



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**Desarrollo de una aplicación Android para la obtención de alturas niveladas en tiempo real, por medio de posicionamiento N-TRIP, para la zona urbana del cantón Quito.**

*Autores : Apolo Matamoros, Kevin José García Guamangallo, Stephany Carolina*

*Director del Proyecto: Ing. César Leiva MSc.*

*Docente Evaluador: Ing. Izar Sinde, Ph.D.*

*Director de Carrera: Ing. Alexander Robayo, MSc.*

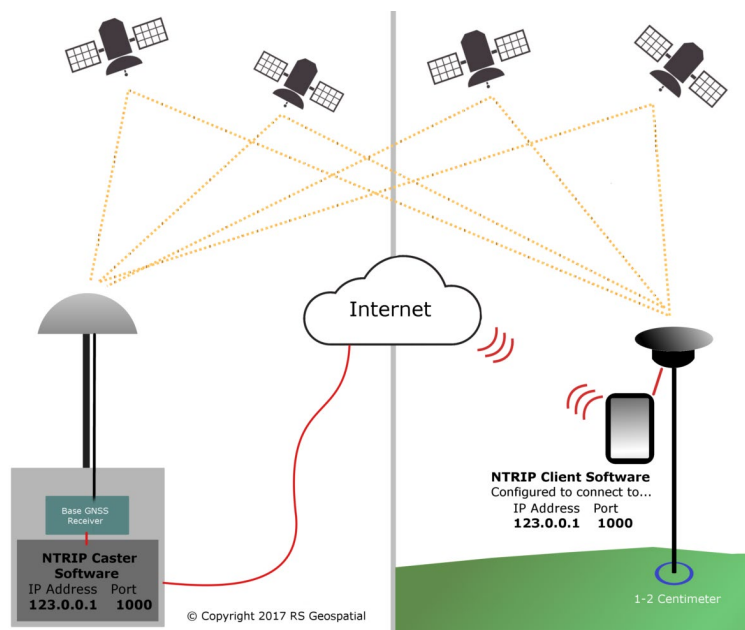
*Secretaria Académica: Abg. Michelle Benavides*



# 1. INTRODUCCIÓN



AVANCE TECNOLÓGICO



NTRIP



DESARROLLO DE APLICACIONES



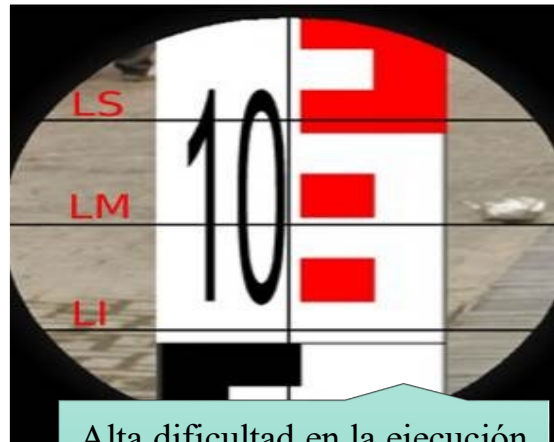
OPERACIONES EN TIEMPO REAL



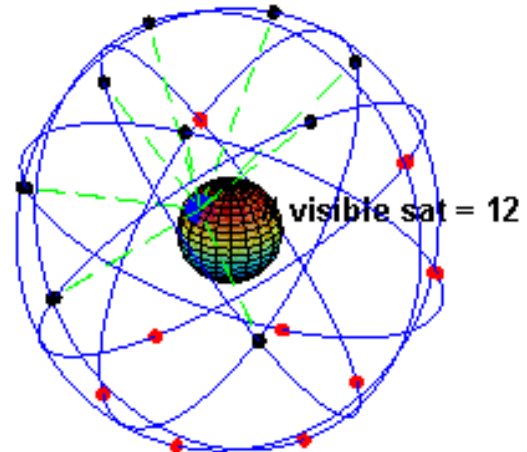
## 2. PROBLEMA



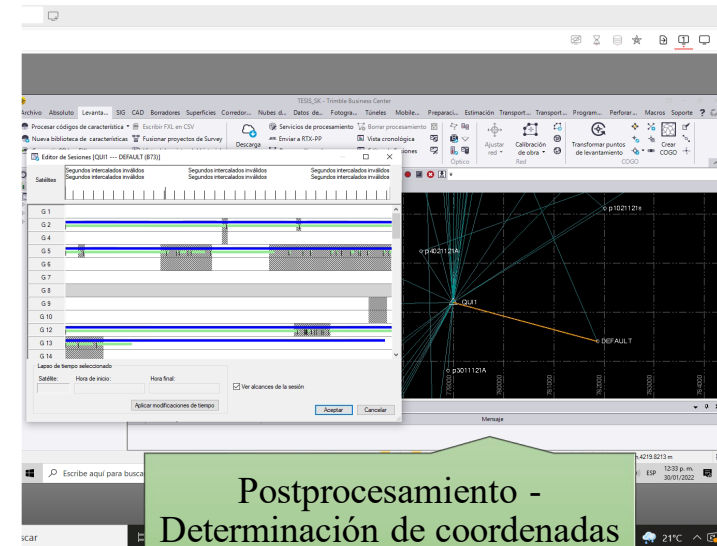
Campañas de nivelación.



Alta dificultad en la ejecución de la metodología de la nivelación tradicional.



Sistemas de posicionamiento global por satélite (GNSS)



Postprocesamiento - Determinación de coordenadas al nivel medio del mar



## 3. OBJETIVOS

### Objetivo General

Desarrollar una aplicación Android para la obtención de alturas niveladas en tiempo real, por medio de posicionamiento NTRIP, para la zona urbana del cantón Quito.

### Objetivos Específicos



Recopilar geoinformación respecto a puntos geodésicos, en la ciudad de Quito.



Realizar el posicionamiento GNSS, estático rápido de las placas de la Red de Control Básico Vertical del IGM en la ciudad de Quito.



Desarrollar una aplicación móvil en el entorno de Android Studio por medio del lenguaje de programación de JAVA que interactúe con los datos del posicionamiento NTRIP y aplique el método de nivelación GNSS, para obtener la elevación de los puntos.



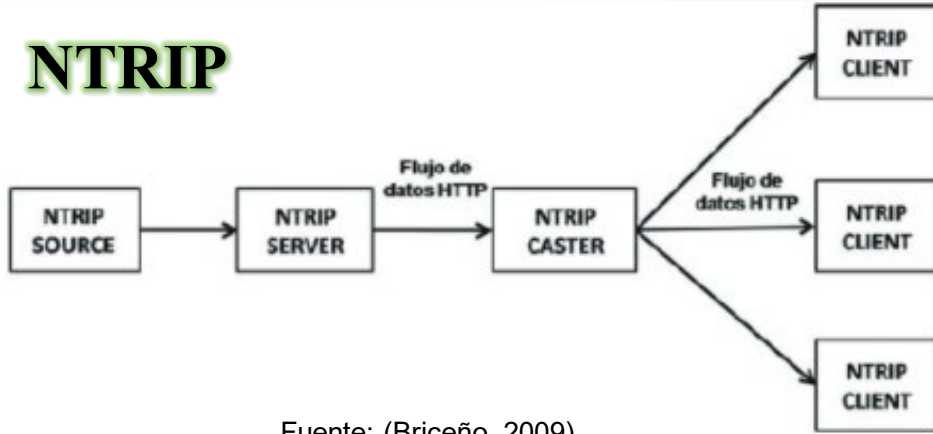
Validar estadísticamente los resultados de la aplicación generada, a partir de posicionamiento NTRIP sobre placas de control vertical del IGM en la ciudad de Quito.





# 4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

## NTRIP

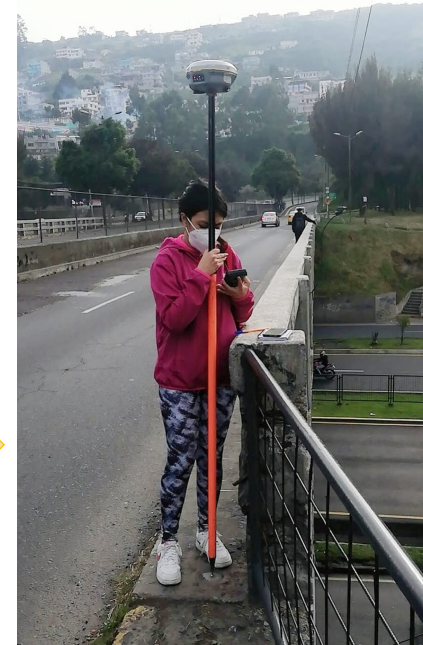


Fuente: (Briceño, 2009)



GNSS  
GPS + GLONASS

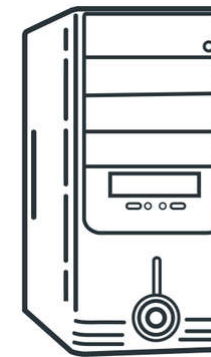
USUARIO NTRIP



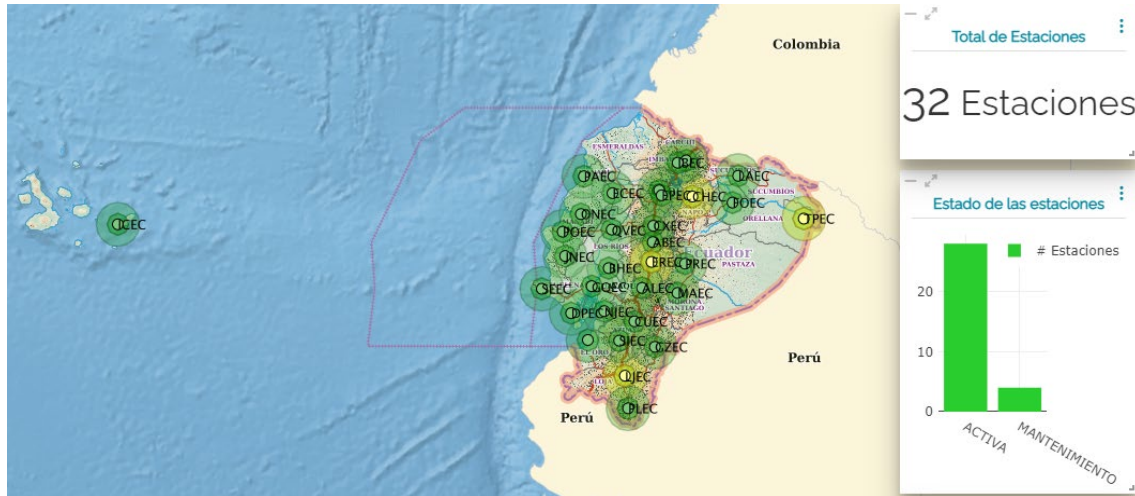
INTERNET



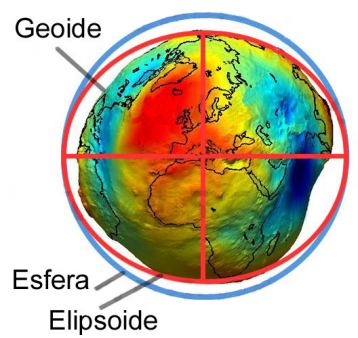
RED ACTIVA  
REGME



CASTER NTRIP  
IGM-QUITO  
ESPOCH-RIOBAMBA



# 4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS



## NIVEVLACIÓN GPS

$$H_P^n = h_P - \eta_P$$

$$H_Q^n = h_Q - \eta_Q$$

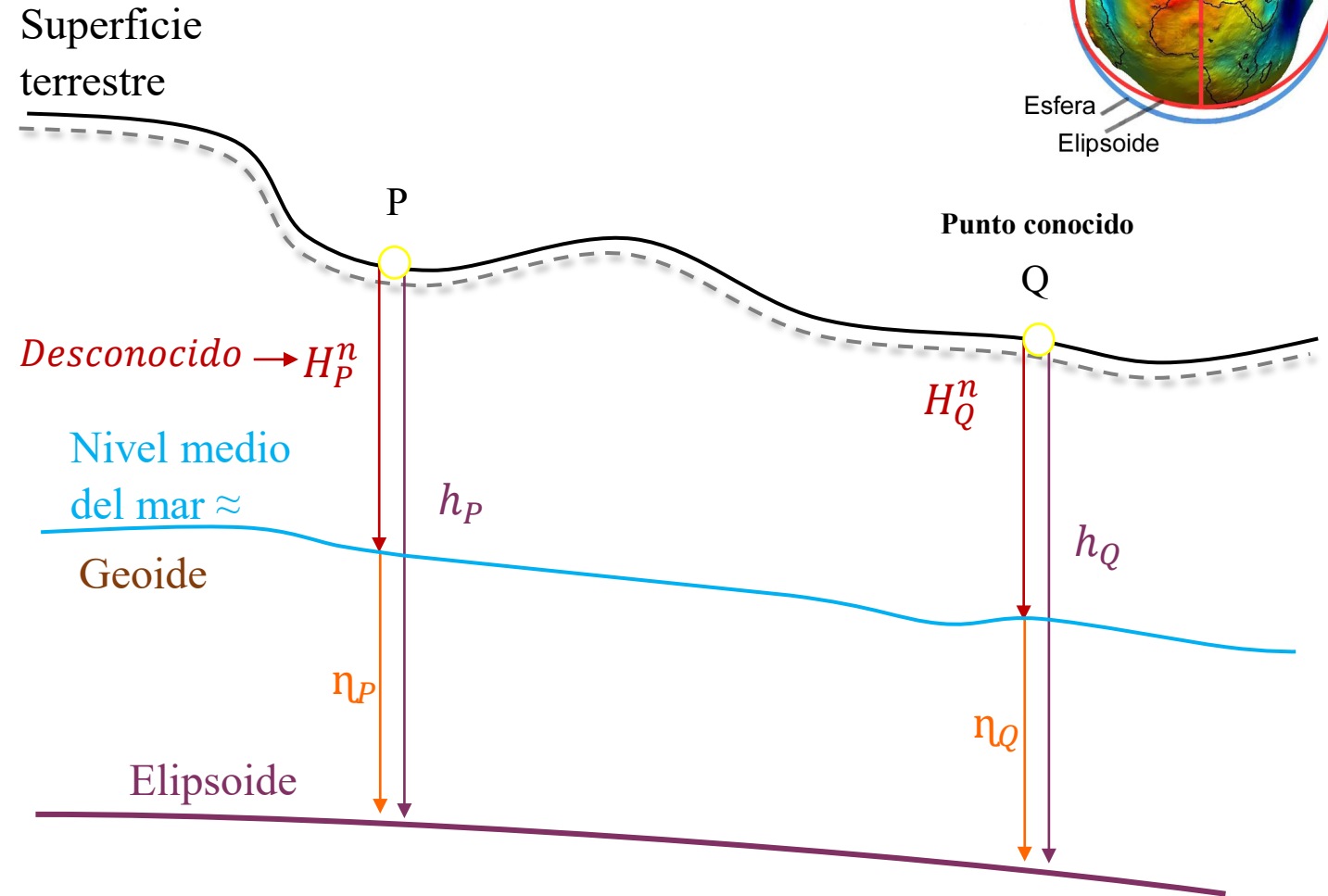
$$H_P^n - H_Q^n = h_P - h_Q - \eta_P + \eta_Q$$

$$H_P^n = H_Q^n + (h_P - h_Q) - (\eta_P - \eta_Q)$$

$H$ : Altura nivelada

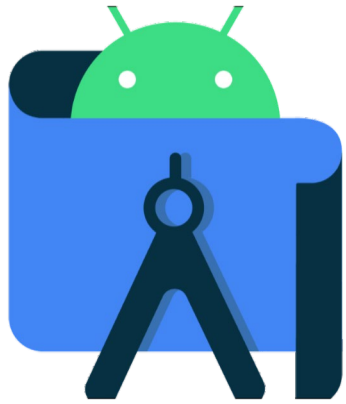
$h$ : Altura elipsoidal

$\eta$ : Ondulación geoidal



## 4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### DESARROLLO DE LA APP



Android Studio



Programación  
Orientada a objetos



Lenguaje Java

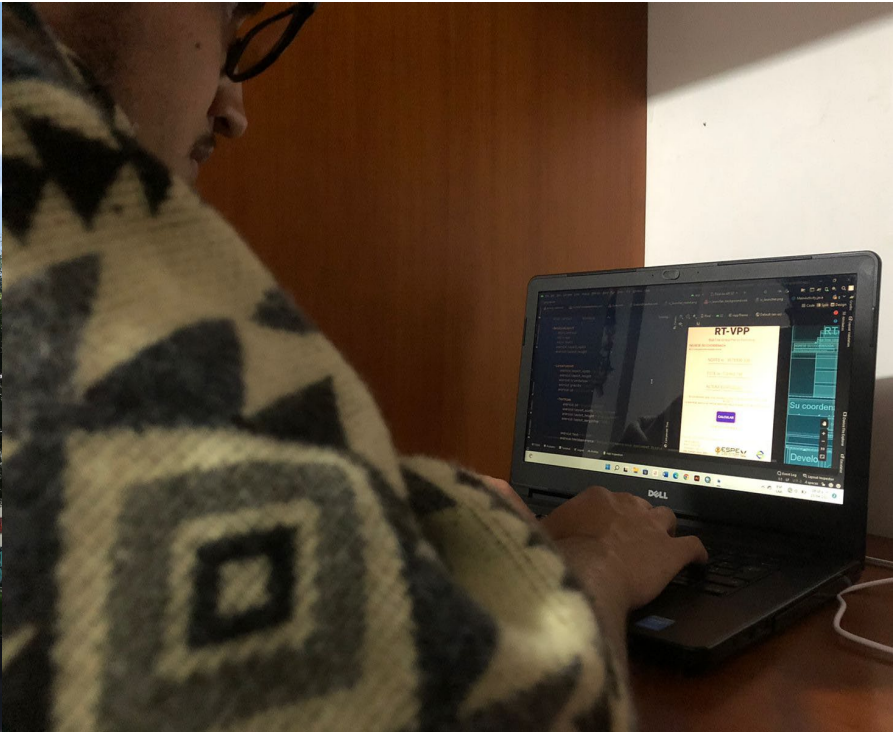


Programación en  
HTML





# 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

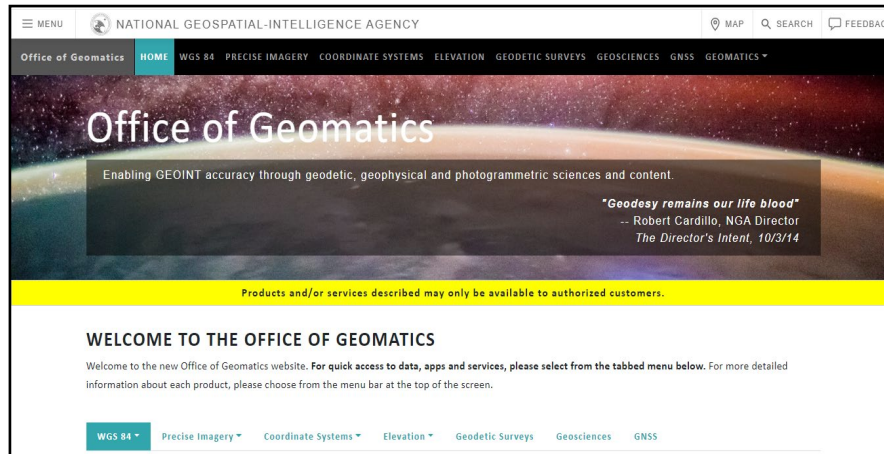




# 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



- **Modelo EGM08**
- ShapeFile Quito (Zona urbana)
- Monografías de placas de nivelación IGM



```
C:\Users\KevinPo\Downloads\drive-download-20220109T043213Z-001\hsynth_WGS84.exe
C(12,0) = -0.4107901409880-16
C(14,0) = 0.4471773567430-18
C(16,0) = -0.3463625645580-20
C(18,0) = 0.2411456030960-22
C(20,0) = -0.1602432927700-24

-----

Output Quantity
-----

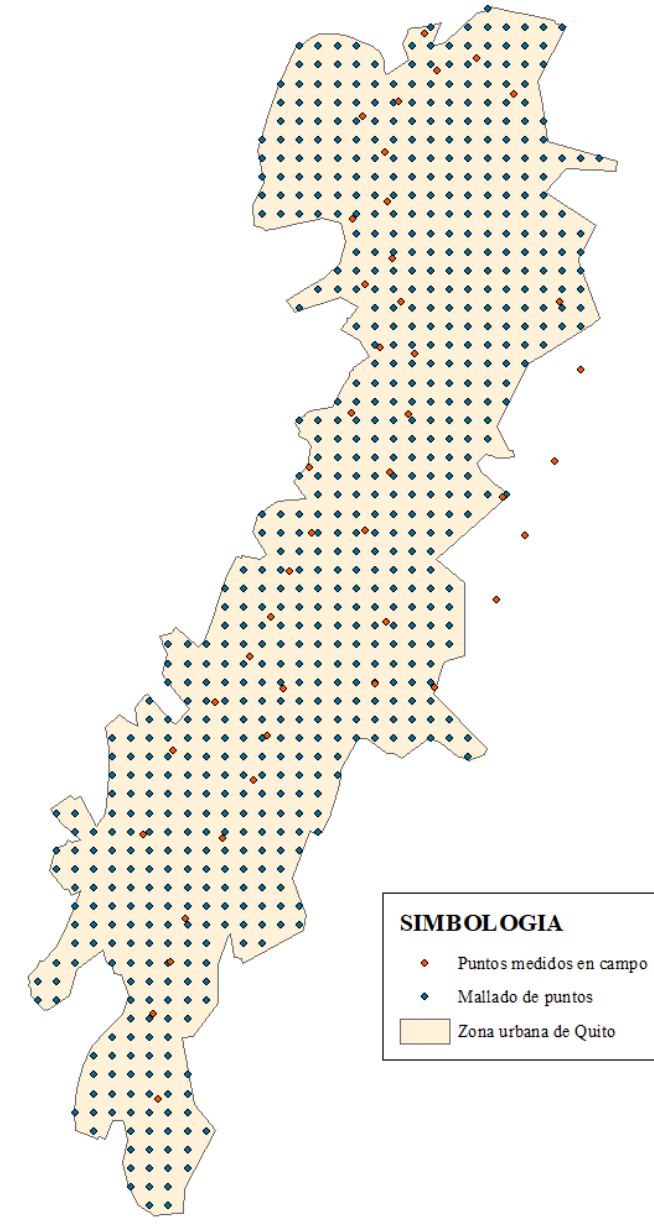
Computation for isw = 82:

Geoid Undulation .....(m).

Excluded Data Flag = 9999.00

Gravitational Model: EGM2008_to2190_TideFree
(Lmin = 2 Lmax = 2190).

aegm = 0.6378136300000+07 (m)
gmeqm = 0.3986004415000+20 (m**3/S**2)
```



Fuente: (NGA, 2022)



# 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

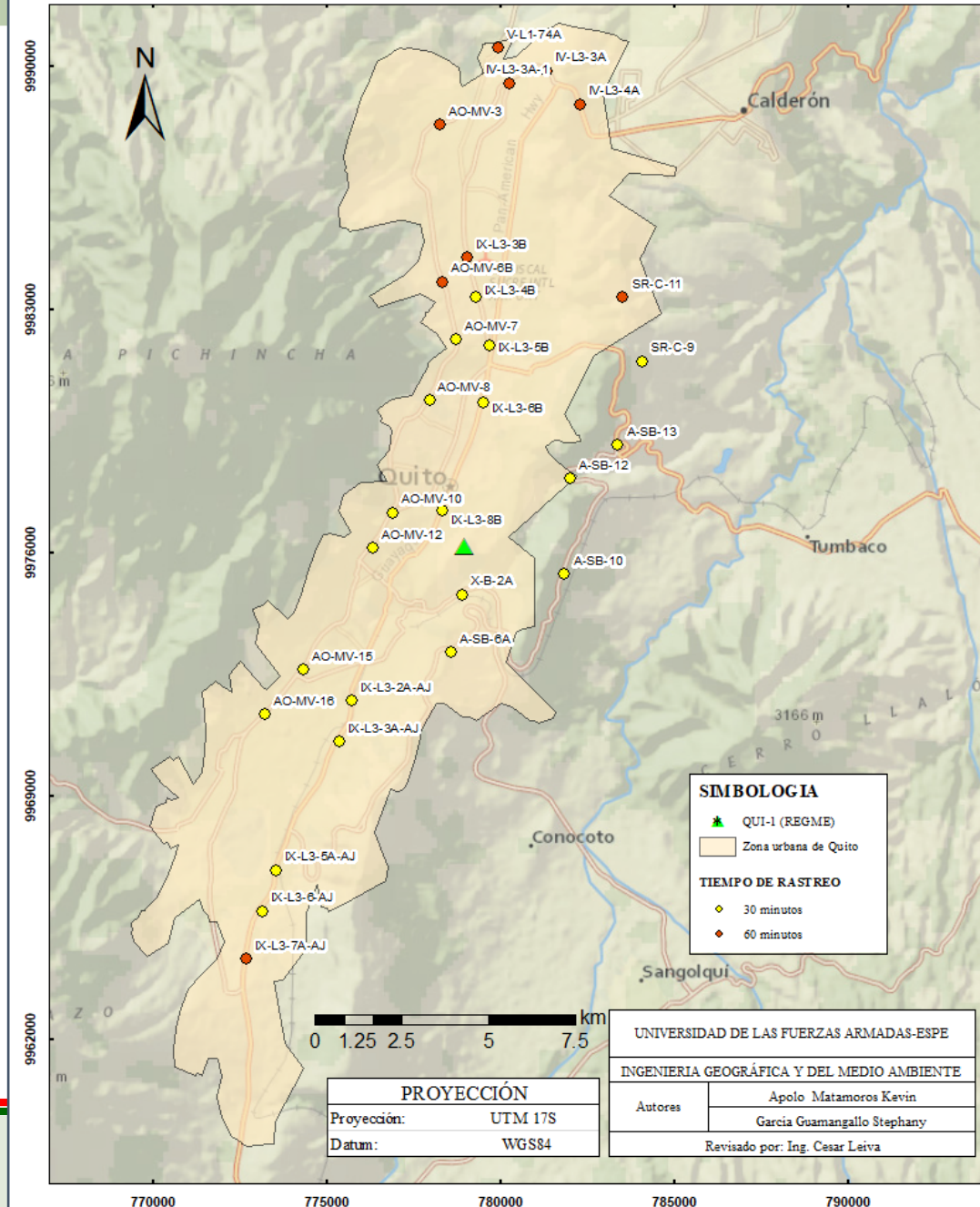
Posicionamiento GNSS

- Puntos de control: Se utilizara el posicionamiento estático rápido con tiempo de rastreo de 30 minutos en las placas que se encuentran ubicadas a un distancia menor de 10 kma a la base de monitoreo continuo (QUI1) mientras que las que tengan mayor distancia el tiempo de rastreo será 60 minutos



Parámetro	Descripción
Razón de grabación	1 segundos
Máscara de elevación	10°
Tiempo de ocupación	30 minutos y 1 hora
Frecuencia	Doble
PDOP máximo	7
Tipo de efemérides	Igr

## Tiempo de rastreo de las placas IGM



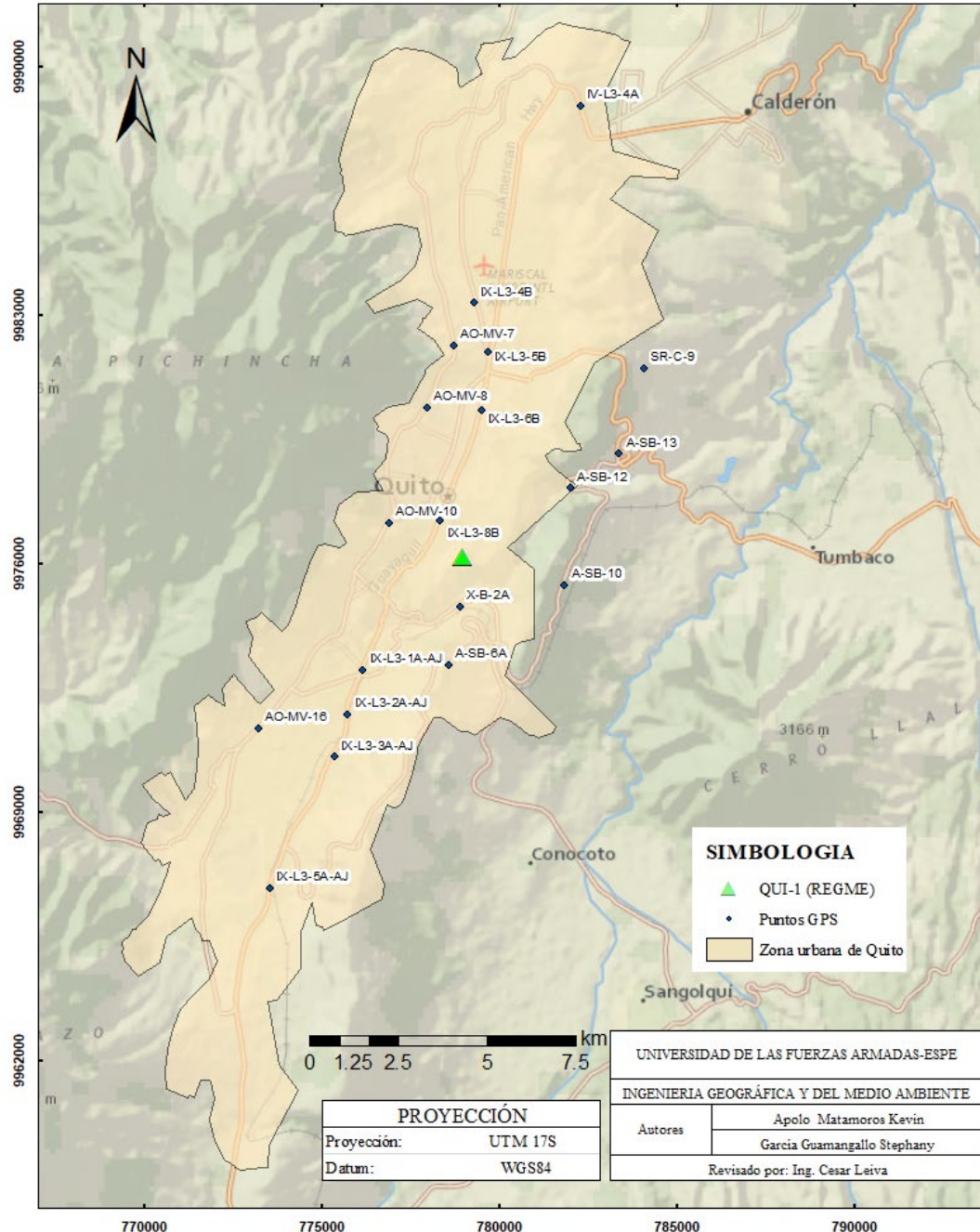


# 5. METODOLOGÍA D



<b>Proyección</b>	
<b>Mascara de elevación</b>	
<b>Intervalo de procesamiento</b>	
<b>Tipo de efeméride</b>	
<b>Control de calidad de procesamiento</b>	Indica
<b>Hz</b>	0.005 m
<b>Vr</b>	0.01 m
<b>Satélites</b>	

## Puntos GPS seleccionados para la elaboración de la aplicación



PROYECCIÓN	
Proyección:	UTM 17S
Datum:	WGS84

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE	
INGENIERIA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE	
Autores	Apolo Matamoros Kevin Garcia Guamangallo Stephany
Revisado por: Ing. Cesar Leiva	

Proyección: IGM S003 1987	Cantón: Quito
	Provincia: Pichincha

...za del edificio principal del Instituto Geográfico r.  
 ...ctura piramidal metálica de 2 m de altura. Sobre se ubica la base nivelante (SECO) en la cual se entra la antena.

RF2008:	
12° 54.5622" S	X.....: 1272867.284 m.
29° 36.9892" W	Y.....: -6252771.983 m.
2922.389 m.	Z.....: -23801.657 m.
778986.301 m.	Altitud sobre el nivel medio del mar:
976195.853 m.	Época de referencia: 2016.4
17 Sur	

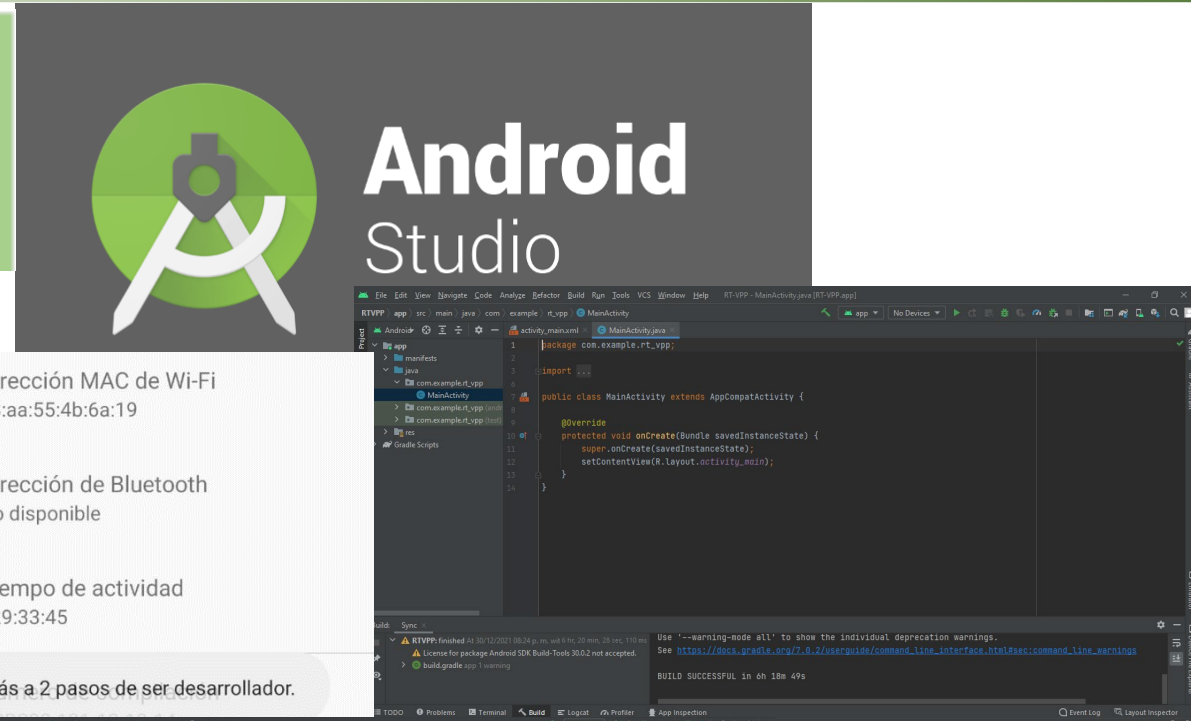


**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Desarrollo de la aplicación Android para la obtención de puntos nivelados

- Generación del código fuente de la aplicación, con los datos obtenidos en el posicionamiento GNSS (de placas IGM) y el modelo de ondulación geoidal EGM08.
- Programación basado en objetos en lenguaje Java



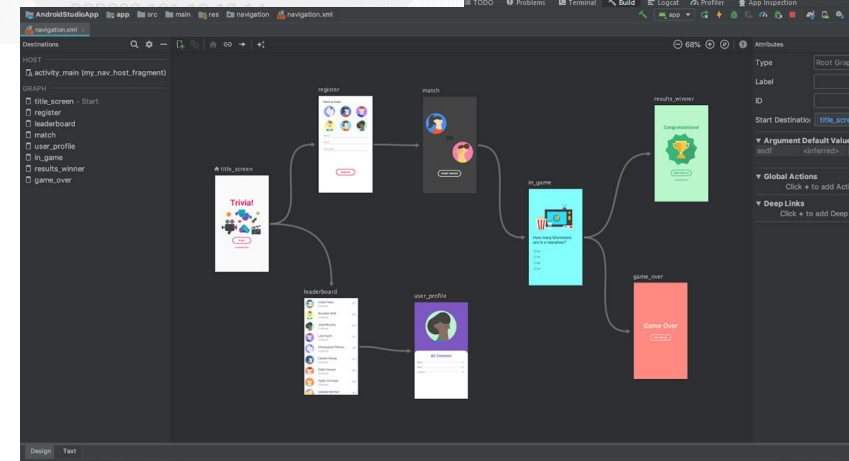
## Android Studio

### Programación

- Java
- HTML
- Orientado a objetos
- Funciones

### Adecuación del entorno

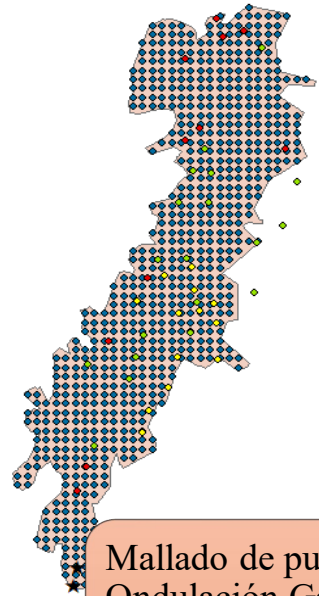
- Un dispositivo Android en modo desarrollador





# 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## Modelo Geoidal



Mallado de puntos con Ondulación Geoidal

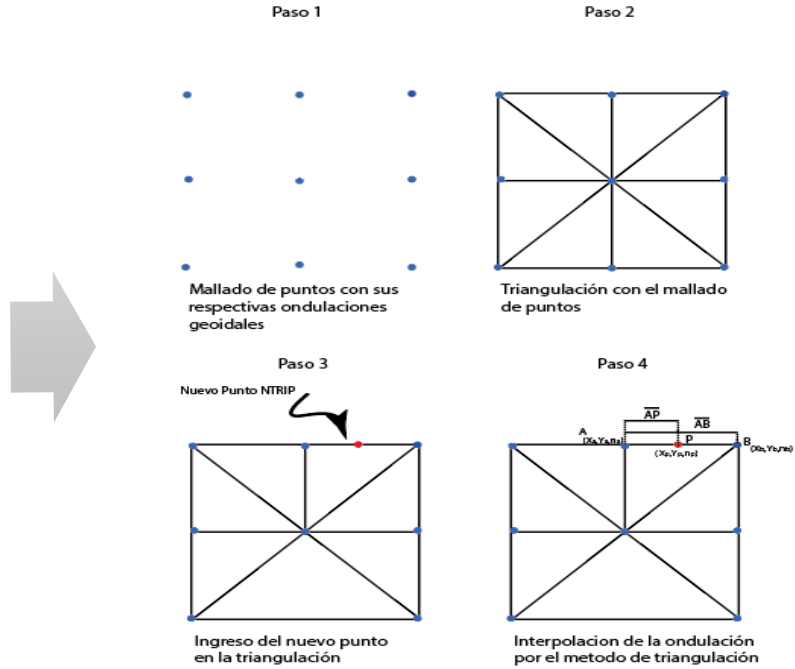
- Cada 1 km



```
{780616, 2428, 9987068, 202},  
{781616, 2414, 9987068, 193},  
{782616, 2401, 9987068, 185},  
{783616, 2387, 9987068, 176},  
{775616, 2579, 9988068, 242},  
{776616, 2565, 9988068, 234},  
{777616, 2552, 9988068, 226},  
{778616, 2539, 9988068, 217},  
{779616, 2525, 9988068, 209},  
{780616, 2512, 9988068, 2},  
{781616, 2498, 9988068, 192},  
{782616, 2484, 9988068, 183},  
{776616, 2649, 9989068, 232},  
{777616, 2636, 9989068, 224},  
{778616, 2622, 9989068, 216},  
{779616, 2609, 9989068, 207},  
{780616, 2595, 9989068, 199},  
{781616, 2582, 9989068, 19},  
{782616, 2568, 9989068, 182},  
{777616, 272, 9990068, 223},  
{779616, 2693, 9990068, 206},  
{780616, 2679, 9990068, 197},  
{781616, 2666, 9990068, 189},  
{782616, 2652, 9990068, 181}}  
  
doyle[] nuevaondulacion =  
26.569,  
26.552,
```

Ingreso de la BD, en el código

- Ingreso de las coordenadas con su respectiva ondulación en el código



$$\eta_P = \eta_A + \left( \frac{\overline{AP}}{\overline{AB}} \right) x (\eta_A - \eta_B)$$

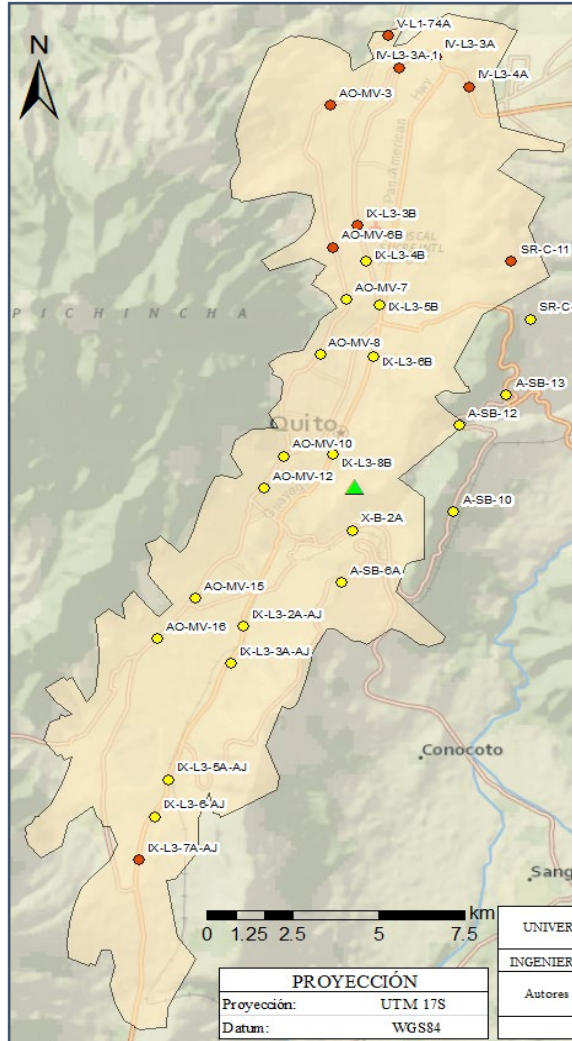
Interpolación por Triangulación

- Análisis espacial dentro le mallado de puntos



# 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## Nivelación GPS



```
double [][] segundahR={
    {2843.7813, 26.821, 2816.3502},
    {2838.3171, 26.833, 2810.8264},
    {2881.2219, 26.901, 2853.6455},
    {3030.5317, 26.739, 3003.1570},
    {2778.1229, 26.663, 2750.8484},
    {2785.2958, 26.763, 2757.8879},
    {2834.6472, 26.934, 2807.228},
    {2814.5578, 26.903, 2787.1146},
    {2818.6933, 26.868, 2791.2295},
    {2823.8181, 26.839, 2796.3417},
    {2895.211, 26.946, 2867.7250},
    {2947.1293, 26.93, 2919.5676},
    {2906.2016, 26.893, 2878.6163},
    {2571.3983, 26.735, 2544.085},
    {2730.7119, 26.734, 2703.5324},
    {2929.6219, 26.753, 2902.1377},
    {2660.229, 26.706, 2632.9904},
    {2773.9039, 26.921, 2746.5878},
    {2878.3366, 26.804, 2850.858}
};
```

- Ingreso de la base de datos obtenida en campo en arreglo matricial
- Análisis espacial de los puntos obtenidos por posicionamiento GNSS
- Obtención de la altura nivelada aplicando la **ecuación** con el punto mas cercano obtenido en el análisis espacial

```
double [] puntosn={nuevaondulacion[puntoscerc[0]], nuevaondulacion[puntoscerc[1]]};
double mayorsegundopaso=getSmallest3(puntosn);

double tercerpaso=mayorsegundopaso-interpolacion;

//String stringkey2=Double.toString(tercerpaso);
DecimalFormat df = new DecimalFormat( "pattern: \"#.###\"");
df.setRoundingMode(RoundingMode.CEILING);

double reest=restriccion(segundadb, ingreso);
if(reest>8000.00){
    String stringkey2=df.format(hp(puntocercsegundaparte, h, tercerpaso))+" m.s.n.m\r\n";
    textView2.setText(stringkey2);
    textView2.setTextColor(Color.rgb( red: 200, green: 0, blue: 0));
    textView2.setTextSize(25);
    textView4.setVisibility(View.INVISIBLE);
}
else
{
    String stringkey2=(df.format(hp(puntocercsegundaparte, h, tercerpaso)));
    textView2.setText(stringkey2+" m.s.n.m");
    textView2.setTextColor(Color.rgb( red: 0, green: 0, blue: 0));
    textView2.setTextSize(25);
    textView4.setVisibility(View.VISIBLE);
}
```

```
public static double distanciaeu(double[] uno, double[] dos){
    double distanciaguarda=Math.sqrt((dos[0]-uno[0])*(dos[0]-uno[0]) + (dos[1]-uno[1])*(dos[1]-uno[1]));
    return distanciaguarda;
}

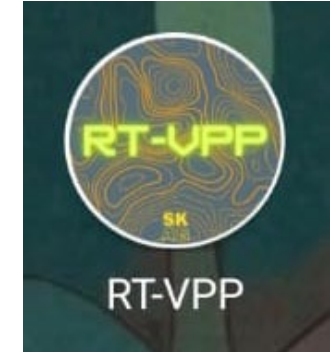
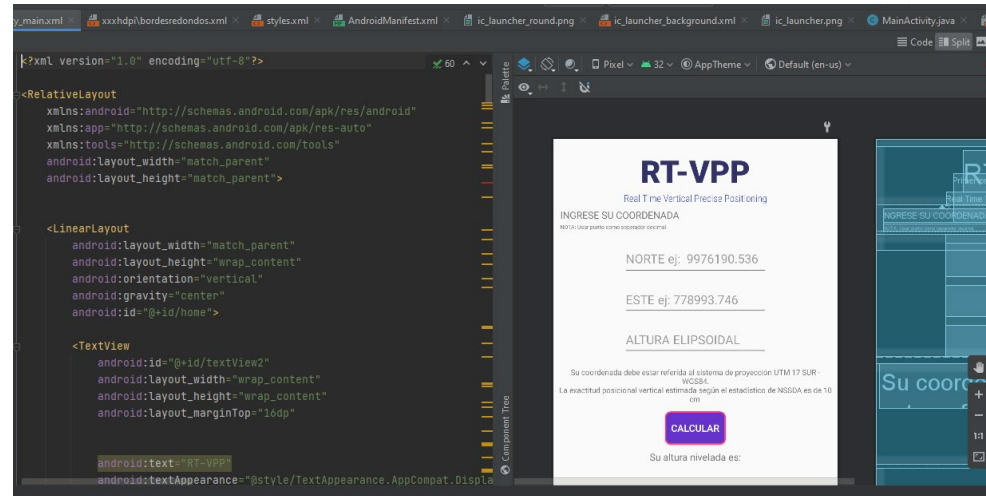
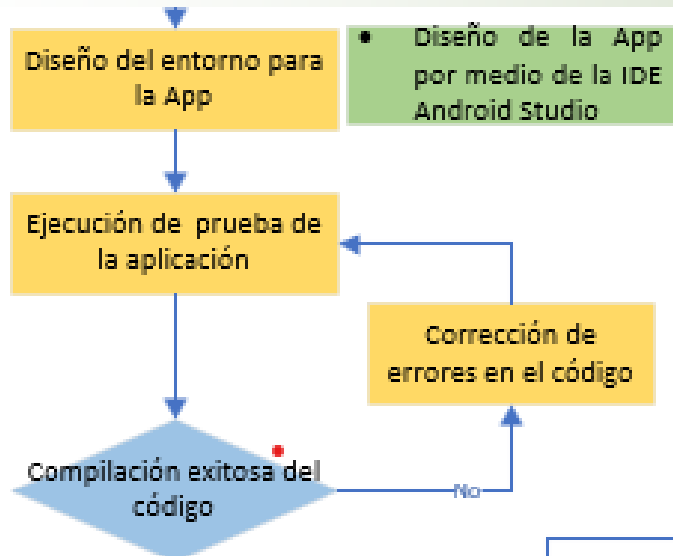
public double ondgeo(int uno, int dos, double hentrada){
    double y=hR[uno][1]+((hR[dos][1]-hR[uno][1])/(hR[dos][0]-hR[uno][0]))*(hentrada-hR[uno][0]);
    return y;
}

public double hp(int uno, double hentrada, double segundopaso){
    double y=segundahR[uno][2]+(hentrada-segundahR[uno][0])-(segundopaso-segundahR[uno][1]);
    return y;
}

public static int find(double[] array, double value) {
    int indi=0;
    for(int i=0; i<array.length; i++)
        if(array[i] == value)
            indi=i;
    return indi;
}
```

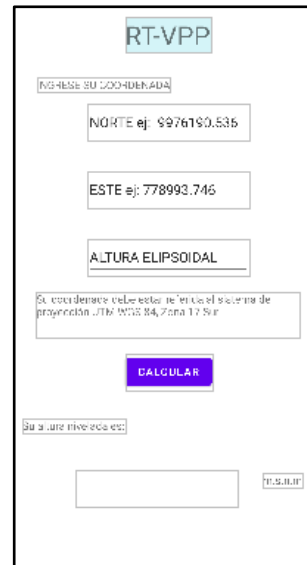


# 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



## Diseño de la interfaz

- Desarrollo del código de la interfaz de la aplicación
- Compilación del código
- Corrección de errores de compilación
- Mejora del aplicativo
- Diseño del icono en el dispositivo móvil
- Empaquetamiento de la aplicación (Apk) y exportación para ser instalado en cualquier dispositivo Android





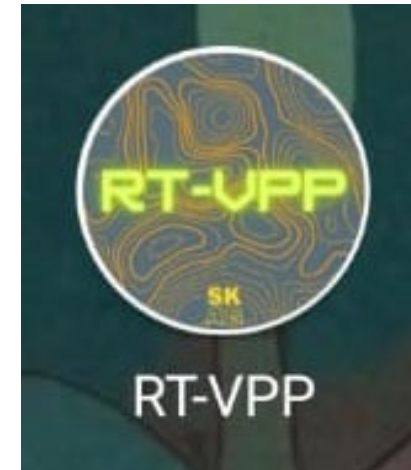
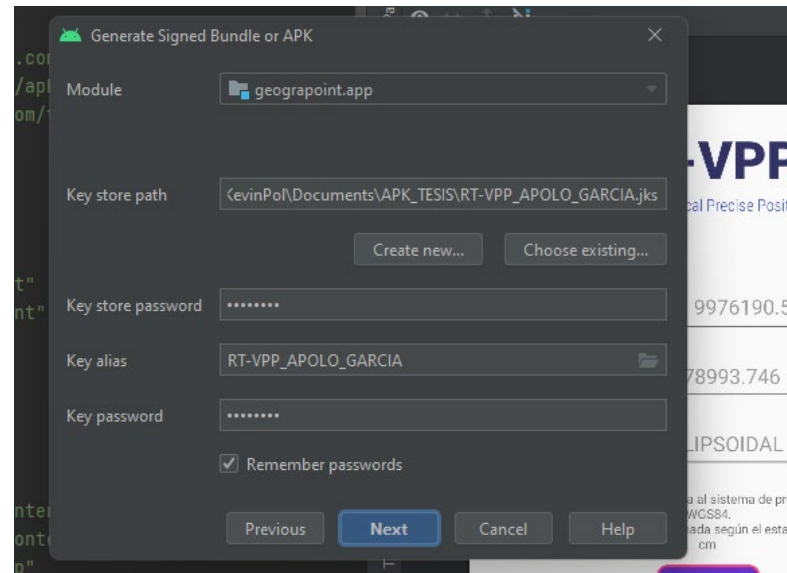
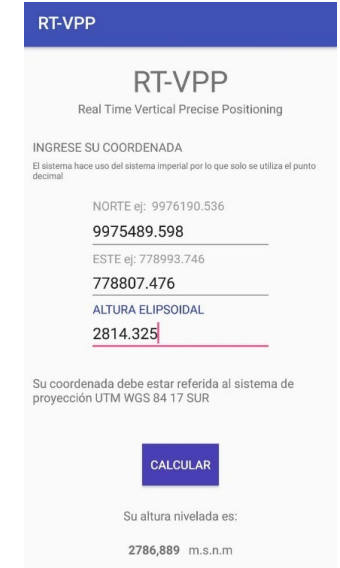
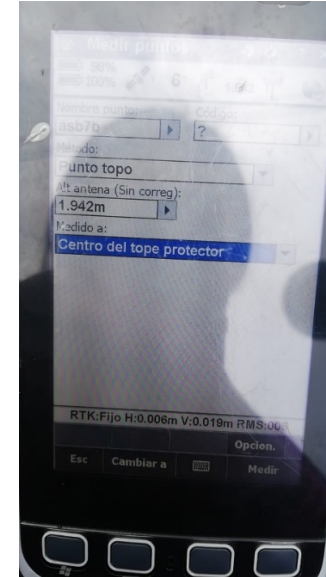
# 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



- El tiempo de rastreo será aproximadamente 2 minutos
- Se tendrá preferencia el enlace al caster principal: regme-ip.igm.gob.ec:2101, caso contrario al caster backup: regme-ip.espoeh.edu.ec:2101
- Procesamiento insitu de los datos GNSS, por medio del protocolo NTRIP, utilizando como base la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador (REGME).
- Calculo de la altura con la app

- Reporte de las precisiones obtenida
- Calculo de la exactitud mediante la metodología de la NSSDA

- Revisión final del código fuente y entorno de la aplicación
- Lanzamiento de la aplicación en formato apk para ser instalado en cualquier dispositivo móvil con SO Android.





## 6. VALIDACIÓN DE DATOS

### Validación de Datos basados en la NSSDA

Determinación de estadísticos Estándar Nacional para la Precisión de Datos Espaciales

Para calcular el estadístico de precisión posicional se utilizó la fórmula

$$RMSE_Z = \sqrt{\frac{\sum(Z_{dato,i} - Z_{control,i})^2}{n}}$$

Donde:

- $Z_{dato,i}$  es la coordenada vertical del  $i$ ésimo punto conjunto de datos
- $Z_{control,i}$  es la coordenada vertical del  $i$ ésimo punto de verificación de mayor precisión (monografías)
- $n$  es el número de datos del conjunto de datos

ID	H(monografías) m	H(calculado) m	Diferencia m	(Diferencia) <sup>2</sup> m
AO-MV-11B	2890.292	2890.333	-0.041	0.002
AO-MV-12	2871.182	2871.262	-0.080	0.006
AO-MV-3	2750.821	2750.689	0.132	0.017
AO-MV-6B	2873.278	2873.321	-0.043	0.002
A-SB-10	2750.848	2750.838	0.010	0.000
A-SB-12A	2584.960	2584.932	0.028	0.001
A-SB-7B	2878.445	2878.456	-0.011	0.000
IV-L3-3A	2760.188	2760.094	0.094	0.009
IV-L3-3A-1	2760.324	2760.253	0.071	0.005
IV-L3-4A	2746.588	2746.567	0.021	0.000
IX-L3-3A-AJ	2850.858	2850.869	-0.011	0.000
IX-L3-3B	2817.181	2817.232	-0.051	0.003
IX-L3-5A-AJ	2902.138	2902.140	-0.002	0.000
IX-L3-9B	2786.888	2786.888	0.000	0.000
MO-V-15	2841.365	2841.402	-0.037	0.001
SR-C-8	2749.309	2749.250	0.059	0.003
SR-C-9	2703.532	2703.510	0.022	0.001
V-L1-74A	2649.502	2649.387	0.115	0.013
X-B-2A	2757.888	2757.880	0.008	0.000
X-B3-A	2813.596	2813.562	0.034	0.001
			SUMA	0.065
			PROMEDIO	0.003
			RMSE <sub>z</sub>	0.057



## 6. VALIDACIÓN DE DATOS

### Determinación de estadísticos Estándar Nacional para la Precisión de Datos Espaciales

$$Exactitud_z = 1.9600 \times RMSE_z$$

$$Exactitud_z = 1.9600 \times 0.057$$

$$Exactitud_z = 0.112 \text{ m} \approx \mathbf{11.20 \text{ cm}}$$

#### Exactitud vertical por escalas

ESCALA	RMSE <sub>z</sub>	Exactitud Vertical Confianza (95%)
1:1 000	0.08 m	0.18 m
1:2 000	0.15 m	0.37 m
1:5 000	0.38 m	0.92 m
1:10 000	0.75 m	1.84 m
1:25 000	1.88 m	4.59 m

Nota: Se presenta la información respecto a la precisión vertical con un nivel de confianza al 95% para las escalas más comunes de trabajo, tabla extraída del documento Especificaciones técnicas Cartografía Básica Digital (Codazzi, 2016).

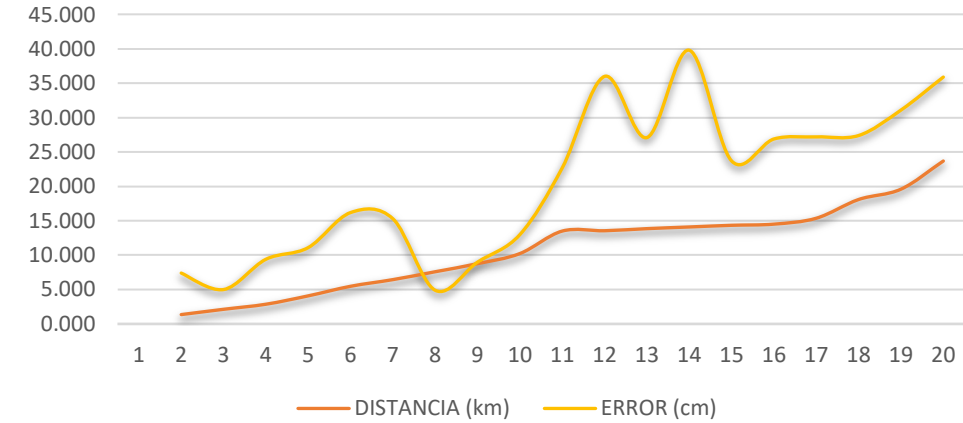


# 7. RESULTADOS

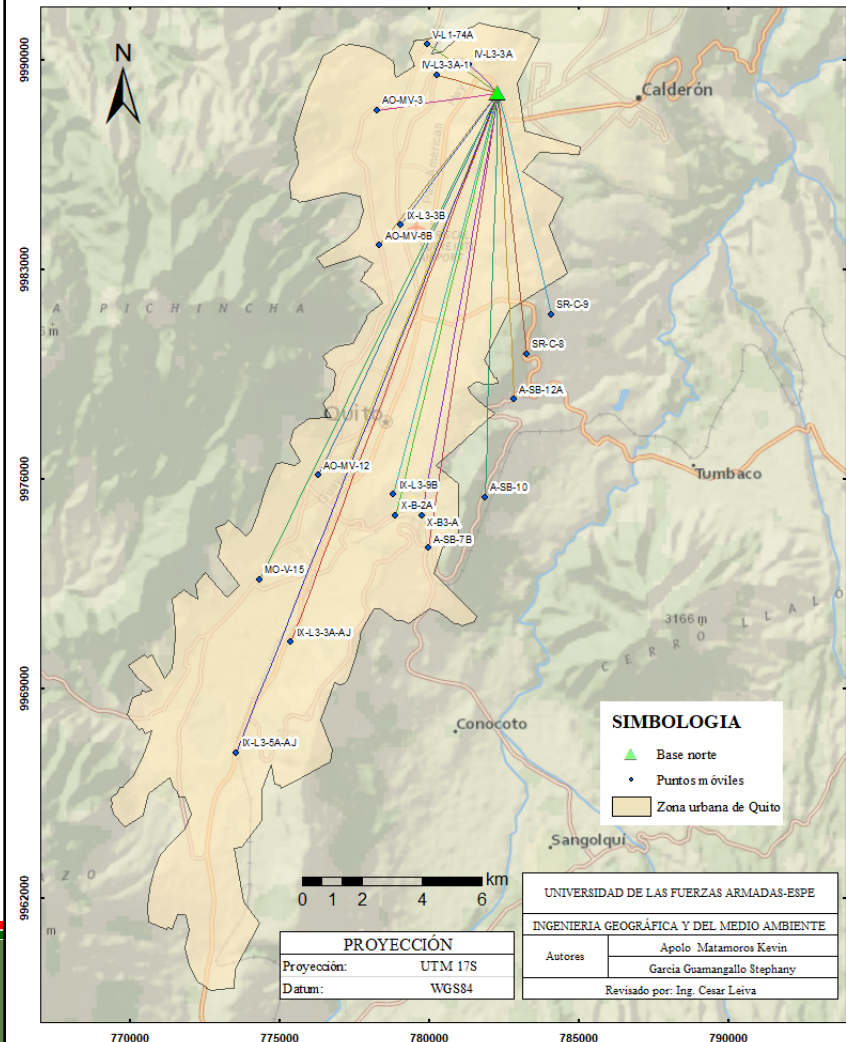
## Análisis de error en función de la distancia

### Exactitud vertical respecto a la base norte IV-L3-4A

## ANÁLISIS DE ERROR DE ACUERDO A LA DISTANCIA-BASE NORTE



Mapa de distancias respecto a la base norte IV-L3-4A



	ID	x	y	h (Elipsoidal)	$\eta$ (EGM-08)	H (RT-VPP)	H (MONOGRAFIA)	DISTANCIA (km)	ERROR (cm)
BASE NORTE	IV-L3-4A	782314.256	9988915.260	2773.904	26.942	2746.588			
	IV-L3-3A	781332.502	9989873.329	2787.495	27.007	2760.114	2760.188	1.372	7.404
	IV-L3-3A-1	780259.212	9989517.09	2787.666	27.018	2760.274	2760.324	2.141	5.004
	V-L1-74A	779933.476	9990533.267	2676.829	27.047	2649.408	2649.502	2.879	9.404
MOVIL	AO-MV-3	778260.254	9988323.903	2778.199	27.115	2750.710	2750.821	4.097	11.104
	IX-L3-3B	779056.418	9984496.669	2844.692	26.975	2817.343	2817.181	5.490	16.196
	AO-MV-6B	778352.46	9983813.689	2900.831	27.026	2873.431	2873.278	6.459	15.296
	SR-C-9	784087.826	9981518.6	2730.712	26.757	2703.581	2703.532	7.606	4.896
	SR-C-8	783270.537	9980184.415	2776.508	26.735	2749.399	2749.309	8.783	8.996
	A-SB-12A	782846.862	9978676.692	2612.187	26.723	2585.090	2584.96	10.252	12.996
	A-SB-10	781866.914	9975400.248	2778.123	26.674	2751.075	2750.848	13.522	22.696
	AO-MV-11B	777222.541	9976336.497	2917.887	26.861	2890.652	2890.292	13.570	35.996
	IX-L3-9B	778807.476	9975489.598	2814.325	26.792	2787.159	2786.888	13.876	27.096
	AO-MV-12	776311.905	9976134.887	2898.861	26.907	2871.580	2871.182	14.120	39.796
	X-B-3-A	779753.262	9974782.133	2840.94	26.733	2813.833	2813.596	14.363	23.696
	X-B-2A	778882.612	9974794.823	2785.296	26.765	2758.157	2757.888	14.531	26.896
	A-SB-7B	779970.335	9973704.229	2905.79	26.699	2878.717	2878.445	15.391	27.196
	MO-V-15	774343.748	9972646.739	2868.895	26.882	2841.639	2841.365	18.116	27.396
	IX-L3-3A-AJ	775379.997	9970563	2878.337	26.794	2851.169	2850.858	19.619	31.096
	IX-L3-5A-AJ	773550.197	9966877.387	2929.622	26.751	2902.497	2902.138	23.717	35.896



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE  
INGENIERIA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE  
Autores: Apolo Matamoros Kevin  
García Guamangallo Stephany  
Revisado por: Ing. Cesar Leiva

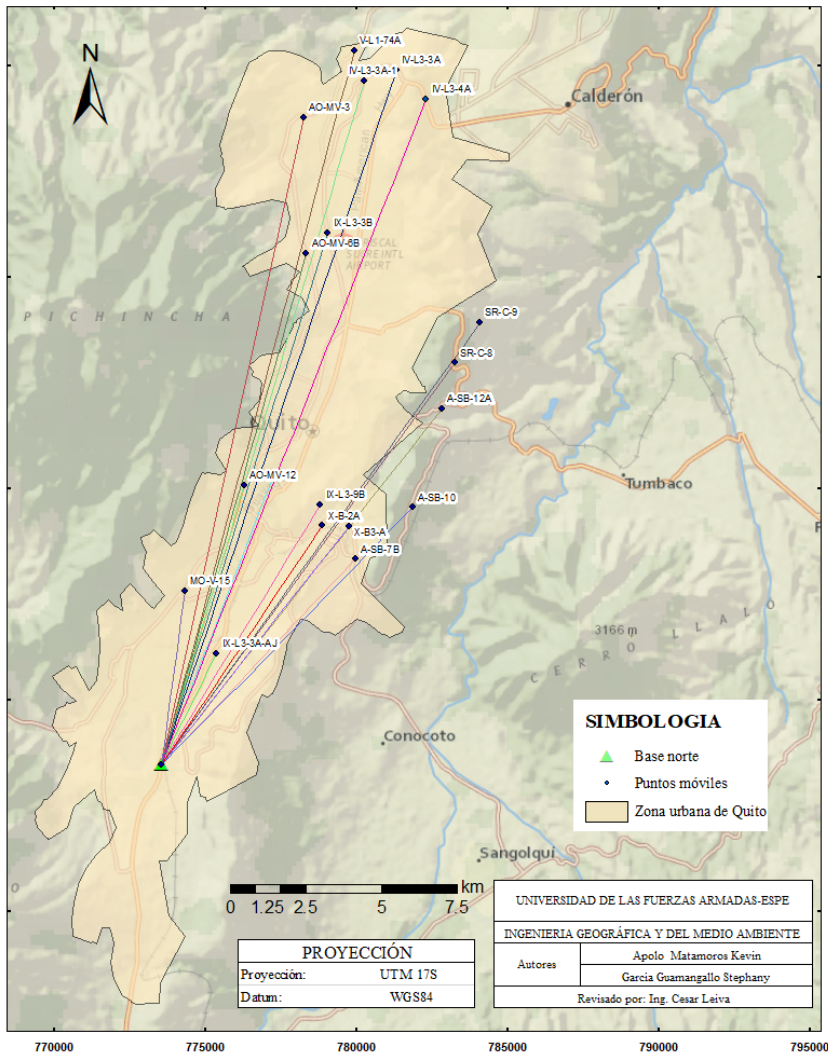
PROYECCIÓN  
Proyección: UTM 17S  
Datum: WGS84

# 7. RESULTADOS

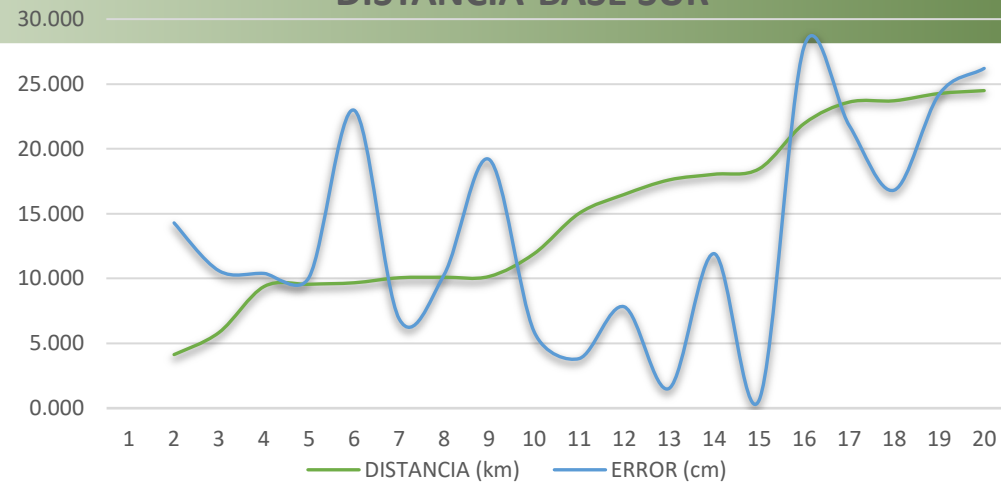
## Análisis de error en función de la distancia

Base sur IX-L3-5A-AJ para el cálculo de errores

Mapa de distancias respecto a la base sur IX-L3-5A-AJ



## ANÁLISIS DE ERROR DE ACUERDO A LA DISTANCIA-BASE SUR



ID	x	y	h (Elipsoidal)	$\eta$ (EGM-08)	H (RT-VPP)	H (MONOGRAFÍA)	DISTANCIA (km)	ERROR (cm)
BASE SUR								
IX-L3-5A-AJ	773550.197	9966877.387	2929.622	26.751		2902.138		
IX-L3-3A-AJ	775379.997	9970563	2878.337	26.794	2851.001	2850.858	4.115	14.286
MO-V-15	774343.748	9972646.739	2868.895	26.882	2841.471	2841.365	5.824	10.586
A-SB-7B	779970.335	9973704.229	2905.79	26.699	2878.549	2878.445	9.371	10.386
X-B-2A	778882.612	9974794.823	2785.296	26.765	2757.989	2757.888	9.546	10.086
AO-MV-12	776311.905	9976134.887	2898.861	26.907	2871.412	2871.182	9.661	22.986
X-B3-A	779753.262	9974782.133	2840.94	26.733	2813.665	2813.596	10.048	6.886
IX-L3-9B	778807.476	9975489.598	2814.325	26.792	2786.991	2786.888	10.090	10.286
AO-MV-11B	777222.541	9976336.497	2917.887	26.861	2890.484	2890.292	10.147	19.186
A-SB-10	781866.914	9975400.248	2778.123	26.674	2750.907	2750.848	11.908	5.886
A-SB-12A	782846.862	9978676.692	2612.187	26.723	2584.922	2584.96	15.022	3.814
SR-C-8	783270.537	9980184.415	2776.508	26.735	2749.231	2749.309	16.479	7.814
AO-MV-6B	778352.46	9983813.689	2900.831	27.026	2873.263	2873.278	17.604	1.514
SR-C-9	784087.826	9981518.6	2730.712	26.757	2703.413	2703.532	18.039	11.914
IX-L3-3B	779056.418	9984496.669	2844.692	26.975	2817.175	2817.181	18.460	0.614
AO-MV-3	778260.254	9988323.903	2778.199	27.115	2750.542	2750.821	21.958	27.914
IV-L3-3A-1	780259.212	9989517.09	2787.666	27.018	2760.106	2760.324	23.613	21.814
IV-L3-4A	782314.256	9988915.26	2773.904	26.942	2746.420	2746.588	23.717	16.814
IV-L3-3A	781332.502	9989873.329	2787.495	27.007	2759.946	2760.188	24.277	24.214
V-L1-74A	779933.476	9990533.267	2676.829	27.047	2649.240	2649.502	24.502	26.214



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

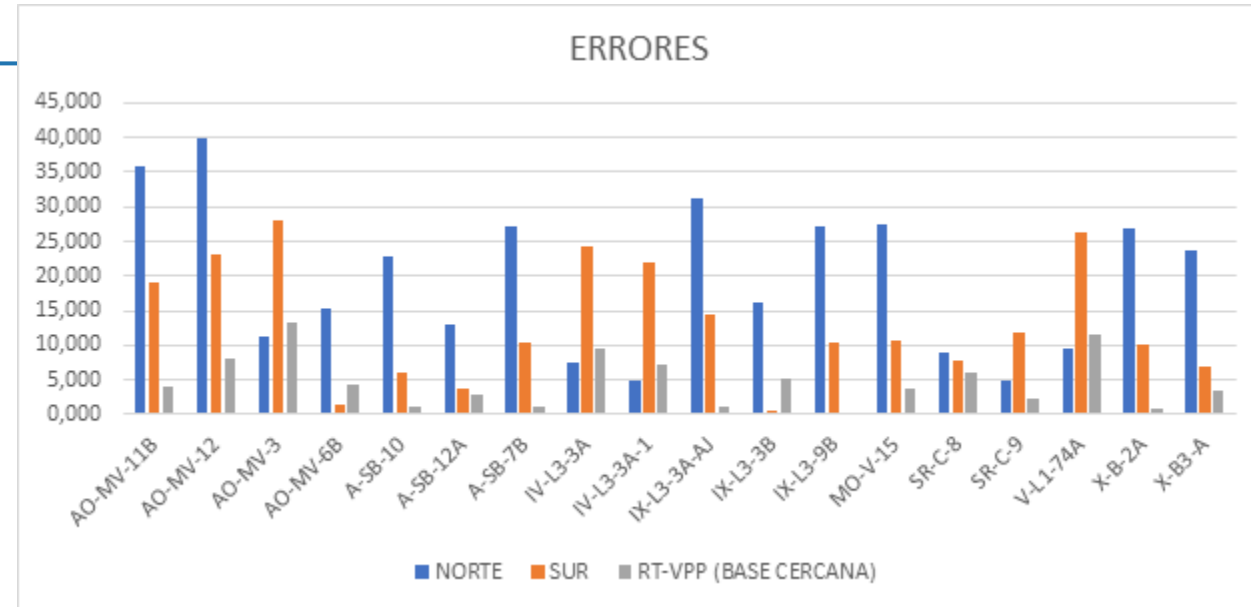


# 7. RESULTADOS

## Análisis de error en función de la distancia

Comparación de las exactitudes de las alturas niveladas respecto a la distancia de su base.

ID	BASE NORTE		BASE SUR		BASE MAS CERCANA RT-VPP	
	DISTANCIA (km)	ERROR (cm)	DISTANCIA (km)	ERROR (m)	DISTANCIA (km)	ERROR (cm)
AO-MV-11B	13.570	35.996	10.147	19.186	0.890	4.133
AO-MV-12	14.120	39.796	9.661	22.986	1.200	7.964
AO-MV-3	4.097	11.104	21.958	27.914	4.000	13.213
AO-MV-6B	6.459	15.296	17.604	1.514	1.000	4.300
A-SB-10	13.522	22.696	11.908	5.886	2.700	1.040
A-SB-12A	10.252	12.996	15.022	3.814	0.700	2.819
A-SB-7B	15.391	27.196	9.371	10.386	1.500	1.110
IV-L3-3A	1.372	7.404	24.277	24.214	1.300	9.406
IV-L3-3A-1	2.141	5.004	23.613	21.814	2.100	7.064
IX-L3-3A-AJ	19.619	31.096	4.115	14.286	3.000	1.100
IX-L3-3B	5.490	16.196	18.460	0.614	1.100	5.150
IX-L3-9B	13.876	27.096	10.090	10.286	0.698	0.012
MO-V-15	18.116	27.396	5.824	10.586	1.600	3.714
SR-C-8	8.783	8.996	16.479	7.814	1.000	5.910
SR-C-9	7.606	4.896	18.039	11.914	2.500	2.240
V-L1-74A	2.879	9.404	24.502	26.214	2.800	11.515
X-B-2A	14.531	26.896	9.546	10.086	1.600	0.790
X-B3-A	14.363	23.696	10.048	6.886	0.870	3.422
<b>RMSEz</b>		<b>22.276</b>		<b>15.561</b>		<b>6.003</b>



## 7. RESULTADOS

La aplicación se la diseño de tal manera que tenga un entorno sencillo y de fácil uso para el usuario, el input son las coordenadas referidas al sistema de proyección UTM 17 Sur, con el datum WGS 84 siendo el orden de entrada de los datos: este, norte y altura elipsoidal, obtenidas con el método NTRIP o si el usuario requiere de mayor precisión puede ingresar coordenadas conseguidas por otro método de posicionamiento GNSS, debido a que el resultado arrojado por la aplicación va a depender, principalmente, de la precisión alcanzada en el rastreo satelital.

La validación de la aplicación RT-VPP se la efectuó por medio de la diferencia de los dos métodos de nivelación (geométrico IGM y GPS) dando como resultado errores a nivel del centímetro. Siguiendo la metodología de la NSSDA se obtuvo un RMSEz de 0.057 metros y una exactitud posicional vertical de 0.112 metros.

Según la tabla extraída del documento “Especificaciones técnicas Cartografía Básica Digital” del Instituto Agustín CODAZZI la precisión obtenida con la aplicación “RT-VPP” garantiza poder trabajar a una escala 1: 1 000, ya que la exactitud vertical esperada a un nivel de confianza del 95% es de 18 cm y la alcanzada por la App es de 11.2 cm.



## 7. CONCLUSIONES

Se desarrolló una aplicación cuyo algoritmo está orientado a entregar una altura nivelada oficial para el Ecuador en tiempo real, mediante el posicionamiento GNSS con el método NTRIP; en base a la fórmula elemental de nivelación GPS; el algoritmo realiza un análisis espacial en función a la placa de nivelación IGM más cercana al punto rastreado que se encuentre dentro de la zona de estudio (DMQ).

Se validó estadísticamente los resultados obtenidos con la aplicación RT-VPP, mediante la metodología propuesta por la NSSDA, donde se señala que la escala más grande con la que se puede trabajar con los resultados obtenidos es de 1: 1000, siendo posible llegar a alcanzar escalas 1: 500.

Con respecto a la hipótesis planteada sobre si es posible desarrollar una aplicación que genere alturas referidas al nivel medio del mar en tiempo real que sea útil para ciertos proyectos de ingeniería basados en posicionamiento NTRIP y nivelación GPS, se concluyó que la metodología de la investigación si es viable.

4G 62% 19:09

### RT-VPP

Real Time Vertical Precise Positioning

INGRESE SU COORDENADA

NOTA: Usar punto como separador decimal.

NORTE ej: 9976190.536  
9988693.311

ESTE ej: 778993.746  
779229.507

ALTURA ELIPSOIDAL  
2726.206



Su coordenada debe estar referida al sistema de proyección UTM 17 SUR - WGS84.  
La exactitud posicional vertical estimada según el estadístico de NSSDA es de 10 cm

**CALCULAR**

Su altura nivelada es:  
**2698,728 m.s.n.m**

Esta aplicación calcula en tiempo real la altura sobre el nivel medio del mar para el Distrito Metropolitano de Quito.

Developed by:  
Kevin Apolo M.  
Stephany García G.  
Ing. Cesar Leiva. Msc





# 8. RECOMENDACIONES

```

Ondeo Brabus calculator
vpp --no-logs
Ondeo [1] on 1/1/2024 (77208, 8324, 988354, 125),
vpp --no-logs [1] on 1/1/2024 (77352, 3289, 591761, 291),
(776168, 4558, 9973004, 62),
(74543, 8325, 9972846, 59),
(773249, 1876, 9974350, 465),
(778558, 0738, 9973144, 121),
(81186, 1819, 9975401, 248),
(778882, 8115, 9974794, 823),
(79208, 8324, 9983304, 125),
(796979, 7048, 9981982, 584),
(779518, 6611, 9980342, 622),
(78343, 6085, 997728, 14),
(778738, 1953, 9982138, 656),
(77967, 1591, 9982378, 818),
(776513, 1151, 9977174, 859),
(778311, 9054, 9978134, 887),
(778324, 4578, 9983818, 893),
(782043, 0687, 9978112, 859),
(784067, 8238, 9981518, 0),
(772765, 5729, 9964317, 49),
(773550, 1974, 9968677, 387),
(773181, 4821, 9968899, 431),
(783382, 2866, 9978091, 366),
(778200, 052, 9988323, 755),
(79093, 7992, 9996538, 184),
(783552, 1513, 9983323, 63),
(781335, 5916, 9998874, 32),
(792314, 2569, 9988915, 26),
(775379, 5973, 9976563),
(80259, 1122, 9995293, 535),
(79056, 4078, 9984496, 621),
(77888, 2015, 9978199, 852),
(74581, 65, 9998997, 162),
(78229, 369, 9977996, 307),
(78237, 329, 9989334, 464),
(772214, 535, 9985123, 732)

```

Se recomienda tener una base de datos robusta para mejorar la precisión del cálculo de las alturas niveladas ya que el código de programación esta realizado en función de la distancia del punto rastreado hacia la base más cercana.



Al momento de realizar el levantamiento con el protocolo NTRIP, es recomendable que sea en zonas donde no exista elementos naturales o antrópicos que puedan generar errores multipath, debido a que no existe un post procesamiento que ayude a mejorar la calidad del dato medido.



Se recomienda generar diferentes versiones de la aplicación en función a las zonas de estudio que requieran de este servicio para consolidar la metodología planteada a nivel nacional, de tal manera que cada Gobierno Autónomo Descentralizado pueda gozar de los beneficios brindados por la App RT-VPP disminuyendo los costos de los proyectos que necesiten de dicha información.





**MUCHAS GRACIAS**

