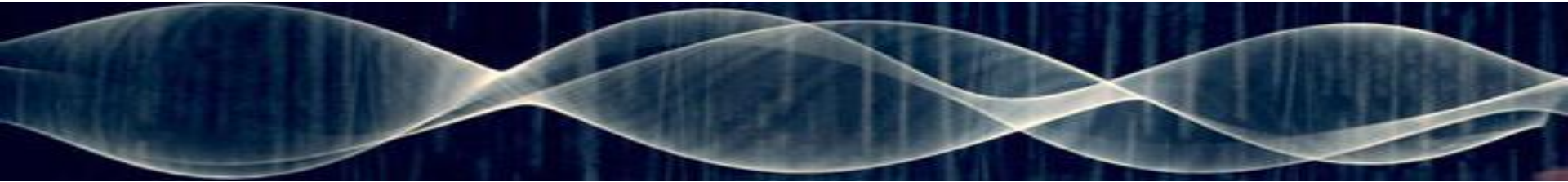


“En tiempos de cambio, quienes estén abiertos al aprendizaje se adueñarán del futuro, mientras que aquellos que creen saberlo todo estarán bien equipados para un mundo que ya no existe”

Eric Hoffer

Aporte geoestadístico a la prevención de desastres naturales de las barrancas Tepeloncocone, Xaltelulco, Colorada, Quimichule y Tenepanco del volcán Popocatepetl (México) aplicando imágenes satelitales.



Rogelio Ramos-Aguilar¹, Patricia Máximo-Romero¹, Blanca Susana Soto-Cruz², María de la Cruz Vázquez-García³, Aimel Tlacuatl-Sánchez⁴, Carlos Edwin Bautista-Ávila⁴, Alberto Reyes-Galicia⁴, Lucia González-Franco⁴, Daniela Iribe González⁵, Kevin Antonio Samaniego Rivera⁵.

Facultad de Ingeniería-BUAP¹, Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores-ICUAP², Bufete de Ingeniería en Telecomunicaciones y Sistemas³, Estudiantes de los Colegios de Ingeniería Topográfica y Geodésica y Civil-BUAP⁴, Estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Universidad Autónoma de Sinaloa⁵.

rogelio.ramos@correo.buap.mx



Introducción

El estudio pretende aportar un complemento a otros estudios semejantes y contribuir al área de prevención de desastres naturales.

Dentro de su estructura geológica se localizan las barrancas Tepeloncocone, Xaltelulco, Colorada, Quimichule y Tenepanco del volcán Popocatepetl (México), que por sus características topográficas, el material volcánico expulsado y las lluvias torrenciales que se han presentado en los últimos años, ponen en riesgo a las poblaciones cercanas.

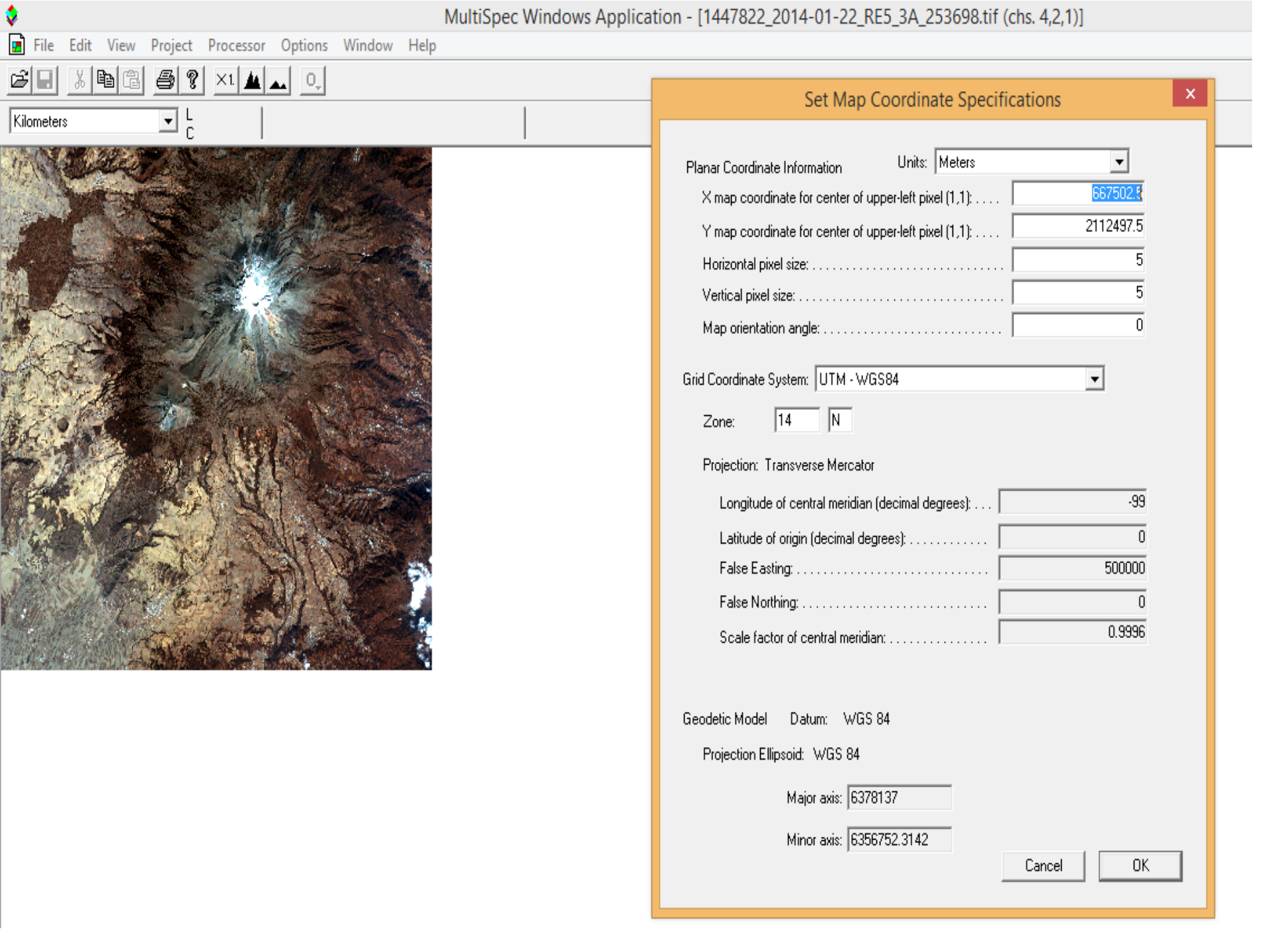
Se presenta un análisis geoestadístico para obtener la aceleración de la gravedad, la pendiente por distancia-elevación, la altura-aceleración de la gravedad y la fuerza de un líquido sobre las barrancas.



Volcán Popocatepetl

- **Ubicación:** 19°17' de latitud Norte y 98°38' longitud Occidental del meridiano de Greenwich.
- Colinda con los estados de Puebla, Morelos y México. La localización del volcán en estudio y la actividad que ha presentado en los últimos años, lo identifica como una estructura de riesgo para las comunidades que se encuentran cerca del mismo.





Set Map Coordinate Specifications

Planar Coordinate Information

Units: Meters

X map coordinate for center of upper-left pixel (1,1): . . .

667502.8

Y map coordinate for center of upper-left pixel (1,1): . . .

2112497.5

Horizontal pixel size:

5

Vertical pixel size:

5

Map orientation angle:

0

Grid Coordinate System: UTM - WGS84

Zone:

14

N

Projection: Transverse Mercator

Longitude of central meridian (decimal degrees): . . .

-99

Latitude of origin (decimal degrees):

0

False Easting:

500000

False Northing:

0

Scale factor of central meridian:

0.9996

Geodetic Model Datum: WGS 84

Projection Ellipsoid: WGS 84

Major axis: 6378137

Minor axis: 6356752.3142

Cancel

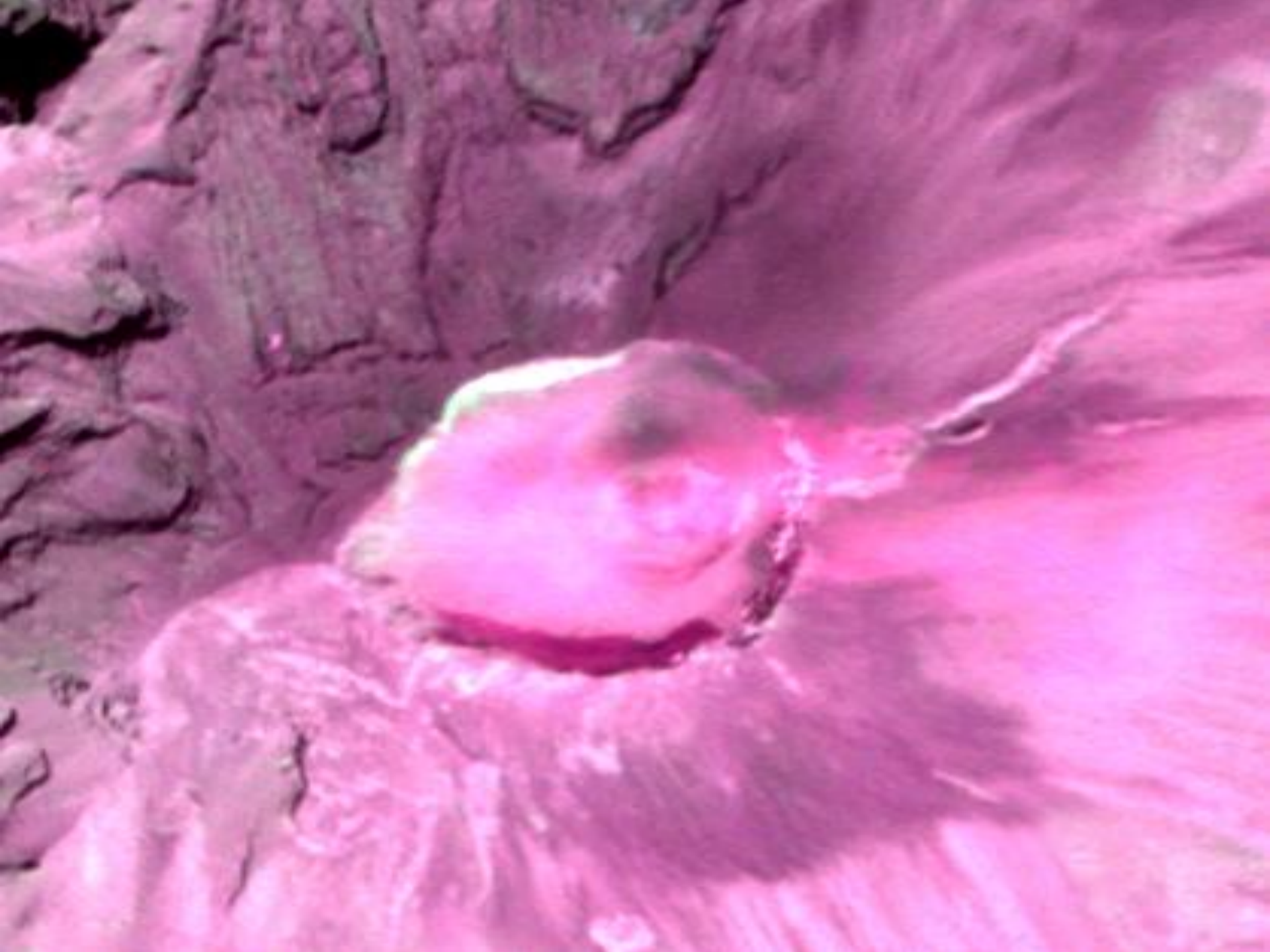
OK





Imagen RapidEye
5 metros de resolución
5 bandas

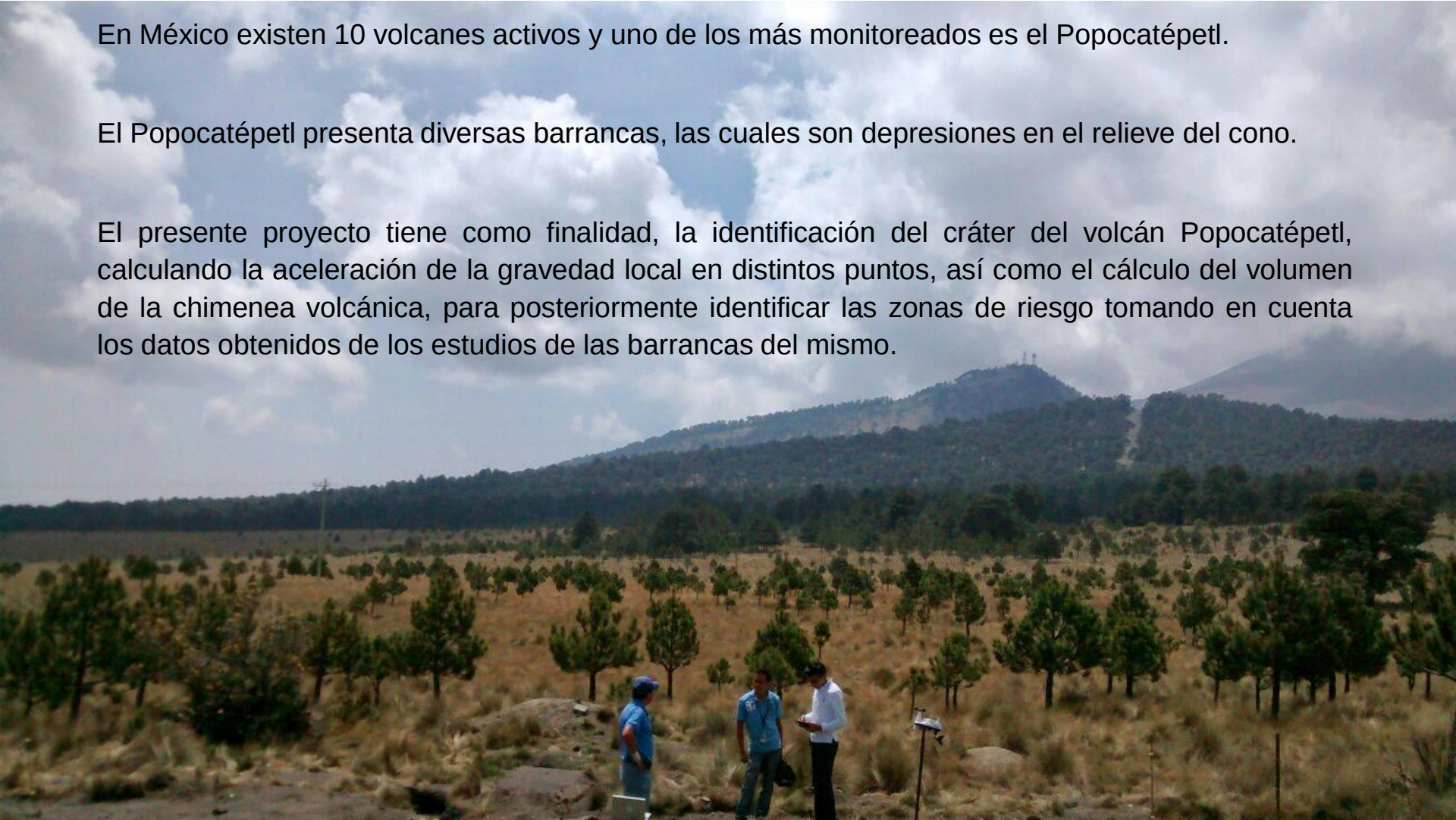




En México existen 10 volcanes activos y uno de los más monitoreados es el Popocatepetl.

El Popocatepetl presenta diversas barrancas, las cuales son depresiones en el relieve del cono.

El presente proyecto tiene como finalidad, la identificación del cráter del volcán Popocatepetl, calculando la aceleración de la gravedad local en distintos puntos, así como el cálculo del volumen de la chimenea volcánica, para posteriormente identificar las zonas de riesgo tomando en cuenta los datos obtenidos de los estudios de las barrancas del mismo.



Metodología

Se determinó la capacidad de la chimenea volcánica.

Se utilizó una imagen digital satelital multiespectral, la cual se rectificó en el programa Multispec que se aplica para el análisis de imágenes multiespectrales e hiperespectrales.

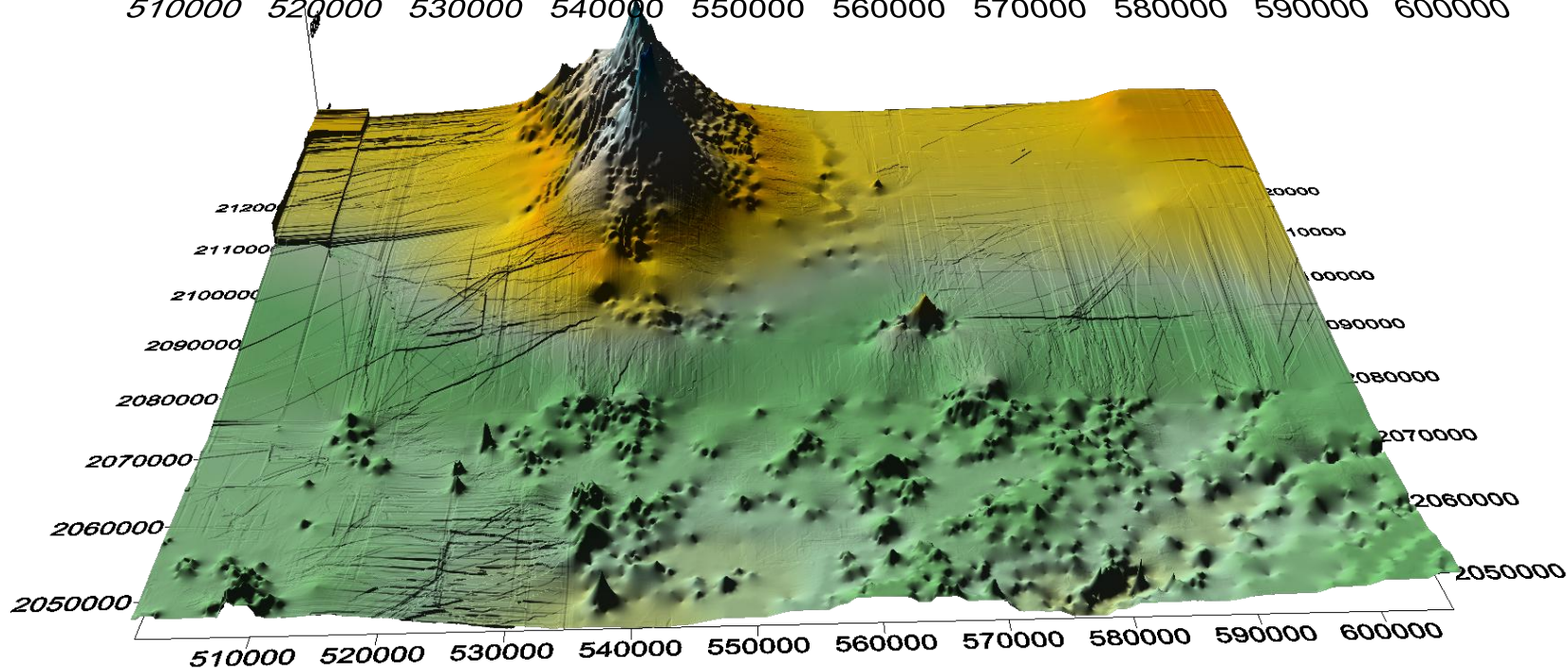
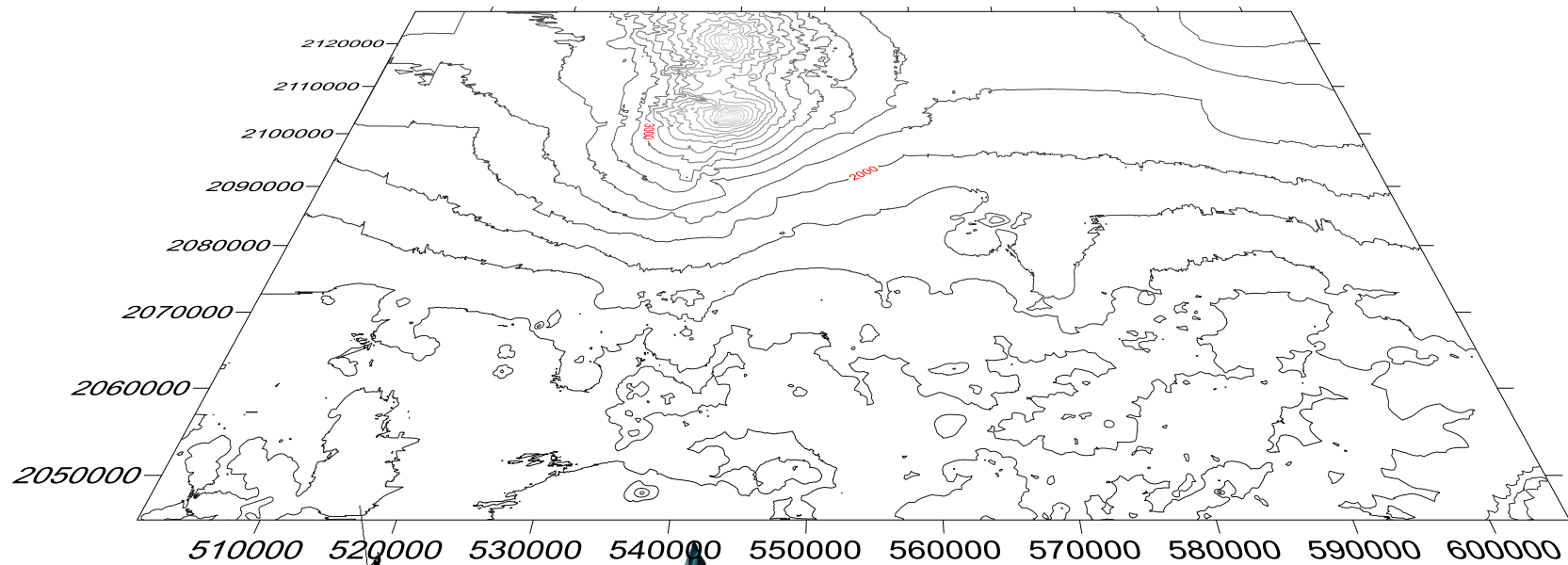
La imagen rectificada se insertó en AutoCAD, georreferenciándola para poder crear polígonos y delimitar el cráter del volcán.

La delimitación del cráter se hizo con vértices a cada 20 metros, quedando el último lado del polígono de 16.9472 metros.

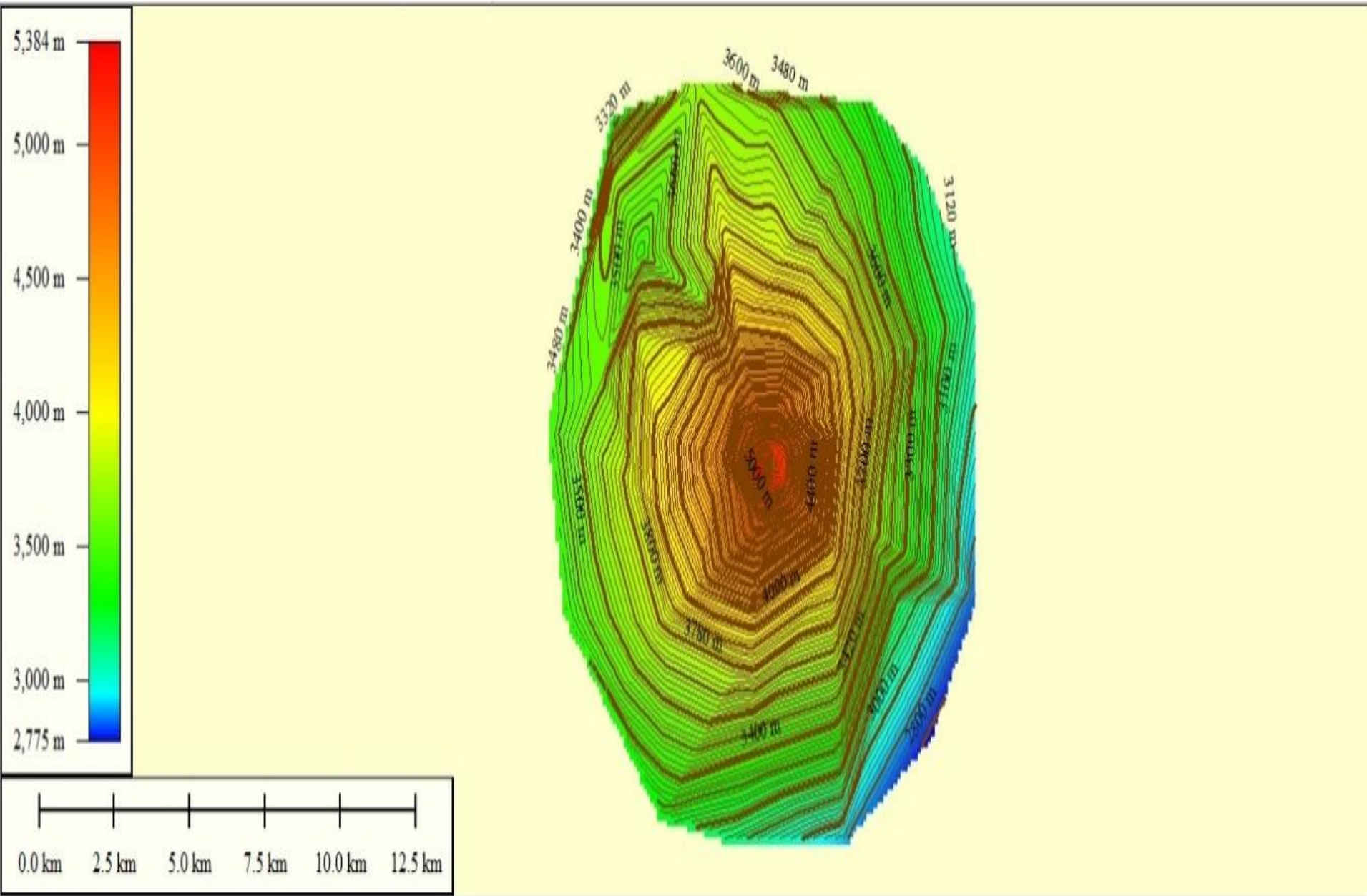
Utilizando AutoCAD se localizó el centro geométrico del polígono del cráter, desde ahí se midió la distancia hacia Paso de Cortés y este fue tomado como el radio de la base del volcán.

Para el radio menor se hizo un promedio de las distancias desde cada vértice del polígono del cráter hacia el centro geométrico.



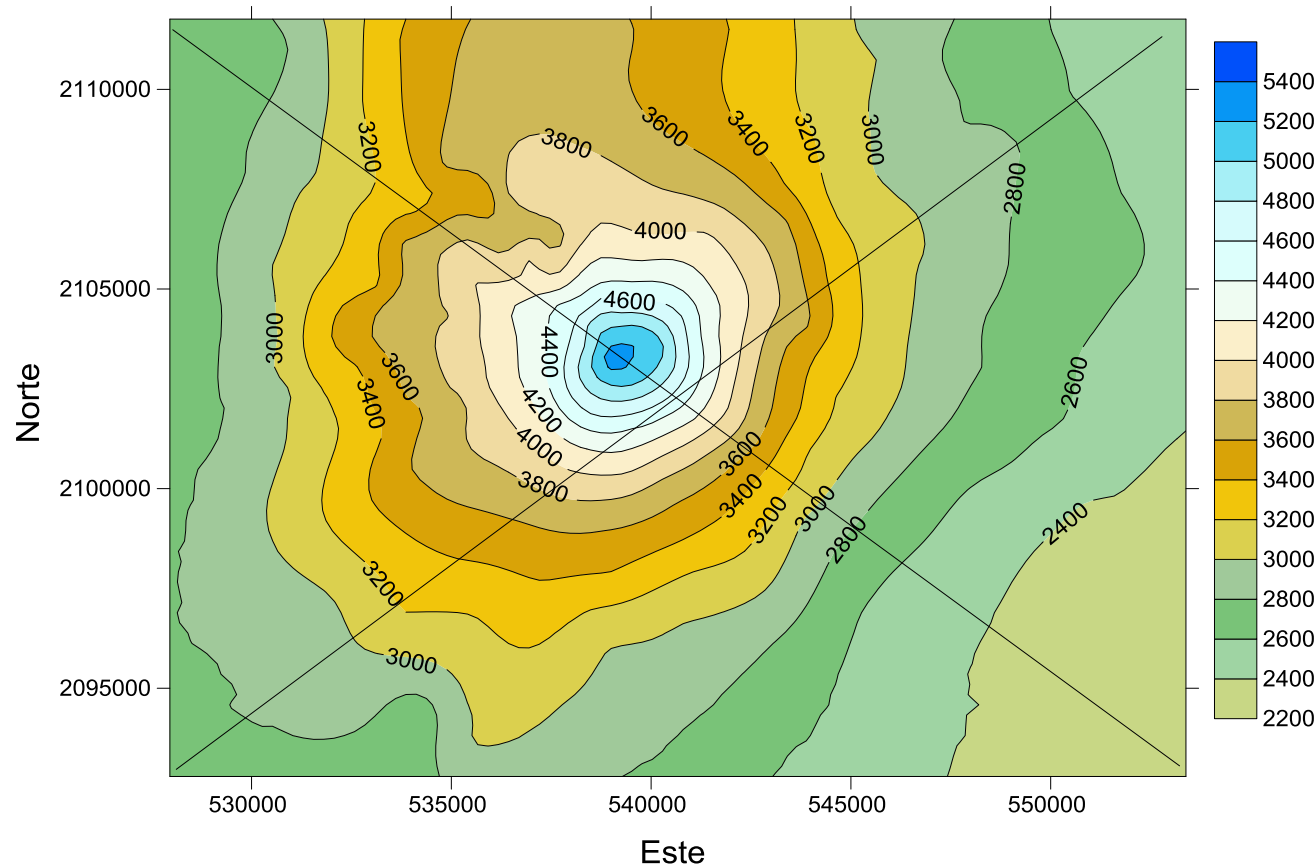


Utilizando el programa Global Mapper se obtuvieron curvas de nivel para determinar la geoforma del volcán y de su cráter.

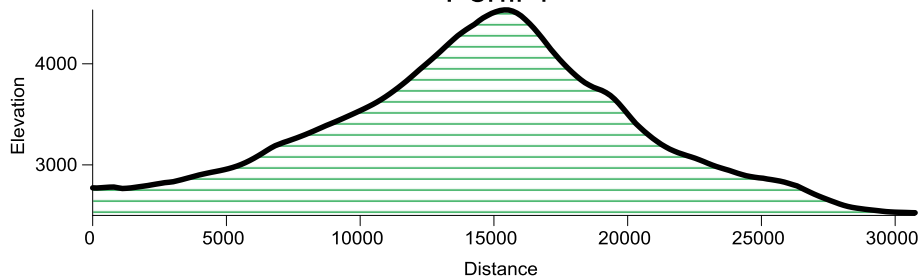


Geoforma y curvas de nivel en SURFER.

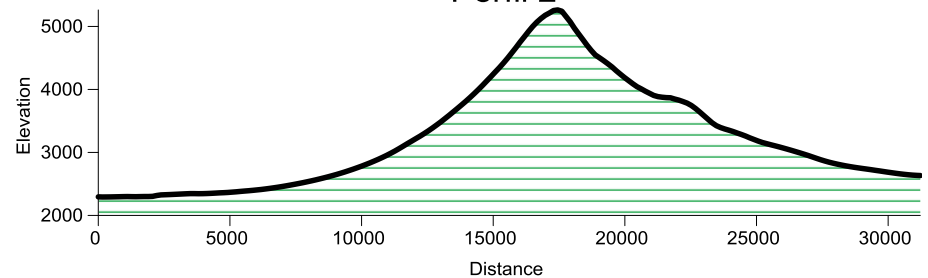
Curvas de Nivel



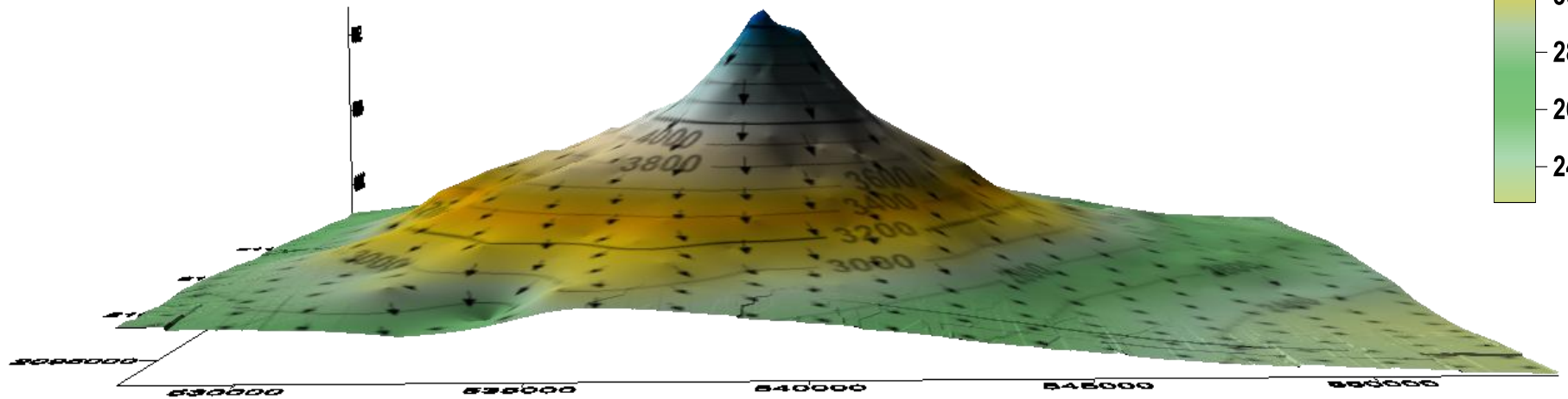
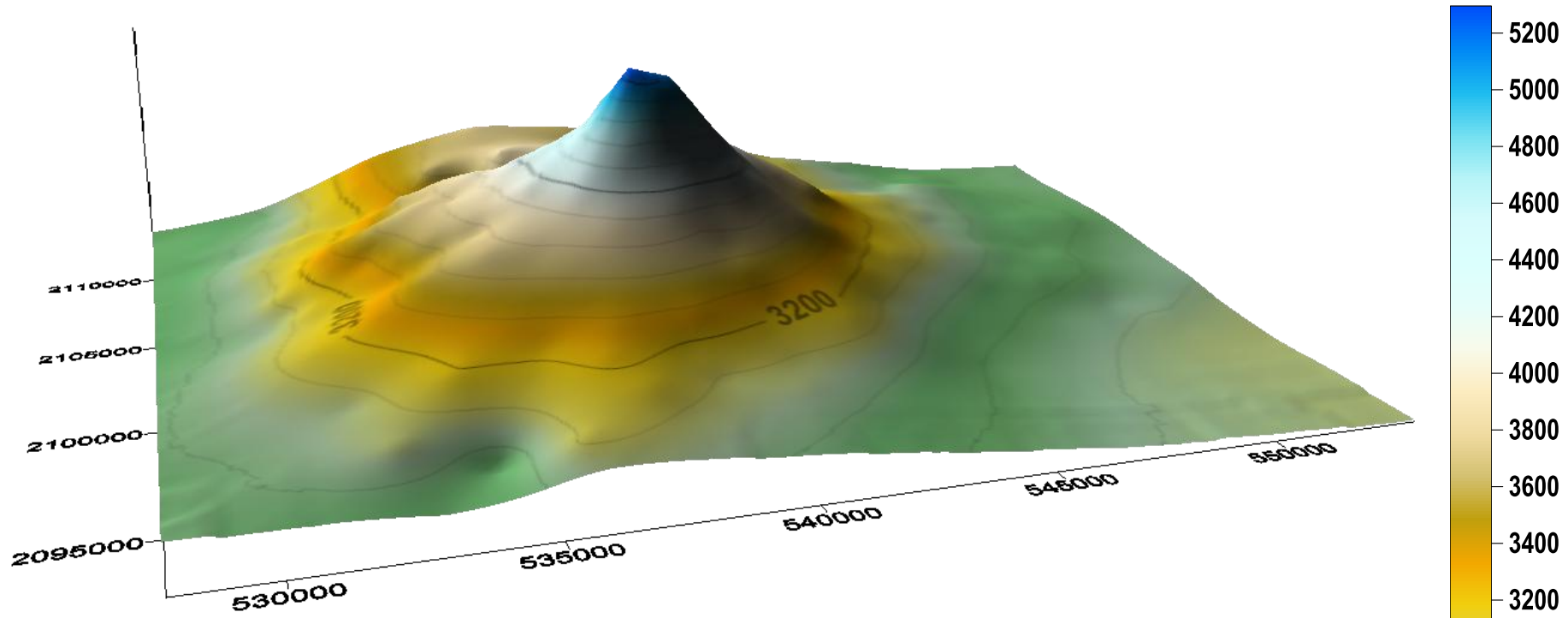
Perfil 1

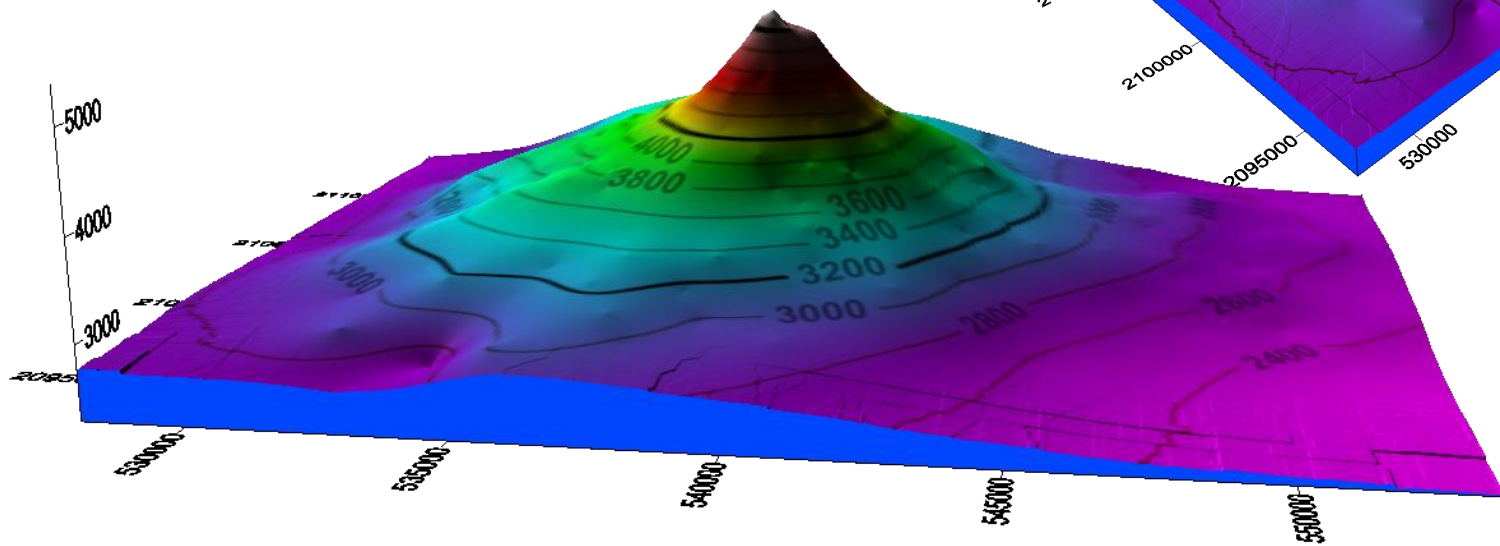
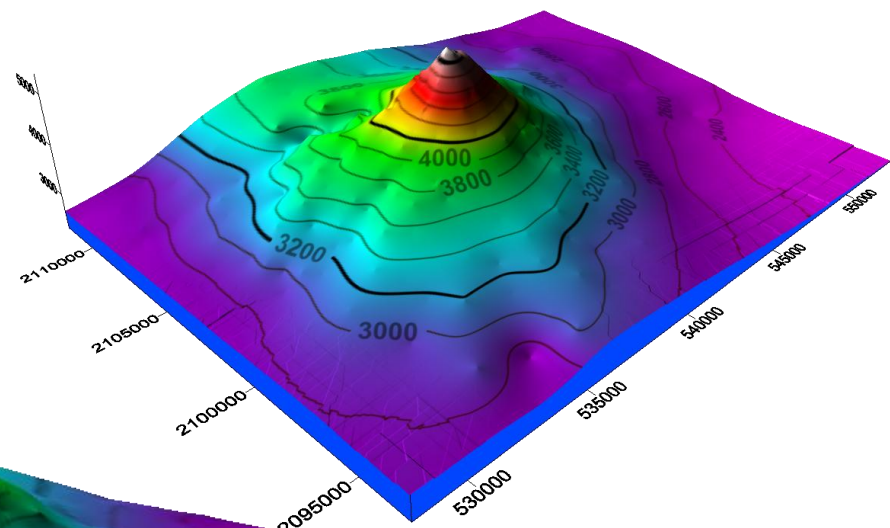
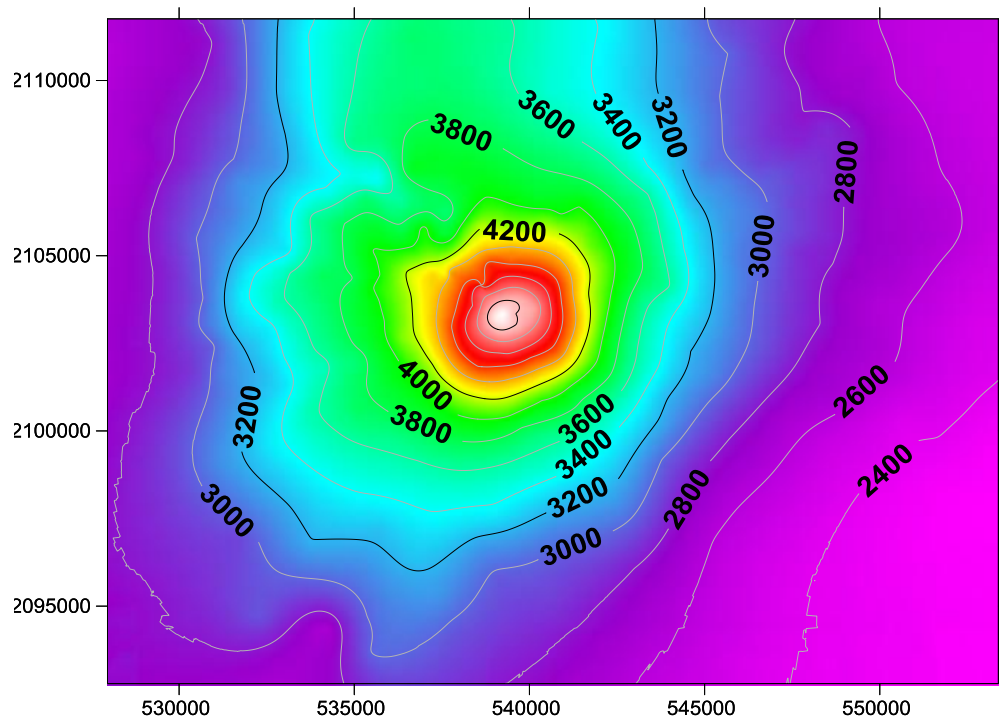


Perfil 2



Desde esta perspectiva se puede observar la deformación del cráter





La estructura de la geoforma volcánica se determinó como la diferencia entre la altura del mismo que es de 5426 msnm y la altura de la ciudad de Puebla de 2160 msnm:

$$Altura (h) = 3366 m$$

El radio promedio del cráter (radio menor) fue un resultado de,

$$r = 350.6108 m$$

La distancia desde Paso de Cortés hasta el centro geométrico del cráter fue de:

$$R = 7411.145 m$$

Se obtuvo la generatriz mediante la siguiente formula:

$$g = \sqrt{h^2 + (R - r)^2}$$

$$g = 7779.32508374328 m$$

El área lateral y total:

$$A_L = \pi \cdot (R + r) \cdot g$$

$$A_T = \pi[g \cdot (R + r) + R^2 + r^2]$$

$$A_T = 362631589.535399 m^2 = 362.631589535399 km^2$$

El volumen está dado por:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

$$V = 197159262153.032 m^3 = 197.159262153032 km^3$$

Datos estructura volcánica	
Radio Mayor [R]	7,411.145 m
Radio Menor [r]	350.610830508474 m
Altura [h]	3,266.00 m
Eje mayor	786.410 m
Eje menor	657.48 m
Semi eje mayor [S]	435.827 m
Semi eje menor [s]	317.93 m
Perímetro del cráter	2376.948 m

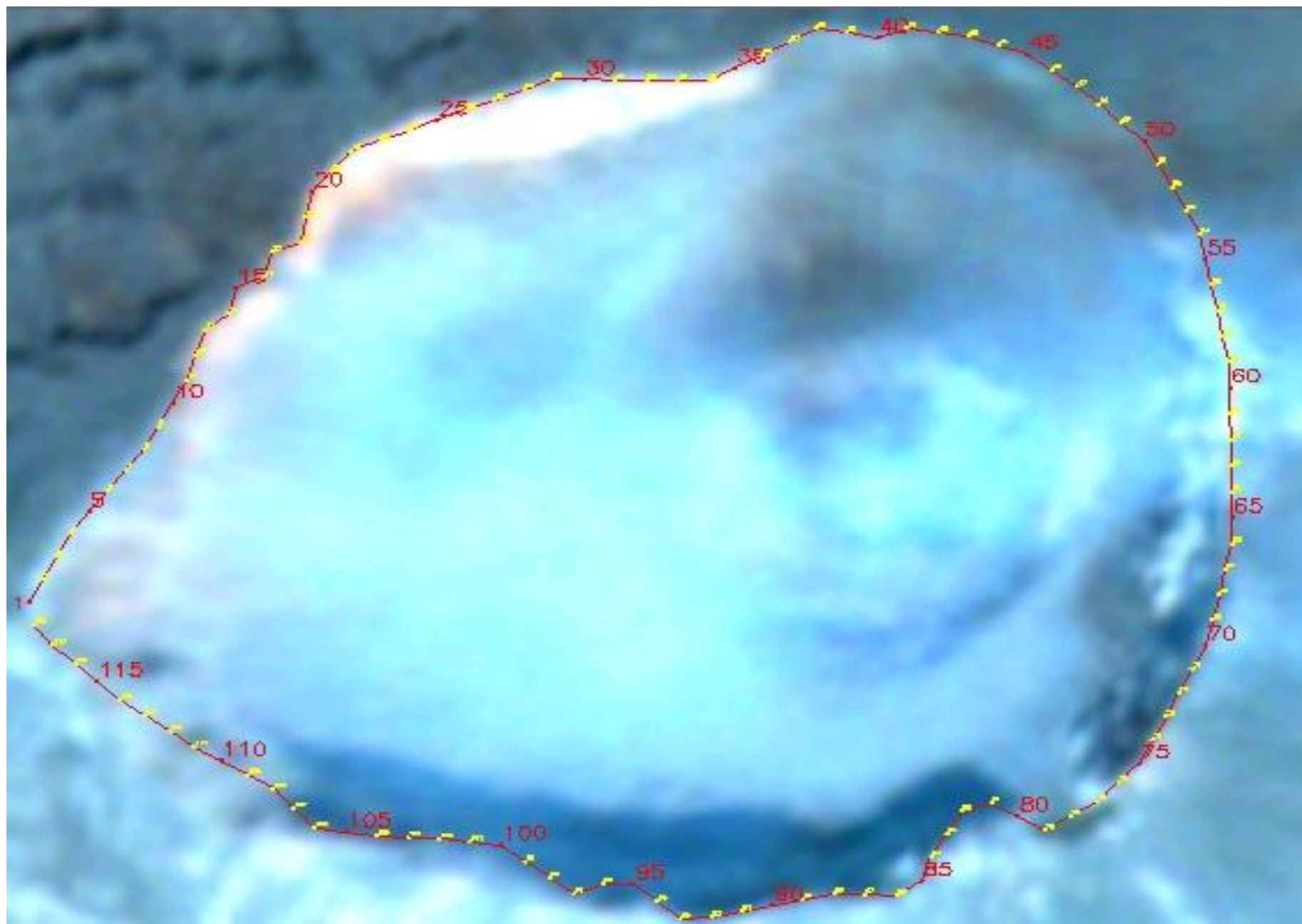


Coordenadas de los vértices del volcán a cada 20 mts.
Alturas y aceleración de la gravedad a cada 100 mts.

n	x	Y	z	Radio	Aceleración de la Gravedad
1	539182.2245	2103373.653	5392	435.827	9.7691661043819
2	539191.1769	2103391.538		423.4427	
3	539200.1292	2103409.422		411.6577	
4	539209.0816	2103427.307		400.5251	
5	539220.8815	2103443.455	5371	387.3719	9.7692312192100
6	539232.6813	2103459.603		374.8249	
7	539244.4812	2103475.751		362.9468	
8	539256.2811	2103491.9		351.8054	
9	539265.4557	2103509.671		344.2669	
10	539274.6303	2103527.443	5337	337.746	9.7693366064664
11	539283.7296	2103545.253		332.3849	
12	539289.0506	2103564.532		332.1974	
13	539295.5048	2103583.462		332.0283	
14	539310.7733	2103596.38		322.5875	
15	539314.9136	2103615.947	5299	327.0637	9.7694543377402
16	539333.1163	2103624.233		314.8808	
17	539338.1434	2103643.591		320.5961	
18	539356.8362	2103650.703		309.1799	
19	539359.321	2103670.548		319.277	
20	539363.9246	2103690.011	5267	328.4488	9.7695533985989
21	539376.437	2103705.613		330.2521	
22	539388.9494	2103721.215		333.248	
23	539407.3404	2103729.075		327.6831	
24	539425.7314	2103736.935		323.2619	
25	539444.1224	2103744.794	5241	320.0317	9.7696339434653
26	539462.5134	2103752.653		318.0289	
27	539480.9045	2103760.513		317.2765	
28	539499.2955	2103768.372		317.7836	
29	539517.6865	2103776.232		319.5441	
30	539537.6838	2103775.899	5212	314.1935	9.7697235919014
31	539557.681	2103775.567		310.0431	
32	539577.6782	2103775.235		307.1414	
33	539597.6755	2103774.902		305.524	
34	539617.6727	2103774.57		305.2115	
35	539634.9099	2103784.713	5185	316.3811	9.7698070683394
36	539652.1472	2103794.856		328.3899	
37	539669.3844	2103804.999		341.1494	
38	539686.6216	2103815.142		354.5784	
39	539706.419	2103812.302		356.7922	
40	539725.2472	2103823.284	5167	358.621	9.7698626163394

82	539779.8362	2103214		308.285	
83	539770.1326	2103196.512		317.8526	
84	539760.429	2103179.024		328.3609	
85	539754.0495	2103160.068	5213	342.4638	9.7697172631463
86	539737.6295	2103148.65		346.3118	
87	539717.6456	2103149.453		338.5418	
88	539697.6618	2103150.256		331.7969	
89	539678.0979	2103146.102		331.0725	
90	539658.6383	2103141.484	5211	332.0295	9.7697235895441
91	539639.1787	2103136.866		334.1828	
92	539619.642	2103132.586		337.1692	
93	539599.7023	2103131.035		338.5841	
94	539584.7506	2103144.318		325.9998	
95	539569.7989	2103157.602	5230	314.1856	9.7696651099437
96	539549.8012	2103157.902		316.904	
97	539531.4241	2103150.01		328.4249	
98	539515.8522	2103162.561		320.3248	
99	539500.2802	2103175.111		313.2938	
100	539484.7083	2103187.662	5282	307.4054	9.7695046379437
101	539464.8479	2103190.021		313.7524	
102	539444.9876	2103192.38		321.2212	
103	539425.0158	2103193.442		330.8786	
104	539405.044	2103194.504		341.3455	
105	539385.2964	2103197.672	5321	351.037	9.7693842839437
106	539365.5489	2103200.839		361.4909	
107	539352.2387	2103215.767		359.8488	
108	539338.9285	2103230.695		359.3142	
109	539322.1174	2103241.529		365.1809	
110	539305.3063	2103252.364	5349	372.0315	9.7692981847488
111	539288.4952	2103263.198		379.8129	
112	539272.4896	2103275.191		387.1906	
113	539256.484	2103287.183		395.4432	
114	539240.4784	2103299.176		404.5171	
115	539226.1742	2103313.154	5377	412.029	9.7692120855615
116	539211.87	2103327.132		420.359	
117	539197.5658	2103341.111		429.4595	
118	539185.4365	2103357.013		436.6834	
119	539182.2245	2103373.653	5392	SE cierra el polígono y no se toma en cuenta valor alguno	9.7691661043819
			Media del radio	350.610830508474	

Vértices del cráter.

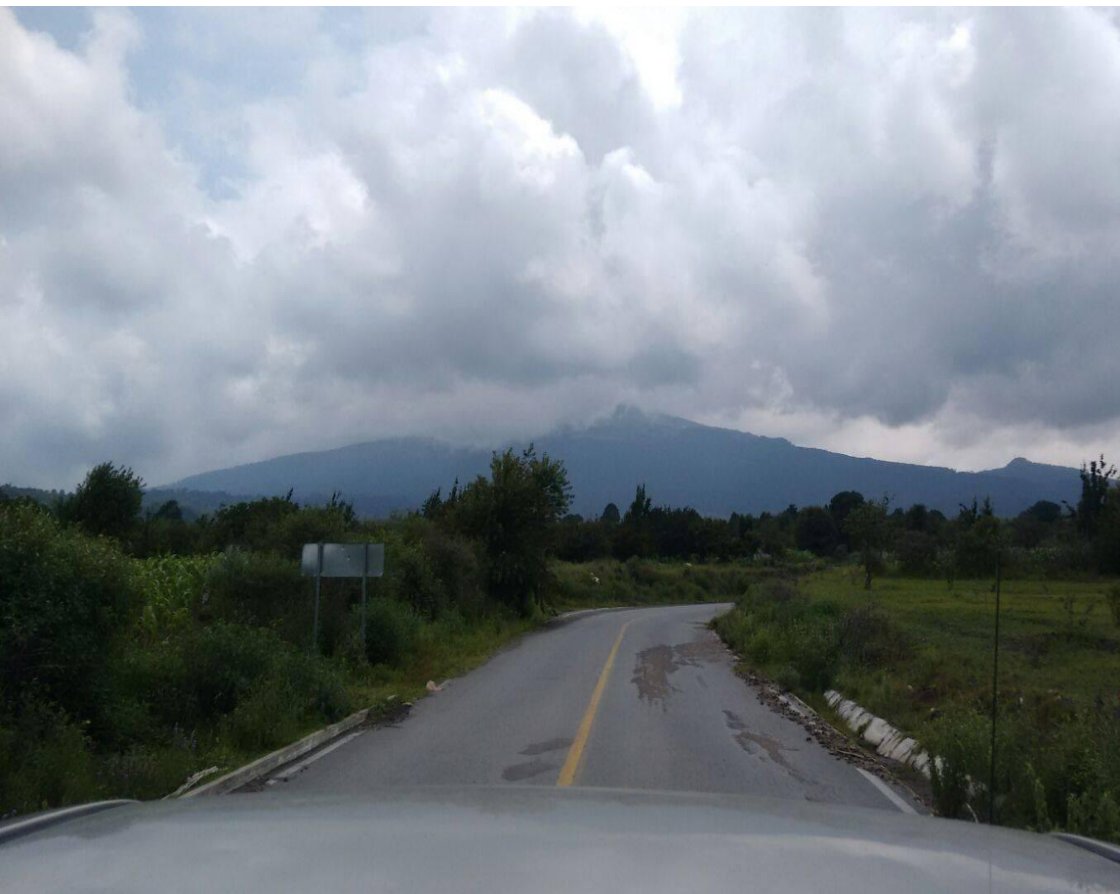


A partir de estos datos y en base a estudios anteriores se determinó el cálculo de la distancia de las comunidades cercanas al volcán al centro del cráter.

Comunidades consideradas:

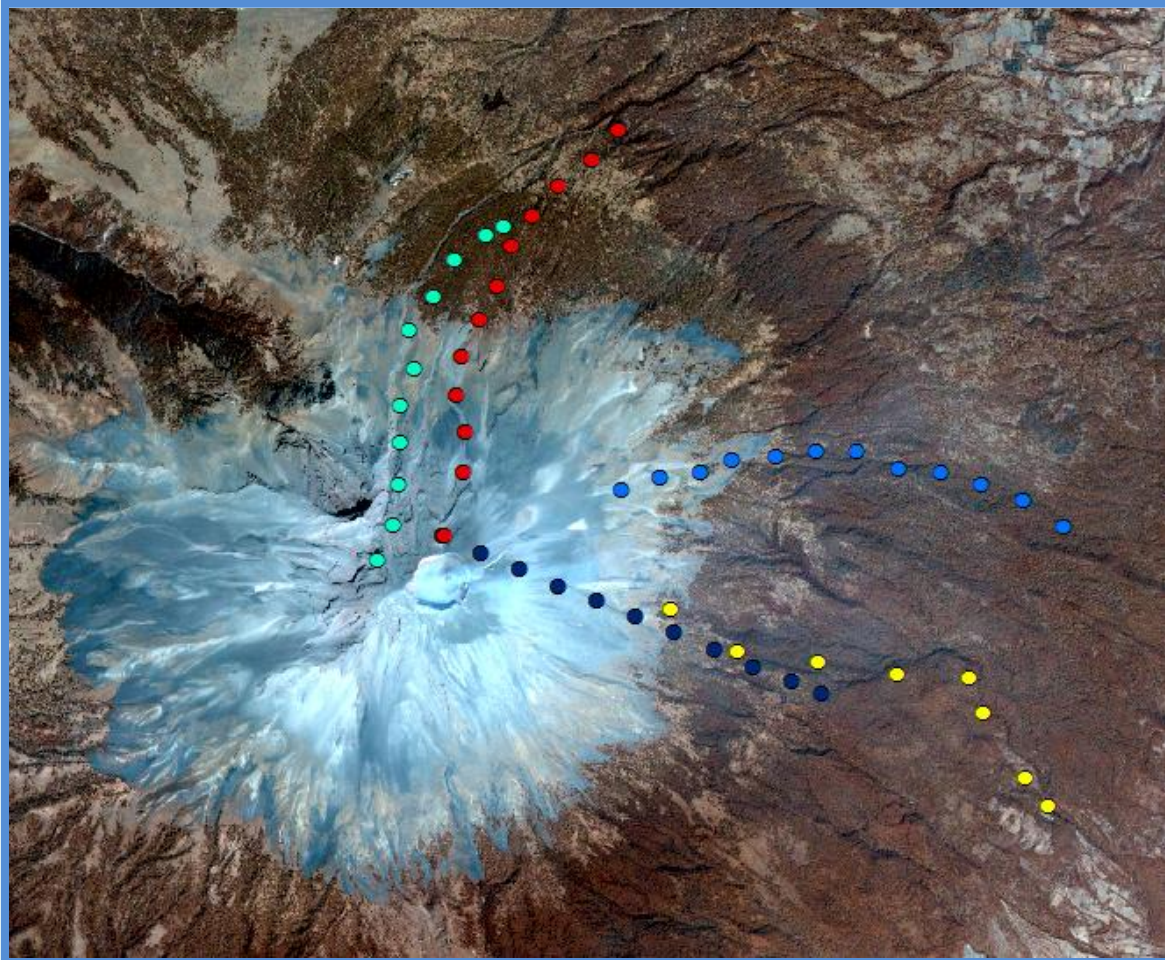
• Atlixco	Axocopan	Cabrera
• Calpan	Chapultepec	El león
• Emiliano Zapata	Guadalupe Hidalgo	Los molinos
• Metepec	Nealtican	San Agustín Ixtahuixtla
• San Baltazar Atlimeyaya	San Félix Hidalgo	Tlamapa
• San Francisco Buenavista	San Francisco Coapan	San Mateo Ozolco
• San Gregorio Zacapecpan	San Gregorio Atzompa	San Isidro
• San Jerónimo Tecuanipan	San Juan Tianguisimanalco	San Martín Tlamapa
• San Martín Tlapala	San Miguel Papaxtla	San Pedro Atlixco
• San Nicolás de los Ranchos	Santa Ana Acozautla	Santa Maria Acuexcomac
• Santiago Xalitzintla	Santo Domingo Atoyatempa	

Donde una de las comunidades más cercanas fue Santiago Xalitzintla, con un aproximado de 12 kilómetros.



Nombre	Coordenadas Geograficas								Coordenadas Decimales		Coordenadas UTM		Distancia al cráter (Km)
	Latitud				Longitud				Norte	Oeste	Norte	Oeste	
	G°	M'	S''	O	G°	M'	S''	O					
Atlixco	18	54	32	N	98	26	16	W	18.9088889	98.4377778	559234.616	2090637.38	22.728182
Axocopan	18	54	2	N	98	28	0	W	18.9005556	98.4666667	556195.165	2089705.83	20.774913
Cabrera	18	55	17	N	98	27	11	W	18.9213889	98.4530556	557621.436	2092015.49	20.682002
Calpan	19	6	20	N	98	27	49	W	19.1055556	98.4636111	556447.52	2112390.92	18.472233
Chapultepec	18	29	0	N	98	0	0	W	18.4833333	98	605574.779	2043953.11	85.483058
El León	18	55	57	N	98	27	25.99	W	18.9325	98.4572194	557151.27	2093446.59	19.717041
Emiliano Zapata	18	52	56	N	98	24	35	W	18.8822222	98.4097222	562199.001	2087696.26	26.711217
Guadalupe Hidalgo	19	4	0	N	98	25	10	W	19.0666667	98.4194444	561079.862	2108305.09	21.439309
Los Molinos	18	56	53	N	98	23	38	W	18.9480556	98.3938889	563841.584	2094986.64	25.087518
Metepec	18	56	20.73	N	98	28	18.81	W	18.9390917	98.4718917	555604.163	2094171.27	18.046243
Nealtican	19	2	54	N	98	25	37	W	19.0483333	98.4269444	560297.396	2106273.86	20.391611
San Agustín Ixtahuixtla	18	53	53	N	98	24	50	W	18.8980556	98.413889	561726.446	2089649.84	25.446118
San Baltazar Atlimeyaya	18	59	13	N	98	28	52	W	18.9869444	98.4811111	554645.737	2099260.51	15.221716
San Félix hidalgo	18	55	0	N	98	23	0	W	18.9166667	98.3833333	564937.338	2091720.14	27.341591
San Francisco Buenavista	19	1	35	N	97	50	8	W	19.0263889	97.8355556	622571.594	2103950.57	81.139486
San Francisco Coapan	19	4	14.999	N	98	22	7	W	19.070833	98.368611	566426.519	2108784.59	26.627958
San Gregorio Zacapecpan	19	3	18	N	98	20	59	W	19.055	98.3497222	568447.818	2106837.24	28.338483
San Gregorio Atzompa	19	1	37	N	98	20	41	W	19.0269444	98.3447222	568985.528	2103734.67	28.738113
San Isidro	18	53	56	N	98	23	17	W	18.8988889	98.3880556	564081.531	2200208.08	27.738635
San Jeronimo Tecuanipan	19	1	0	N	98	24	0	W	19.0166667	98.4	563144.561	2102779.32	23.073275
San Juan Tianguisimanalco	18	57	0	N	98	26	0	W	18.95	98.4333333	559660.17	2095390.89	21.169024
San Martín Tlamapa	18	57	34.999	N	98	24	27	W	18.959722	98.4075	562376.433	2096475.57	23.359153
San Martín Tlapala	18	58	0	N	98	26	0	W	18.9666667	98.4333333	559654.244	2097235.08	20.578859
San Mateo Ozolco	19	6	3	N	98	30	52	W	19.1008333	98.5144444	551102.096	2111852.76	13.790525
San Miguel Papaxtla	19	3	45	N	98	23	24	W	19.0625	98.39	564179.386	2107854.55	24.334628
San Nicolás de los Ranchos	19	4	0	N	98	28	60	W	19.0666667	98.4833333	554358.002	2108284.06	15.092866
San Pedro Atlixco	18	58	50	N	98	28	37	W	18.9805556	98.4769444	555086.425	2098554.86	15.822706
Santa Ana Acozautla	18	57	20	N	98	22	59	W	18.9555556	98.3830556	564979.259	2095820.51	25.918104
Santa Maria Acuexcomac	19	2	0	N	98	23	0	W	19.0333333	98.3833333	564892.158	2104629.61	24.765499
Santiago Xalitzintla	19	5	5	N	98	31	37	W	19.0847222	98.5269444	549792.094	2110066.39	11.797204
Santo Domingo Atoyatempa	18	54	16	N	98	22	23	W	18.9044444	98.3730556	566052.212	2090168.54	28.861928
Tlamapa	19	6	8	N	98	26	31	W	19.1022222	98.4419444	558727.708	2112029.2	20.321129

Barrancas



- Colorada
- Tenepanco
- Quimichule
- Xaltelulco
- Tepeloncocone

Conversión de coordenadas de los datos registrados (se ajusta a ITRF 2008)

TRANSFORMACION DE COORDENADAS

[NAD27 a ITRF92]

Coordenadas Geográficas

NAD27		ITRF92	
Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
98°12'56.5"W	19°01'12.4"N	98°12'57.379"W	19°01'14.900"N
-98.21569	19.02011	-98.21594	19.02081

Coordenadas en Proyección UTM

Zona: 14

NAD27		ITRF92	
x	y	x	y
582541.421	2103110.870	582514.154	2103313.555

Diferencia (ITRF92-NAD27)

x	y
-27.267	202.685

Coordenadas en Proyección CCL
(12, -102, 17.5, 29.5, 2500000, 0)



Conversión de Coordenadas

Datos					
Punto	Latitud	Longitud	Z	W	N
1	19° 1'46.74"	98° 37'22.835"	4962.988	539672.005	2104024.676
2	19° 1'56.567"	98° 37'21.576"	4760.342	539708.481	2104326.534
Datos					
Punto	Latitud	Longitud	Z	W	N
1	19°01'17.760"	98° 35' 49.847"	3920	542391.91	2103140.269
2	19°01'09.012"	98° 35' 36.060"	3680	542795.823	2102872.318
3	19°01' 00.768"	98° 35' 21.803"	3500	543213.32	2102619.414
4	19°00' 58.68"	98° 35' 05.856"	3360	543679.56	2102556.697
5	19° 00' 56.484"	98° 34' 49.008"	3250	544172.501	2102490.609
6	19° 00' 54.432"	98° 34' 32.808"	3150	544645.769	2102428.804
7	19°00' 51.731"	98° 34' 16.32"	3080	545128.049	2102346.38
8	19° 00' 52.020"	98° 34' 01.050"	3030	545574.45	2102356.312
9	19° 00' 30.183"	98° 33' 46.368"	2990	546003.96	2102300.982
10	19° 00'36.35"	98° 33' 40.572"	2900	546174.736	2101876.963
11	19°00' 25.128"	98° 33'30.600"	2840	546466.746	2101532.286
12	19°00'11.34"	98° 33'23.507"	2780	546675.861	2101108.854
13	18°59'59.856"	98° 33'14.148"	2730	546949.951	2100756.324
11	19° 0' 44.260"	98° 34' 47.400"	2900	544216.402	2102115.320

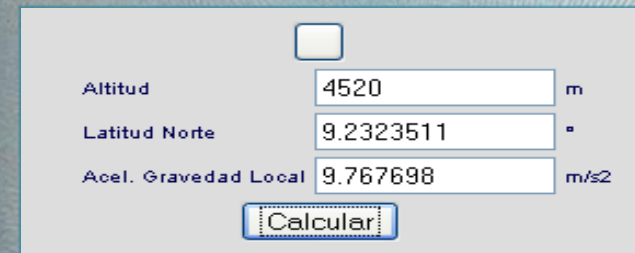
La barranca Xaltelulco tiene una longitud de 5.5 km, por lo que se realizaron 11 lecturas.

La barranca Tepeloncocone tiene una longitud de 6.5 km, por lo que se realizaron 13 lecturas.
 La barranca Quimichule tiene una longitud de 6.5 km, por lo que se realizaron 13 lecturas.
 La barranca Tenepanco tiene una longitud de 5.5 km, por lo que se realizaron 11 lecturas.



Desarrollo para el cálculo de la aceleración de la gravedad local

- La aceleración de la gravedad es la manifestación de la atracción universal que impulsa los cuerpos hacia el centro de la Tierra, es la fuerza que determina el peso de los cuerpos. Se denota como : $g=F/m_o$
- Aplicación de programa Metas:



Altitud	4520	m
Latitud Norte	9.2323511	°
Acel. Gravedad Local	9.767698	m/s²

Calcular

- Corroborando matemáticamente se utilizó la ecuación (1):

$$g_l = [g_e * (1 + (f^2 * \sin^2 \phi) - (F_4 * \sin^2 2\phi))] - (\Delta g * h) \quad (1)$$

donde:

g_l = Aceleración de la gravedad local (m/s^2).

$g_e = 9.7803185 m/s^2$, aceleración de la gravedad en el Ecuador ($\Phi = 0$).

$f^1 = 0.0053024$ (Aplastamiento gravitacional).

Φ = Latitud, en grados, minutos, segundos ($00^\circ 00' 00''$).

h = Altitud sobre el nivel medio del mar (m).

$F_4 = 0.0000059$

Cálculo de la aceleración parcial de la gravedad

XALTELULCO													
		COORDENADAS				Latitud °						Aceleración	Constantes para calcular la aceleración
TEPELONCOCONE													
Pto.	COORDENADAS		ALTURA (Z)	Latitud °			(Decimal)	sen ²	sen ² 2	Fza.de gravedad local (gl)	Constantes para calcular la gravedad de un punto cualquiera, con latitud diferente al Ecuador (ge)		
	W	N		o	'	''							
1	539672.005	2104024.676	4962.988	19	1	46.74	19.02965	0.106313	0.380044	9.770494			
2	539708.481	2104326.534	4760.342	19	1	56.567	19.03238	0.106343	0.380136	9.771121			
3	539904.737	2104780.647	4491.679	19	2	11.327	19.03648	0.106387	0.380275	9.771952			
4	539912.587	2105275.253	4291.082	19	2	27.42	19.04095	0.106435	0.380427	9.772574			
5	539826.346	2105712.186	4149.287	19	2	41.64	19.0449	0.106478	0.38056	9.773014			
6	539885.763	2106177.386	3978.361	19	2	56.759	19.0491	0.106523	0.380703	9.773543			
7	540088.629	2106617.608	3881.08	19	3	11.087	19.05308	0.106566	0.380838	9.773846			
8	540309.798	2107035.544	3820.266	19	3	24.66	19.05685	0.106606	0.380965	9.774036			
9	540463.511	2107507.299	3738.675	19	3	39.99	19.061108	0.106652	0.38111	9.77429			
10	540715.696	2107878.453	3651.994	19	3	52.055	19.06446	0.106688	0.381224	9.774559			
11	541054.072	2108243.504	3587.872	19	4	3.9	19.06775	0.106724	0.381335	9.774759			
12	541440.288	2108557.144	3500	19	4	14.087	19.07058	0.106754	0.381431	9.775032			
13	541756.322	2108918.483	3400	19	4	25.824	19.07384	0.106789	0.381542	9.775342			
9			2900	19	0	36.185	19.01034	0.106103	0.379381	9.77685			
10	546174.736	2101876.963	2900	19	0	36.359	19.0101	0.106103	0.379381	9.77685			
11	546466.746	2101532.286	2840	19	0	25.128	19.00698	0.10607	0.379275	9.777033			
12	546675.861	2101108.854	2780	19	0	11.34	19.00315	0.106028	0.379146	9.777216			
13	546949.951	2100756.324	2730	18	59	59.856	18.99996	0.105994	0.379038	9.777369			
												$\sum gl = 127.054561911$ No. Datos 13 Aceleración de la gravedad promedio de la barranca: 9.773427839	
												$\sum gl = 127.088231465$ No. Datos 13 Aceleración de la gravedad promedio de la barranca: 9.776017805	

Cálculo de la pendiente

Con curvas de nivel en la Carta Topográfica y aplicando el método de interpolación, se determinó la pendiente de las barrancas tomando lecturas a cada 500 metros a lo largo del cauce.

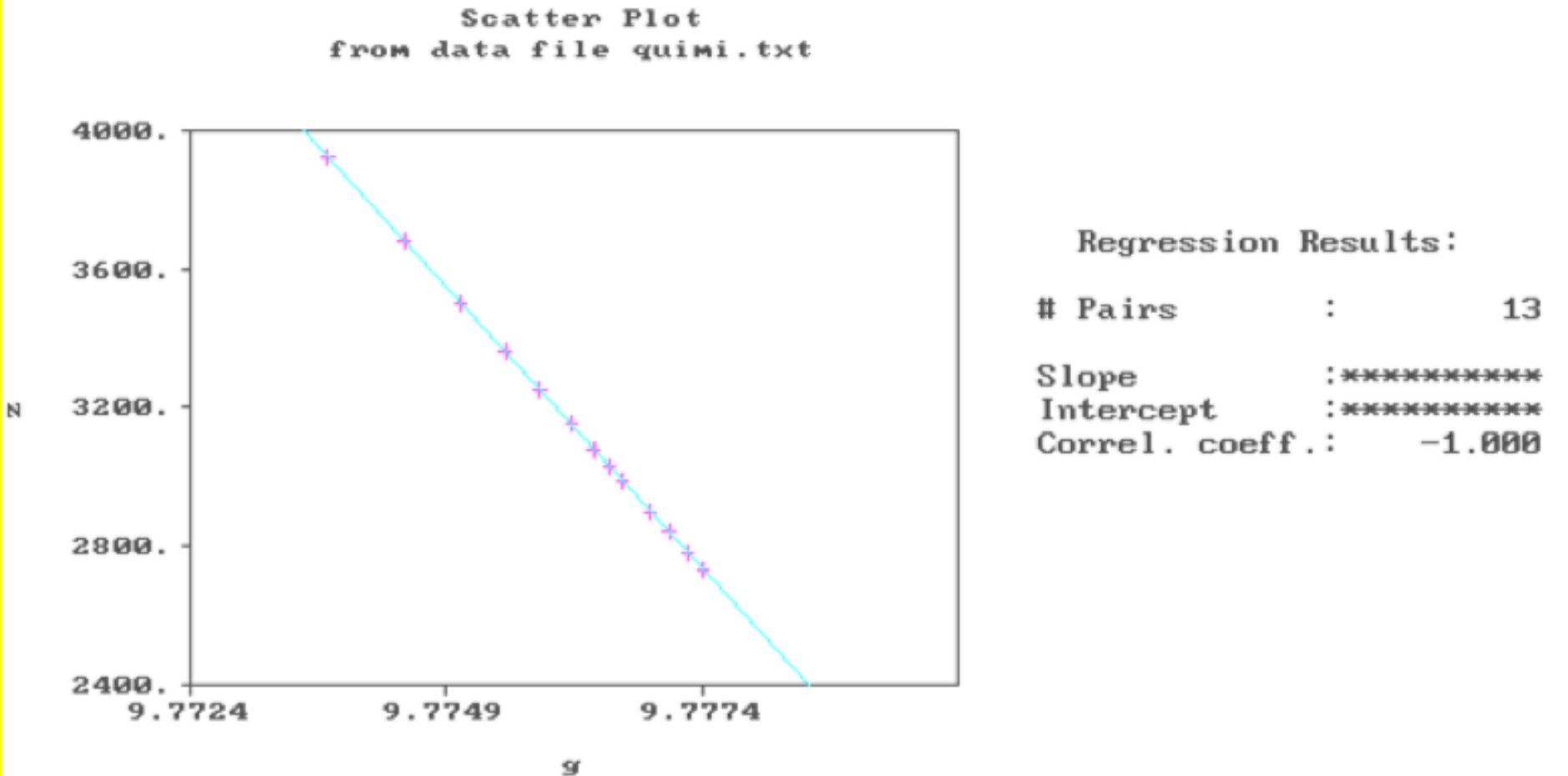
También, se calculó el promedio aritmético para los puntos en cada barranca.



Cálculo de la pendiente

Cálculo de la pendiente de la Barranca Quimichule								
Pto.	COORDENADAS		ALTURA (z)	Distancia	m =	Z2-Z1		
	W	N				D		
Pendiente Cauce								
1	542391.910	2103140.269	3920			Sm1+m2 =		-2.38
2	542795.823	2102872.318	3680	500	-0.48			
3	543213.320	2102619.414	3500	500	-0.36	Pendiente promedio de la Barranca -0.166153846 Punto alto 3920 Punto Bajo 2730		
4	543679.560	2102556.697	3360	500	-0.28			
5	544172.501	2102490.609	3250	500	-0.22			
6	544645.769	2102428.804	3150	500	-0.2			
7	545128.049	2102346.38	3080	500	-0.14			
8	545574.450	2102356.312	3030	500	-0.1			
9	546003.960	2102300.982	2990	500	-0.08	Longitud 6000 Pendiente entre puntos -0.1983333		
10	546174.736	2101876.963	2900	500	-0.18			
11	546466.746	2101532.286	2840	500	-0.12			
12	546675.861	2101108.854	2780	500	-0.12			
13	546949.951	2100756.324	2730	500	-0.1			

Análisis geostatístico aplicando el programa Geoeas



Barranca Toluquico
Barranca Quilichu
Barranca Quilichu

Covarianza y coeficiente de correlación

Se presenta un análisis con el fin de identificar la covarianza y el coeficiente de correlación para cada uno de los cauces y así obtener sus gráficas correspondientes.



La desviación estándar permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media.

La covarianza, medida de dispersión conjunta de dos variables estadísticas.

Las medidas anteriores se utilizaron para obtener el coeficiente de correlación, cuyo resultado en general para cada barranca se aproxima a -1.

Estadística de la Barranca Tepeloncocone									
Pto.	Altura	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$		Aceleración de la gravedad local	$(Y_i - \bar{Y})$	$(Y_i - \bar{Y})^2$		
1	3400	-616.4328	379989.359		9.775342	0.001914	3.6644E-06		-1.1800071
2	3500	-516.4328	266702.805		9.775032	0.001604	2.5723E-06		-0.8282729
3	3587.87	-428.5608	183664.333		9.774759	0.001331	1.7718E-06		-0.5704511
4	3651.99	-364.4388	132815.617		9.774559	0.001131	0.00000128		-0.4123161
5	3738.68	-277.7578	77149.378		9.77429	0.000862	7.4306E-07		-0.2394297
6	3820.27	-196.1668	38481.401		9.774036	0.000608	3.6948E-07		-0.1192396
7	3881.08	-135.3528	18320.372		9.773846	0.000418	1.7479E-07		-0.056588
8	3978.36	-38.0718	1449.46		9.773543	0.000116	1.3376E-08		-0.0044031
9	4149.29	132.8542	17650.247		9.773014	-0.000414	1.7153E-07		-0.0550231
10	4291.08	274.6492	75432.2		9.772574	-0.000854	7.2921E-07		-0.2345335
11	4491.68	475.2462	225858.98		9.771952	-0.001475	0.000002177		-0.7012102
12	4760.34	743.9092	553400.944		9.771121	-0.002307	5.3215E-06		-1.7160806
13	4962.99	946.5552	895966.805	Desviación Estandar 469.6055546	9.770494	-0.002934	8.6067E-06	Desviación Estandar 0.00145695	-2.7769326
	4016.43		220529.377		9.773428		2.1227E-06		-0.6841914
					Coeficiente de Correlación -0.999999331				Covarianza

Tabla 24. Barranca Celgrada
Tabla 25. Barranca Tepeloncocone.

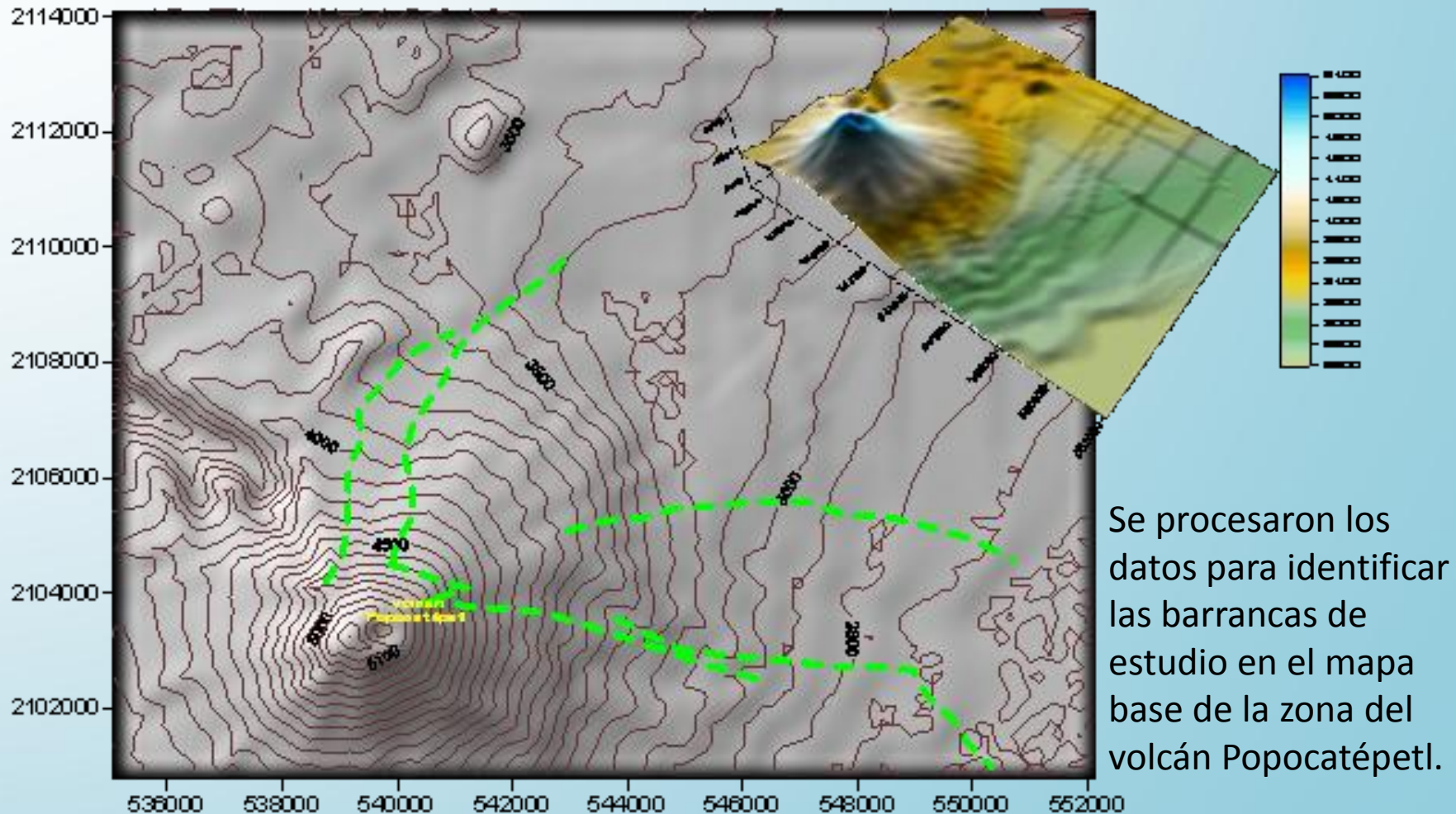
Univariate Statistics

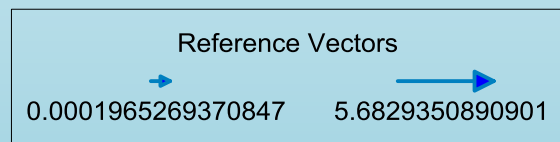
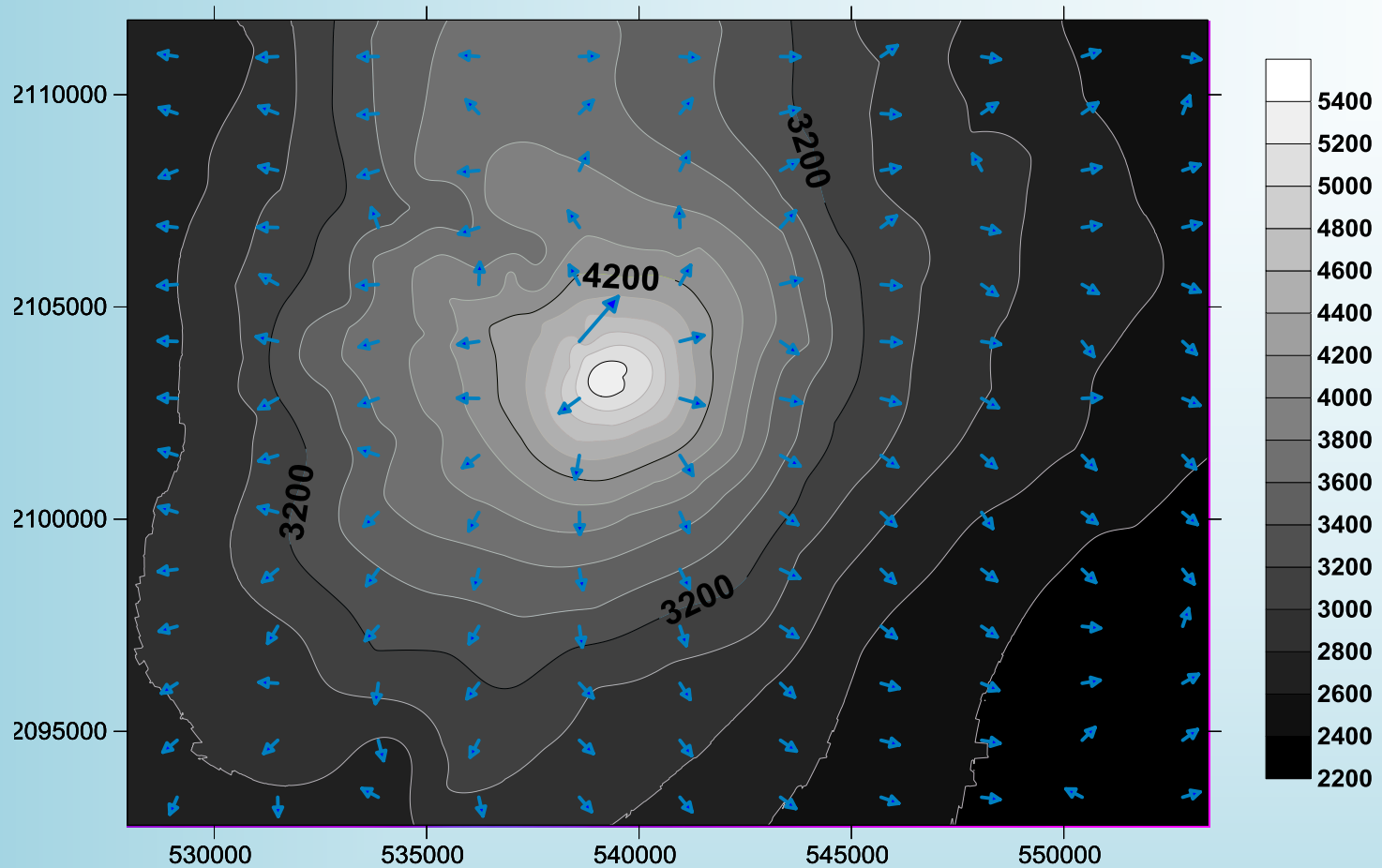
	X	Y	Z	
Minimum:	3400	9.770494114	9.770494114	
25%-tile:	3651.994	9.772573901	9.772573901	
Median:	3881.08	9.773845917	9.773845917	
75%-tile:	4291.082	9.774559212	9.774559212	
Maximum:	4962.988	9.77534209	9.77534209	
Midrange:	4181.494	9.772918102	9.772918102	
Range:	1562.988	0.00484797600000006	0.00484797600000006	34
Interquartile Range:	639.088	0.00198531100000003	0.00198531100000003	38
Median Abs. Deviation:	293.208	0.000913008000000127	0.000913008000000127	
Mean:	4016.4327692308	9.7734278392308	9.7734278392308	
Trim Mean (10%):	3986.4216363636	9.7735205187273	9.7735205187273	
Standard Deviation:	469.60555461303	0.0014569500142472	0.0014569500142472	36
Variance:	220529.37692341	2.1227033440148E-006	2.1227033440148E-006	-006
Coef. of Variation:			0.00014907257087415	21
Coef. of Skewness:			-0.63537864899006	1

Utilizando el software Surfer se obtuvo el análisis de las variables estadísticas entre la altura y la aceleración de la gravedad.

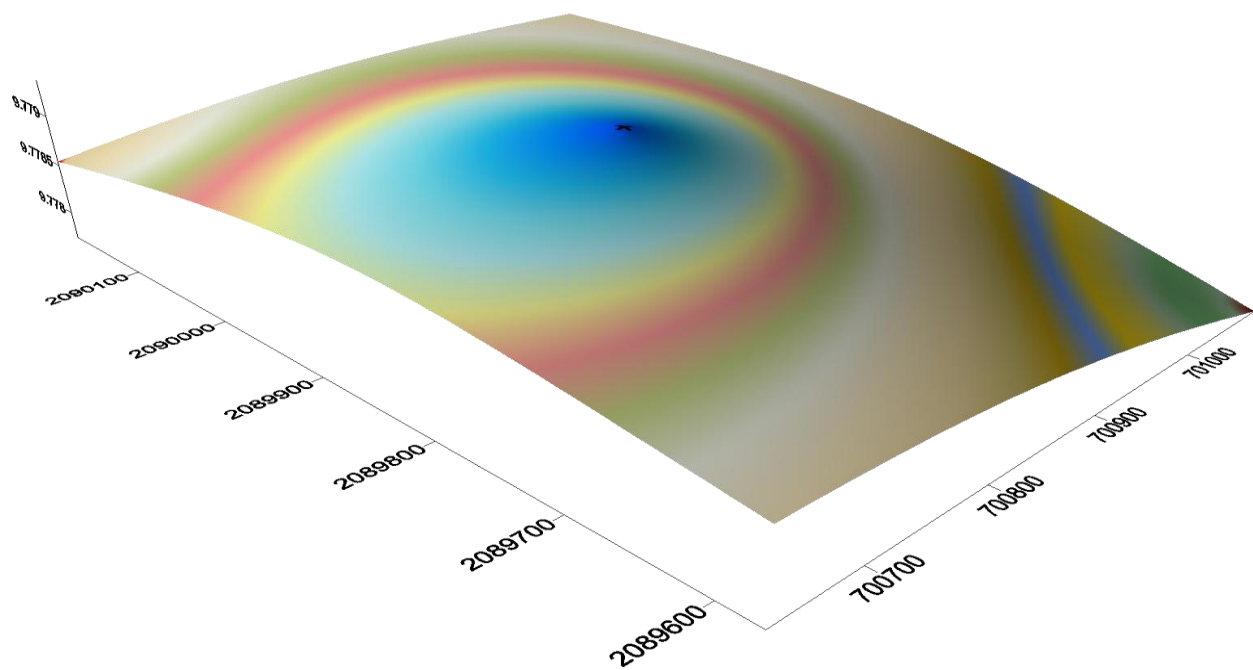
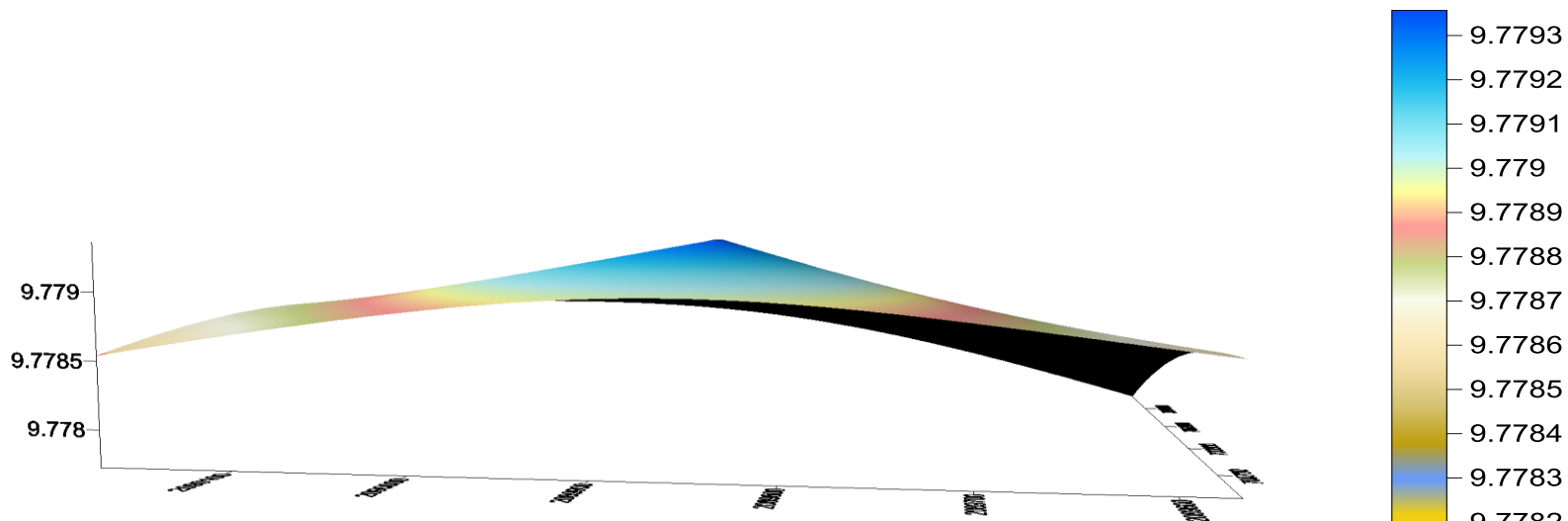
Modelación estructural con Surfer

La modelación estructural en 2D y 3D se realizó con el programa Surfer, en la que se identifican las cinco barrancas de estudio y el comportamiento vectorial de las mismas.



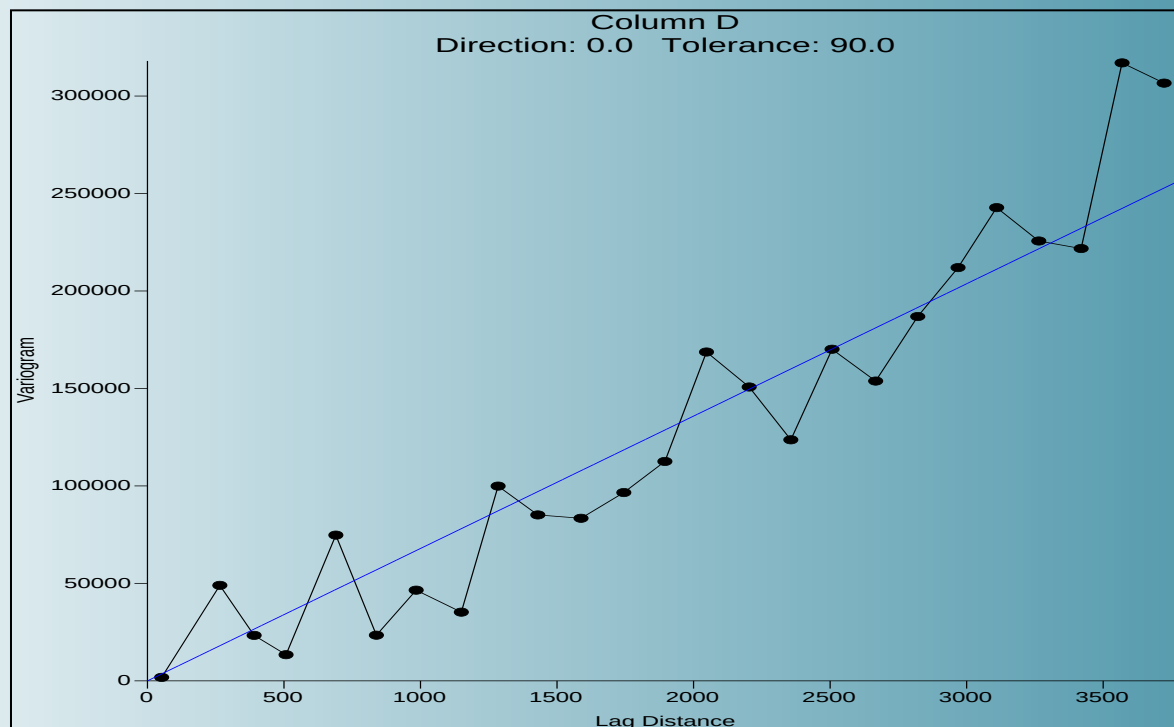


Dirección vectorial de las barrancas con respecto a su altura.



El variograma es una herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida.

En el caso de las barrancas, se elaboró el variograma de la altura.



Cálculo de la fuerza del agua

- Se denomina fuerza del agua a la cantidad de empuje que ejerce este líquido en dirección de la pendiente.
- Los cálculos realizados mediante el modelo matemático mostraron que la fuerza aumenta proporcionalmente a la inclinación de la pendiente.



CÁLCULO DE LA FUERZA DEL AGUA DE XALTRELULCO							
CÁLCULO DE LA FUERZA DEL AGUA TEPELONCOCON							
Pto.	ALTURA	Densidad del agua	m	Coseno de la Pendiente (Cos m)	Aceleración de la gravedad local del punto (gl)	Fuerzas Parciales	F = (d*cos m) (gl)
Pendiente del cauce							
1	3400						Σ Fi = 1172.77719711
2	3500	1000	0.2	0.999994	9.775032	97.749721	
3	3588	1000	0.175744	0.999995	9.774759	97.747129	Numero de datos 12 $F = \sum_{i=1}^n F_i$ 97.73143309 N
4	3652	1000	0.128244	0.999997	9.774559	97.745347	
5	3739	1000	0.173362	0.999995	9.77429	97.742451	
6	3820	1000	0.163182	0.999996	9.774036	97.73996	
7	3881	1000	0.121628	0.999998	9.773846	97.738239	
8	3978	1000	0.194562	0.999994	9.773543	97.734871	
9	4149	1000	0.341852	0.999982	9.773014	97.728397	
10	4291	1000	0.28359	0.999988	9.772574	97.724542	
11	4492	1000	0.401194	0.999975	9.771952	97.717128	
12	4760	1000	0.537326	0.999956	9.771121	97.706913	
13	4963	1000	0.405292	0.999975	9.770494	97.702497	

Barranca Tepehudo.



CÁLCULO DE LA FUERZA DEL AGUA DE COLORADA							
Pto.	ALTURA	Densidad del agua	m	Coseno de la Pendiente (Cos m)	Aceleración de la gravedad local del punto (g)	Fuerzas Parciales	$F = (d * \cos m)(gl)$
Pendiente del cauce							
1	4200						$\Sigma F_i = 1173.0020633$
2	4055	1000	-0.416168	0.999974	9.773300	97.73042	
3	3940	1000	-0.414141	0.999974	9.773655	97.73400	
4	3800	1000	0.398168	0.999976	9.774088	97.73852	Numero de datos $F = \sum_{i=1}^n F_i$
5	3640	1000	-0.114741	0.999998	9.774582	97.74562	
6	3440	1000	-0.417382	0.999973	9.775199	97.74940	
7	3315	1000	-0.412557	0.999974	9.775585	97.75331	
8	3195	1000	-0.000042	1	9.775954	97.75954	
9	3065	1000	0.000046	1	9.776355	97.76355	
10	2985	1000	-0.348323	0.999982	9.776601	97.76421	
11	2920	1000	-0.4171	0.999974	9.776801	97.76542	
12	2855	1000	0.5829	0.999948	9.777000	97.76494	
13	2840	1000	1.5829	0.999618	9.777046	97.73315	
							97.75017194 N

Barraza C. Toranzo.



CÁLCULO DE LA FUERZA DEL AGUA DE QUIMICHULE							
Pto.	ALTURA	sididad del a	m	Coseno de la Pendiente (Cos m)	Aceleración de la gravedad local del punto (gl)	Fuerzas Parciales	F = (d * Cos m)(gl)
Pendiente del cauce							
1	3920						Σ Fi = 1173.08566882
2	3680	1000	-0.416168	0.999974	9.774448	97.741897	
3	3500	1000	-0.414141	0.999974	9.775002	97.747464	Numero de datos 12 $F = \sum_{i=1}^n F_i$ 97.75713907 N
4	3360	1000	0.398168	0.999976	9.775434	97.751975	
5	3250	1000	-0.114741	0.999998	9.775773	97.75753	
6	3150	1000	-0.417382	0.999973	9.776081	97.758215	
7	3080	1000	-0.412557	0.999974	9.776297	97.760431	
8	3030	1000	-0.000042	1	9.776451	97.764509	
9	2990	1000	0.000046	1	9.776574	97.76574	
10	2900	1000	-0.348323	0.999982	9.77685	97.76669	
11	2840	1000	-0.4171	0.999974	9.777033	97.76774	
12	2780	1000	0.5829	0.999948	9.777216	97.767101	
13	2730	1000	1.5829	0.999618	9.777369	97.736376	

Quimichule.



Cálculo del gasto

- El gasto es el volumen de un líquido que pasa por una sección en un determinado tiempo, para este caso se obtuvo el gasto de cada una de las barrancas aplicando la ecuación (2) por el método racional.

$$Q = 0.278 * k * i * A \quad (2)$$

- Donde:

Q = Gasto en m³/s

k = coeficiente de permeabilidad

i = Gradiente hidráulico ($\Delta H/L$)

A = Área de captación

0.278 = Factor de conversión



Cálculo del gasto

Cálculo del gasto barranca Xaltelulco	
Área de la cuenca hidrológica	2835645.45 m ²
Longitud del cauce	5500 m
Coeficiente de permeabilidad (k)	0.05 cm/s
Gradiente hidraulico (i)	0.349091 m
Gasto	137.595829 m ³ /s

Cálculo del gasto barranca Tepeloncocone	
Área de la cuenca hidrológica	2990700 m ²
Longitud del cauce	6500 m
Coeficiente de permeabilidad (k)	0.05 cm/s
Gradiente hidraulico (i)	0.240462 m
Gasto	99.961617 m ³ /s

Cálculo del gasto barranca Tenepanco	
Área de la cuenca hidrológica	3395707.79 m ²
Longitud del cauce	5500 m
Coeficiente de permeabilidad (k)	0.05 cm/s
Gradiente hidraulico (i)	0.232727 m
Gasto	109.848060 m ³ /s

Cálculo del gasto barranca Colorada	
Área de la cuenca hidrológica	2356300 m ²
Longitud del cauce	6500 m
Coeficiente de permeabilidad (k)	0.05 cm/s
Gradiente hidraulico (i)	0.209231 m
Gasto	68.528454 m ³ /s

Cálculo del gasto barranca Quimichule	
Área de la cuenca hidrológica	4324587 m ²
Longitud del cauce	6500 m
Coeficiente de permeabilidad (k)	0.05 cm/s
Gradiente hidraulico (i)	0.183077 m
Gasto	110.050759 m ³ /s



Conclusiones

- ◆ La aplicación de programas geoestadísticos pone de manifiesto la importancia de la aplicación matemática en los análisis geomorfológicos, presentando diferentes gráficas y datos comparativos de los análisis así como los estudios de modelados estructurales en procesos geomorfológicos e hidrológicos.
- ◆ Se obtuvo una base de datos al hacer el cálculo de la gravedad de cada barranca en estudio, con esto se determinó que la barranca de mayor aceleración de la gravedad es Quimichule con un valor de 9.7760 m/s^2 y una pendiente de -0.1983333% , e inversa a ésta tenemos la barranca Xaltelulco con un valor de 9.7743 m/s^2 y una pendiente de -0.38400% .
- ◆ Para determinar el cálculo hidrológico de la fuerza del agua en cada barranca, se tomó en cuenta la gravedad local y la pendiente de sus perfiles expresada en porcentajes, obteniendo resultados que oscilan entre 97.72 N y 97.75 N .
- ◆ Este estudio pretende contribuir a los trabajos ya existentes, y se considera que los resultados obtenidos a través de herramientas tecnológicas aplicadas en el análisis representan un valioso aporte para el área de prevención de desastres naturales.



Bibliografía

- [1] **GARCÍA, F., R. RAMOS & R. DOMÍNGUEZ.** 1996. Posible flujo de lodo en el costado oriente del volcán Popocatepetl. En el libro Volcán Popocatepetl, Estudios Realizados Durante la Crisis de 1994-1995, Sistema Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Universidad Nacional Autónoma de México, 109-125.
- [2] **FRANCO, J. M., A. M. CASSANO & G. L. BOLLA.** 2005. Estabilidad de barrancas sobre el río Paraná. Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Regional de Paraná. Ed. Universidad Tecnológica Nacional. 1-119.
- [3] **SPIEGEL, M.** 2000. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc. Graw Hill. México.
- [4] **DÓNIZ, J.** 2002. El volcanismo basáltico de la dorsal de Pedro Gil en Tenerife. Universidad La Laguna. pp. 101-114.
- [5] **RAMOS, R., MÁXIMO, P., MONTIEL, A., GONZÁLEZ, Y. & RODRÍGUEZ, A.** 2010. Análisis fotogramétrico del volcán Citlaltépetl. Cartográfica, (84:105-116).
- [6] **GASQUET, C.** 2000. Analyse de fourier et applications. France. Ed. Dunod.
- [7] **GODMAN, P.** 2001. Principles of geographical information systems For Land Resources. Springer. USA.
- [8] **SCHENK, T.** 2002. Fotogrametría digital. España. Ed. Marcombo-ICC.
- [9] **LENNON, T.** 2002. Remote sensing digital image analysis. Ed. Esa/Esrin. USA.
- [10] [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5703/\(6\)Macias.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5703/(6)Macias.pdf).
- [11] [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5703/\(3\)Nieto.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5703/(3)Nieto.pdf).
- [12] <http://www.um.es/dp-geografia/papeles/n35/07%20Doniz%20101-114.pdf>.
- [13] <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc16159/doc16159-2c.pdf>.

¡GRACIAS!

