



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196705 -88.372300



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196692 -88.372127



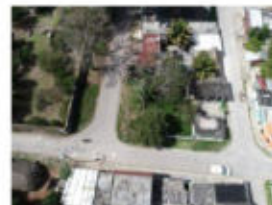
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196678 -88.371955



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196675 -88.371821



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196666 -88.371837



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196691 -88.371939



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196602 -88.372120



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196916 -88.372291



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196937 -88.372575



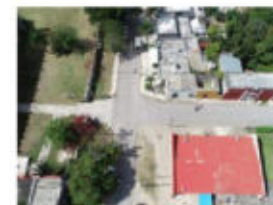
Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196950 -88.372746



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196958 -88.372861



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196971 -88.373033



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196980 -88.373147



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.196992 -88.373319



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197004 -88.373491



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197013 -88.373604



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197026 -88.373778



Iglesia de Tihosuco
Latitud y Longitud:
20.197039 -88.373949

Anexo 3. Planos resultantes del levantamiento fotogramétrico y LIDAR de la Iglesia de Tihosuco.