

**CORRELACIÓN DEL VALOR N DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
- SPT CON EL VALOR DE ONDAS DE CORTE - V_s PARA LOS MIEMBROS DE
LA FORMACIÓN BUCARAMANGA DE LAS ZONAS GEOTÉCNICAS 3A, 3B, 4A
Y 4B DE LA ZONA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

JOSÉ NEYITH CONTRERAS SANDOVAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FALCUTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA**

2012

**CORRELACIÓN DEL VALOR N DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
- SPT CON EL VALOR DE ONDAS DE CORTE Vs PARA LOS MIEMBROS DE
LA FORMACIÓN BUCARAMANGA DE LAS ZONAS GEOTÉCNICAS 3A, 3B, 4A
Y 4B DE LA ZONA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

JOSÉ NEYITH CONTRERAS SANDOVAL

**Trabajo de grado para optar al título de
Maestría en Geotecnia**

Director

WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

Ingeniero Civil M. Sc.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FALCUTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

*A mis padres, a mi esposa y a mis hijos
por toda su comprensión y apoyo.*

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a Yenny García por toda su colaboración cooperación en la redacción de este proyecto. También agradezco a la CDMB y Torres Ingeniería por cooperar con la información suministrada, y a las demás personas que colaboraron directa o indirectamente con el desarrollo de este proyecto. Finalmente agradezco a Dios por permitir aprender e instruirme.

RESUMEN

TITULO: CORRELACIÓN DEL VALOR N DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR - SPT CON EL VALOR DE ONDAS DE CORTE - Vs PARA LOS MIEMBROS DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA DE LAS ZONAS GEOTÉCNICAS 3A, 3B, 4A Y 4B DE LA ZONA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA*

AUTOR: JOSE NEYITH CONTRERAS SANDOVAL**

PALABRAS CLAVES: Formación Bucaramanga, velocidad de onda de corte, SPT, Bucaramanga.

Se determinaron las ecuaciones de velocidad de onda de corte a partir de datos locales de la zona Metropolitana de Bucaramanga empleando la metodología de mínimos cuadrados lineal para estimar las ecuaciones empíricas de la velocidad de onda de corte Vs, también se estimaron Vs promedio para los Miembro de la Formación Bucaramanga y fueron comparadas con las velocidades encontradas por INGEOMINAS y las medidas por los ensayos cuyos datos se emplearon para crear las ecuaciones de este estudio.

Las Vs se calcularon de las ondas compresionales Vp usando el coeficiente de Poisson respectivo para cada tipo de suelos, también se hizo un análisis de sensibilidad para el rango de los valores mínimo, máximo y promedio del coeficiente Poisson para cada miembros que conforman la Formación Bucaramanga estimando los rango de valores máximos y mínimos que puede tomar las Vs. Se emplearon un total de 950 datos, de los cuales 609 se utilizaron para hacer las correlaciones de Vs con N; se evaluaron ecuaciones de otras correlaciones propuestas por otros autores evaluando el valor de N medido in situ, donde se puede observar la falta de precisión que presenta los resultados de dichas ecuaciones confrontadas con las postuladas en este trabajo.

Las ecuaciones propuestas son $Vs=15.136N^{0.980}$ para el Miembro Limos rojos (Qblr) es con $r^2=0.840$ y $Vs=24,946N^{1.019}$ para el Miembro Órganos (Qbo) con $r^2=0.737$ que fueron las de máximo valor de coeficiente de determinación en función del número de golpes N; también se estimaron otras ecuaciones en función de las variables de profundidad H que son $Vs=283.139H^{0.59}$ con $r^2=0.812$ y $Vs=210,8637H^{0.209}$ con $r^2=0.796$ y otras en función de la profundidad H y número de golpes N que son $Vs=29.992N^{0.757}H^{0.077}$ con $r^2=0.845$ y $Vs=1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$ con $r^2=0.801$ en ambos casos para los Qblr y Qbo respectivamente.

* Tesis de Maestría

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: M.Sc. Wilfredo del Toro Rodríguez

SUMMARY

TITULO: CORRELATION BETWEEN STANDARD PENETRATION TEST N VALUE AND SHEAR WAVE VELOCITY FOR BUCARAMANGA FORMATION MEMBERS OF 3A, 3B, 4A Y 4B GEOTECHNICAL ZONE OF BUCARAMANGA METROPOLITAN AREA*

AUTOR: JOSE NEYITH CONTRERAS SANDOVAL**

PALABRAS CLAVES: Bucaramanga Formation, shear wave velocity, SPT, Bucaramanga.

Some equations for shear wave velocity (V_s) were determined from local data in Bucaramanga Metropolitan area, using the method of linear least squares. Average V_s were also estimated for the Bucaramanga Formation Members, and then compared with the values encountered by INGEOMINAS and during the tests, whose data were used to create equations for this study.

V_s were calculated from compressional waves V_p , using the Poisson's ratio corresponding to each type of soil. A sensitivity analysis was made to the minimum, maximum and average range of Poisson's ratio for each Bucaramanga Members, estimating the minimum, medium and maximum values that can take the V_s . A total of 950 data were used, which 609 were used to make N- V_s correlations. In addition, equations with other correlations proposed by other authors were evaluated by the analysis of measured in situ N value, where the inaccuracy in the results of these equations was shown, to be confronted with the postulated equations in this work.

Equations are proposed for $V_s = 15.136N^{0.980}$ for Limos Rojos Member (Qblr) with $r^2 = 0.840$, and $V_s = 24,946N^{1.019}$ for the Órganos Member (Qbo) with $r^2 = 0.737$, whose equations presented the maximum value of coefficient determination, based on the number of blow N. Other equations were also estimated in terms of the H depth variable: $V_s = 283.139H^{0.59}$ with $r^2 = 0.812$, and $V_s = 210,8637H^{0.209}$ with $r^2 = 0.796$, and other equations in terms of H and N: $V_s = 29.992N^{0.757}H^{0.077}$ with $r^2 = 0.845$, and $V_s = 1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$, with $r^2 = 0.801$, both for Qblr and Qbo respectively.

* Master's Thesis

** Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: M.Sc. Wilfredo del Toro Rodríguez

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 General.....	21
1.2.2 Específicos	22
1.3 JUSTIFICACIÓN	22
2. MARCO REFERENCIAL	25
2.1 ANTECEDENTES	25
2.2 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELÁSTICAS EN EL SUELO	26
2.2.1 Ondas internas o de cuerpo	26
2.2.1.1 Ondas de corte o transversales (P)	27
2.2.1.2 Ondas de compresión o longitudinales (S)	27
2.2.2 Ondas superficiales	27
2.2.2.1 Love	28
2.2.2.2 Rayleigh	28
2.3 REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE LAS NORMAS NSR-10	29
2.3.1 Definición del Tipo de Perfil de Suelo	29
2.3.2 Procedimiento de Clasificación.....	30

2.3.3 Velocidad de la onda de corte en la roca	30
2.3.4 Obligatoriedad de los estudios geotécnicos	30
2.4 APLICACIONES DE ONDA DE CORTE EN LA GEOTECNIA	31
2.4.1 Reflexión y refracción sísmica	31
2.4.1.1 Reflexión	31
2.4.1.2 Refracción	32
2.4.2 Ensayo de medición de onda de corte	35
2.4.3 Ensayo Down Hole	35
2.4.4 Ensayo de Penetración Estándar - SPT	36
2.5 MARCO LEGAL	37
3. METODOLOGÍA	38
3.1 RECOPIACIÓN y EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	39
3.2 LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	41
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	47
3.4 TIPO DE DATOS	49
3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.6 METODO DE MUESTREO Y SELECCIÓN	50
3.7 TRATAMIENTO DE DATOS	51
4. RESULTADOS	57
5. ANÁLISIS DE DATOS	118

6. CONCLUSIONES	133
BIBLIOGRAFÍA.....	138
ANEXOS	141

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Clasificiación de los perfiles de suelo normas NSR-10.....	29
Tabla 2. Resumen de correlaciones basadas en ensayos SPT.....	40
Tabla 3. Información general del Municipio de Bucaramanga	43
Tabla 4. Información general del Municipio de Floridablanca	43
Tabla 5. Información general del Municipio de Piedecuesta.....	44
Tabla 6. Información general del Municipio de Girón.....	44
Tabla 7. Unidades métricas de las variables empleadas	49
Tabla 8. Esquema de organización de datos	52
Tabla 9. Zona sismogeotécnica correspondiente a cada sitio de estudio	57
Tabla 10. Evaluación de las ecuaciones de Vs del Barrio Bolívar	64
Tabla 11. Porcentajes de error de Vs del Barrio Bolívar	70
Tabla 12. Evaluación de la ecuación de Vs en el barrio La Pedregosa	76
Tabla 13. Porcentaje de error de Vs del barrio la Pedregosa	83
Tabla 14. Evaluación de la ecuación de Vs en el barrio La Cumbre	89
Tabla 15. Porcentaje de error de Vs del barrio La Cumbre.....	96
Tabla 16. Evaluación de la ecuación de Vs del barrio Antonia Santos	103
Tabla 17. Porcentaje de error de Vs del barrio Antonia Santos	109
Tabla 18. Valores característicos para Vs encontrados asociados con su respectiva descripción litológica.....	122
Tabla 19. Velocidades Vs (m/s) calculadas por las ecuaciones postuladas para la Formación Bucaramanga.....	123

Tabla 20. Velocidades Vs (m/s) calculadas por las ecuaciones por los ensayos de refracción sísmica y Down Hole empleados en este estudio	124
Tabla 21. Comparación y porcentajes de error de las Vs en el Miembro Limos Rojos.....	137
Tabla 22. Comparación y porcentajes de error de las Vs en el Miembro Órganos	137

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ondas de cuerpo	26
Figura 2. Ondas superficiales	28
Figura 3. Recorrido y tiempo de arribo de una onda longitudinal directa y reflejada	31
Figura 4. Recorrido de la reflexión de la onda para una capa con límite inferior inclinado	32
Figura 5. Recorrido y tiempo de arribo de una onda longitudinal refractada en diferentes medios	34
Figura 6. Recorrido y tiempo de arribo de una onda para dos capas con espesores variables	35
Figura 7. Pasos progresivos empleados para la obtención de las ecuaciones empíricas	38
Figura 8. Ubicación de la zona de estudio	42
Figura 9. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la calle 40 con 25. Barrio Bolívar, Bucaramanga	45
Figura 10. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos, Bucaramanga	45
Figura 11. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la carrera 33 N° 86-20 y 91-34 Barrio La Pedregosa, Bucaramanga	46
Figura 12. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la calle 26 con carrera 8E, Barrio La Cumbre, Floridablanca	46
Figura 13. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la carrera 9 con 104, Barrio El Porvenir, Bucaramanga	47
Figura 14. Zonificación Sismogeotécnica del Abanico aluvial de Bucaramanga ...	48

Figura 15. Dispersión de las muestras de la calle 40 N° 24-61, barrio Bolivar con numero de golpes N	59
Figura 16. Dispersión de las muestras de la calle 40 N° 24-61, barrio Bolívar con profundidad	60
Figura 17. Dispersión de las muestras de la Carrera 33 N° 86-20 y 91-34, barrio La Pedregosa con número de golpes N.....	60
Figura 18. Dispersión de las muestras de la Dispersión de las muestras Carrera 33 N° 86-20 y 91-34, La Pedregosa con profundidad	61
Figura 19. Dispersión de las muestras de la de la carrera 26 con 8E, barrio La Cumbre con número de golpes N	61
Figura 20. Dispersión de las muestras de la de la carrera 26 con 8E, barrio La Cumbre con profundidad	62
Figura 21. Dispersión de las muestras de la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos con número de golpes N.....	62
Figura 22. Dispersión de las muestras de la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos con profundidad	63
Figura 23. Grafica comparativa las ecuaciones empíricas obtenidas vs. las ecuaciones obtenidas por otros autores	117
Figura 24. Sondeos SPT de la calle 40 N° 24-61, Barrio Bolívar	125
Figura 25. Histograma de la 40 N° 24-61 Barrio Bolivar	125
Figura 26. Sondeos SPT de la carrera 33 N° 86-20 y 91-34, Barrio Pedregosa..	126
Figura 27. Histograma de la carrera 33 N° 86-20 y 91-34, Barrio Pedregosa.....	126
Figura 28. Sondeos SPT de la carrera 26 con 8E, Barrio La Cumbre	127
Figura 29. Histograma de la calle 26 con carrera 8E, Barrio La Cumbre	127
Figura 30. Sondeos SPT de la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos	128
Figura 31. Histograma de la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos.....	128
Figura 32. Sondeos SPT de la Carrera 9 con 104, Barrio Porvenir	129
Figura 33. Histograma de la carrera 9 con 104, Barrio Porvenir	129

Figura 34. Gráfica de tendencia del promedio de los sondeos del SPT de la calle 40 N° 24-61, Barrio Bolívar	130
Figura 35. Gráfica de tendencia del promedio de los sondeos del de la carrera 33 N° 86-20 y 91-34, Barrio Pedregosa.....	131
Figura 36. Gráfica de tendencia del promedio de los sondeos del SPT de la carrera 26 con 8E, Barrio La Cumbre	131
Figura 37. Gráfica de tendencia del promedio de los sondeos del SPT de la calle 34 N ^a 25-38, Barrio Antonia Santos.....	132

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Muestras empleadas para la estimación de las ecuaciones empíricas	142
Anexo B. Tabla comparativa de las ecuaciones de diversos autores en donde se reemplaza los datos obtenidos en campo	168
Anexo C. Pasos de la obtención de las ecuaciones empíricas	178
Anexo D. Análisis de sensibilidad	211

INTRODUCCIÓN

La norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo H fija los lineamientos para la realización de los estudios geotécnicos, estos son necesarios para determinar las propiedades geotécnicas de los suelos; siendo un soporte y requerimiento importante para el desarrollo de proyectos urbanísticos y el diseño de obras civiles, en la actualidad las propiedades dinámicas de los suelos y sus efectos sísmicos son estudiadas dentro de las otras amenazas geotectónicas que se pueden presentar en las implantaciones de los proyectos¹ y la respuesta que presentarían a las existentes edificaciones. El estado busca con esta norma garantizar tanto a la ciudadanía y a los bienes públicos y privados dentro de su alcance, que no sean afectados en lo posible en caso de presentar un fenómeno sísmico que pueda atentar contra estos. Actualmente, el criterio de clasificación de los perfiles geotécnicos, se hace en base al procedimiento establecido en esta misma norma donde el valor de la onda de corte (V_s) es un parámetro muy importante para esta clasificación² que ayuda a describir las características dinámicas y estáticas del suelo; los estudios y métodos aplicados para tipificar los perfiles de suelos a partir de los número de golpes “N” de los Ensayo de Penetración Estándar y la Velocidades de onda de corte “ V_s ” se ha hecho en base a estudios realizados en otras partes de mundo y sus resultados fueron estandarizados para ser aplicados para todo tipo de suelo, presentándose ciertas limitaciones en las aplicaciones de estas ecuaciones.

En Japón son muy populares estos tipos de estudios de suelos, este país se encuentra en una zona sísmica de alto riesgo a nivel mundial, debido a que se encuentra sobre el Cinturón de Fuego, una región geológica activa expuesta a

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 926 (19, marzo, 2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10. Diario Oficial. Bogotá D.C. 2010. no. 47663. H-1 p.

² Ibid., p. A-22.

terremotos; para evaluar mejor los riesgos que tiene las obras de ingeniería construidas, se han realizado muchos estudios como los de Ohta y Goto (1978) y otros autores Japoneses donde estimaron ecuaciones empíricas de las ondas de corte (V_s) para los suelos de Japón correlacionando características del suelo como valores de golpes N, entre otras del Ensayo de Penetración Estándar – SPT, donde concluyendo con unos altos valores de correlación; Alfaro (2007) realizó correlaciones entre el valor de N y la velocidad de ondas de corte (V_s) obtenidos en Ensayos Down-Hole en la ciudad de Bogotá tomando datos de estudios locales, en donde también logró resultados satisfactorios con altos valores de correlación comparables con otros trabajos bibliográficos reportados.

El objeto de este trabajo de investigación es estimar una ecuación empírica que obtenga en lo posible un alto valor en el coeficiente de correlación, a partir de las velocidades de onda de corte promedio V_s y los valores de golpe N de los Ensayo de Penetración Estándar, deducida a partir de una base a datos de los estudios geotectónicos realizados del abanico aluvial de Bucaramanga.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, alude que para todo proyecto es obligatorio el estudio geotécnico definitivo tipifique un perfil de suelo; la velocidad de onda de corte (V_s) es un parámetro muy importante para establecer su clasificación³ pero los ensayos empleados para medir esta velocidad son de costo elevados y pocos accesibles, esto conlleva a emplear ensayos de menor costo que correlacionen algunas propiedades del suelo que permitan establecer dichas velocidades como es el caso de Ensayo de Penetración Estándar – SPT. Los resultados obtenidos del SPT son producto de estudios locales practicados en otras regiones del mundo, que fueron posteriormente globalizadas y estandarizadas para ser aplicadas para todo tipo de suelo a nivel mundial y que son aceptados para ciertos tipos de proyectos de acuerdo a la legislación colombiana.

El problema es que dichos estudios se efectuaron en lugares cuyos suelos son de orígenes y características diferentes a los presentes en el abanico aluvial de Bucaramanga, por esto para efectos de la aplicación de esta metodología en proyectos de construcción en la zona de interés de estudio: ¿existe la posibilidad de que se llegue a una clasificación errónea de los perfiles de suelo en el Área Metropolitana de Bucaramanga y estimar incorrectamente los valores para las velocidades de onda de corte?. Como Bucaramanga se clasifica como una ciudad que se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, es necesario corroborar los resultados de la aplicación del SPT son similares a los comportamientos reales de los suelos estudiados.

³ Ibid., p. A-22.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para esto, es necesario corroborar tal información con un estudio de ámbito local que permita comparar los resultados y determinar una nueva ecuación empírica a partir de datos de los estudios de suelos del área Metropolitana de Bucaramanga, obtenidos en trabajos de investigación o de campañas geotécnicas que permitan obtener unos resultados más certeros y acordes a la realidad. La viabilidad de este estudio depende de la densidad de datos disponibles y su accesibilidad ya que ciertos trabajos bibliográficos presentan restricciones, especialmente en documentos de estudios particulares por su calidad de ser privados.

Para lograr una clasificación correcta de los perfiles de suelo en el Área Metropolitana de Bucaramanga, es necesario hacer un trabajo investigativo, que recopile la cantidad necesaria de datos tomados de la misma zona a partir de estudios de investigación o de campañas geotécnicas previas, que suministren información sobre los valores de velocidad media de onda de corte obtenidos por los Miembros de la Formación Bucaramanga, hacer una correlación de los valores de N y las velocidades de onda de corte para estimar una o varias ecuaciones empíricas que se comporten de acuerdo a las características locales del suelo. También los resultados obtenidos serán cotejados con otro tipo de ecuaciones registradas por otros autores en anteriores trabajos bibliográficos, esto con el fin de estimar su precisión y confiabilidad para ser aplicada en el área de la geotecnia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Establecer una o varias ecuaciones empíricas con un alto valor en el coeficiente de correlación a partir de las velocidades de corte promedio (V_s) y golpes de N del Ensayo de Penetración Estándar – SPT basado en datos locales para los

Miembros de la Formación Bucaramanga de las zonas geotécnicas 3A, 3B, 4A y 4B de la Zona Metropolitana De Bucaramanga.

1.2.2 Específicos

- Recopilar y seleccionar los datos requeridos a partir de estudios y trabajos geotécnicos anteriores realizados por entidades competentes y procesarlas en un software SIG para zonificar sectores con características de suelo propias.
- Realizar los tratamientos de datos recopilados por medio de un software para efectos de análisis estadísticos.
- Definir velocidades promedios para los valores de (V_s) para los miembros de la Formación Bucaramanga con base en algunas características del suelo.
- Comparar la ecuación empírica V_s promedio deducida y su coeficiente de correlación con otras ecuaciones postuladas por otros autores.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La región de Bucaramanga es una de las más activas de nuestro país, su tasa de periodicidad en sismos la ubica como una de las mayores en peligro sísmico a nivel mundial⁴, por tal razón es importante la labor que ha hecho el gobierno para regular la construcciones de obras civiles para prevenir en lo posible tragedias que conlleven a daños materiales y pérdidas humanas, especialmente en ciudades donde hay gran concentración de personas y que con el paso del tiempo crecimiento demográfico va en aumento.

Recordando unos sismos más recientes presentados en el territorio nacional que ocasionó grandes pérdidas fue el terremoto de Quindío del 25 de enero de 1999, de magnitud en escala de momento 6.2 que destruyó parte de la ciudad de

⁴ SALCEDO HURTADO, Elkin de Jesús. Estudios de sismicidad histórica en la región de Bucaramanga, Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. Junio, 1999. vol 23, 234 p.

Armenia, las cifra fueron 1.171 muertos, 4.765 heridos, 45.019 viviendas afectadas, 6.408 fincas cafeteras con daños y pérdidas por valor superior a 2.000 millones de dólares. Se presentaron colapsos parciales y daños severos en el centro de la ciudad y activó elevado número de deslizamientos, que alcanzaron a interrumpir varios sectores de las vías⁵.

De los sismos en Bucaramanga tenemos el del 7 de julio de 1967, uno de los que ha causado más estragos en la ciudad, aunque no hay información completa de este suceso se conocen saldos de 7 heridos y 30 casas destruidas, dejando inservible el casco urbano;⁶ un sismo reciente ocurrido el 24 de febrero de 2012, de 5.2 en escala de de magnitud del momento, con epicentro en el municipio Los Santos, Santander⁷, se presentaron daños de edificaciones en los municipios de Galán, Jordán y Molagavita.

El sismo del 08 noviembre de 1999, ocurrido en Betulia, Santander, con magnitud en escala de Richter 6.5 cuyo hipocentro se encontraba a una profundidad de 160km, Fue entre 15 a 20 veces más fuerte que el de Armenia mencionado anteriormente. Los daños fueron mínimos, el sismo fue sentido por los habitantes de Norte de Santander, el occidente de Venezuela, el centro del país y la parte de la costa Atlántica. Los daños ocurridos fueron paredes agrietadas de casas viejas y vías obstruidas como resultado del evento sísmico⁸.

⁵ Servicio Geológico Colombiano. Terremoto de Quindío [en línea]. s.f.[citado en 25 de junio de 2012] Calendario de eventos. Sismo del 25 de enero de 1999. Disponible en versión HTML <http://seisan.ingegominas.gov.co/RSNC/index.php?option=com_jevents&task=icalrepeat.detail&ev_id=253&Itemid=0&year=2013&month=01&day=25&uid=c0f4c2eb856537df913ddd5afecd9f0e>

⁶ En: Vanguardia Liberal, Bucaramanga. 30, julio, 1967. 8 p. Citado por SALCEDO HURTADO, Elkin de Jesús. Estudios de sismicidad histórica en la región de Bucaramanga, Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. Junio, 1999. vol 23, p. 244.

⁷ Reportan daños menores en Bucaramanga tras fuerte temblor [en línea]. Vanguardia Liberal.14, febrero, 2012. s.f. [citado en 1 junio de 2012] Disponible en World Wide Web: <<http://www.vanguardia.com/santander/region/144937-reportan-danos-menores-en-bucaramanga-tras-fuerte-temblor>>

⁸⁸ Medio país se sacudió con un temblor de 6.5 grados en la Escala de Richter. Nos salvamos de una tragedia. En: Vanguardia Liberal, Bucaramanga. 09, noviembre, 1999. 3 sec. p. 2B. ISSN 0122-7319

Por el momento no se ha tenido eventos sísmicos que hayan ocasionado pérdidas humanas a nivel local pero no estamos exentos a tal situación, por eso, es necesario la obtención de una o varias ecuaciones empíricas en función de los índices de suelos del área Metropolitana de Bucaramanga, para ser aplicadas especialmente para estudios de suelos y procesos de estabilidad, empleada por la comunidad ingenieril, y a su vez, ésta sea reconocida y tenida en cuenta para la realización de estudios posteriores.

El beneficio de que se lleve a cabo esta investigación es clasificar con más precisión y objetividad los suelos locales para estudios posteriores de Zonificación Geotécnica, que garanticen estimar un adecuado comportamiento de una edificación para proteger primeramente la integridad de las personas y las edificaciones públicas y privadas que se encuentran expuestas a cualquier evento sísmico.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES

Ohta y Goto (1978) proponen establecer la ecuación empírica de velocidad de onda de corte en función de otros índices a parte de los valores de golpe N, realizaron un estudio en donde tomaron en cuenta ciertas características propias de cada suelo (índices) que incluían tanto variables métricas como no métricas, donde tomaron aproximadamente 300 datos por cada ecuación empírica establecida en función de sus respectivos índices para calcular los valores de Vs de acuerdo a cada tipo de suelo y otras para todo tipo de suelos. Estos valor de Vs fueron correlacionadas con los valores de N mostrando valores altos. Los mejores valores de correlaciones obtenidas fueron 0.719 y 0.86 para las ecuaciones $Vs=85.34N^{0.348}$ y $Vs=84.36H^{0.254}N^{0.222}$ respectivamente⁹.

También Alfaro (2007) publicó un artículo en donde presenta correlaciones entre el valor de N del Ensayo de Penetración y la velocidad de ondas de corte Vs, tomando 108 conjuntos de datos analizados que provienen de dos campañas: una geotécnica y otra geofísica de estudios anteriores, tomando los datos de número del golpes N, velocidad de onda de Vs y profundidad H. Los resultados obtenidos fueron las siguientes ecuaciones empírica $Vs=91.44h^{0.291}N^{0.298}$ y $Vs=99.783N^{0.383}$, cuyo valor de correlación se comparan con otras correlaciones reportadas por otros autores obteniendo resultados satisfactorios¹⁰.

⁹ OHTA, Yukata. y GOTO, Noritoshi. Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes. En: Earthquake Engineering and Structural Dynamics- 1978. vol. 6, p. 167-187.

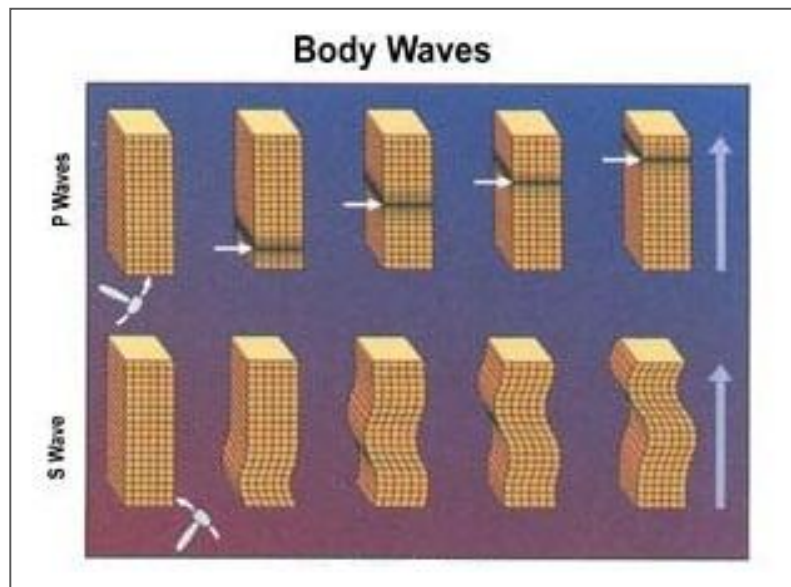
¹⁰ ALFARO CASTILLO, José Andrés. Correlación entre el valor N del Ensayo de Penetración Estándar y Velocidad de Ondas de Corte para Arcillas en Bogotá – Colombia. En: Épsilon. Enero-junio, 2007. num. 008, p. 13-23.

2.2 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELÁSTICAS EN EL SUELO

Las ondas sísmicas transmiten un estado de esfuerzo mediante trayectorias de las partículas del medio transmisor, en un movimiento sísmico estos se propaga por el interior y en la superficie de la tierra.

2.2.1 Ondas internas o de cuerpo

Figura 1. Ondas de cuerpo



Fuente: United States Geological Survey - USGS

Son ondas libres omnidireccionales que se transmiten por el interior de la tierra, estas ondas sufren fenómenos de reflexión y refracción, y cuando esta recorre medios de diferente rigidez su velocidad de propagación cambia. Las hay de dos clases: ondas longitudinales o de compresión y ondas transversales o de corte. Durante los fenómenos en los contactos entre diferentes medios, las ondas

pueden intercambiar de tipo; es decir, una onda P puede dar origen a una onda S¹¹.

2.2.1.1 Ondas de corte o transversales (P)

Son de mayor velocidad que las ondas S, tiene mayor capacidad de destrucción sobre las construcciones que las ondas P ya que son de mayor amplitud, el periodo de las ondas P es casi la mitad de las ondas S¹². La vibración de las partículas es paralela a la dirección de la propagación de la perturbación, recorren enormes distancias y son las primeras en registrarse en los sismógrafos.

2.2.1.2 Ondas de compresión o longitudinales (S)

Caracterizada por desplazamientos del medio transmisor que son perpendiculares a la dirección del estado de esfuerzos, el periodo en este tipo de ondas es aproximadamente el doble correspondiente a las ondas P en la misma región del espacio¹³. La vibración de las partículas es perpendicular a la dirección de la propagación de la onda y recorren grandes distancias. A diferencia de las ondas P, dichas ondas son más lentas y no se transmiten por medios fluidos.

2.2.2 Ondas superficiales

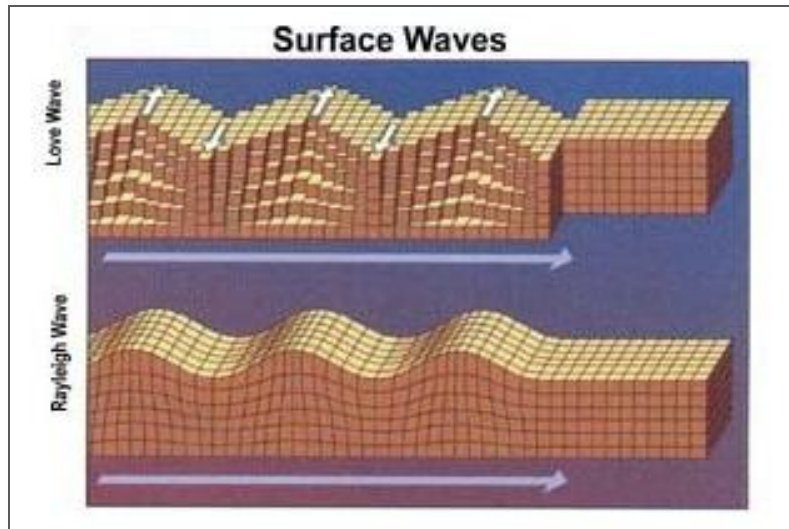
Las ondas superficiales son de dos tipos: ondas Love y Rayleigh. La velocidad de las ondas superficiales es similar a la de las ondas S y son las causantes de los daños producidos por los sismos en las construcciones.

¹¹ SARRIA, Alberto. Ingeniería Sísmica. Ingeniería sísmica. Bogotá D.C.: Ecoe Ediciones, 1995. p 86-90. ISBN 958-9057-49-7.

¹² Ibid., p. 87.

¹³ Ibid., p. 87.

Figura 2. Ondas superficiales



Fuente: United States Geological Survey - USGS

2.2.2.1 Love

Las ondas Love se semejan las ondas de corte, para la propagación de este tipo de ondas se requieren una especie de capa diferenciada del medio subyacente; esta capa tiene rigidez diferente a la del medio subyacente¹⁴. Estas ondas provocan cortes horizontales en la superficie y son las mayores causantes de los mayores efectos del terremoto, se propagan desde el epicentro.

2.2.2.2 Rayleigh

Para su propagación solo requieren de una superficie, las ondas Rayleigh se desplazan de tal manera que las partículas del medio transmisor describen trayectorias elípticas en sentido retrógrado al del desplazamiento del estado¹⁵ (similar al de las olas) y se propagan desde el epicentro.

¹⁴ Ibid., p. 89.

¹⁵ Ibid., p. 89.

2.3 REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE LAS NORMAS NSR-10

2.3.1 Definición del Tipo de Perfil de Suelo

Se define un perfil de suelo a los primeros 30 metros del suelo del perfil basado en los valores de los parámetros del suelo. La clasificación se hace conforme a la siguiente tabla¹⁶:

Tabla 1. Clasificación de los perfiles de suelo normas NSR-10

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3 \text{ m}$ para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5 \text{ m}$ con Índice de Plasticidad $IP > 75$) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 36 \text{ m}$)	

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

¹⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Op. cit., p. A-22

2.3.2 Procedimiento de Clasificación

“El perfil se clasifica utilizando uno de los tres criterios: $\bar{V}_s$, $\bar{N}$ o la consideración conjunta $\bar{N}_{ch}$ y $\bar{S}_u$, seleccionando el aplicable como se indica a continuación. En caso que se cuente $\bar{V}_s$ prevalecerá la clasificación basada en este criterio. En caso que no se cuente con $\bar{V}_s$, se podrá utilizar el criterio basado en $\bar{N}$ que involucra todos los estratos del perfil”.¹⁷

2.3.3 Velocidad de la onda de corte en la roca

La roca competente del perfil tipo A, debe definirse por la medición de la velocidad de la onda de corte en el sitio, o en perfiles de la misma formación donde haya meteorización y fracturación similares. En el caso que se conoce que las condiciones de la roca son continuas hasta una profundidad mínima de 30 m, la velocidad de onda de corte superficial puede emplearse para definir $\bar{V}_s$. “La velocidad de la onda de corte en roca, para el perfil Tipo B, debe medirse en el sitio o estimarse, por parte del ingeniero geotecnista para un perfil geotécnico de roca competente con meteorización y fracturación moderada”.¹⁸

2.3.4 Obligatoriedad de los estudios geotécnicos

“Los estudios geotécnicos definitivos son obligatorios para todas las edificaciones urbanas y suburbanas de cualquier grupo de uso, y para las edificaciones en terrenos no aptos para el uso urbano de los grupos de uso II, III y IV definidos en el Título A de este reglamento”.¹⁹

¹⁷ Ibid., p. A-22.

¹⁸ Ibid., p. A-23.

¹⁹ Ibid., p. H-1.

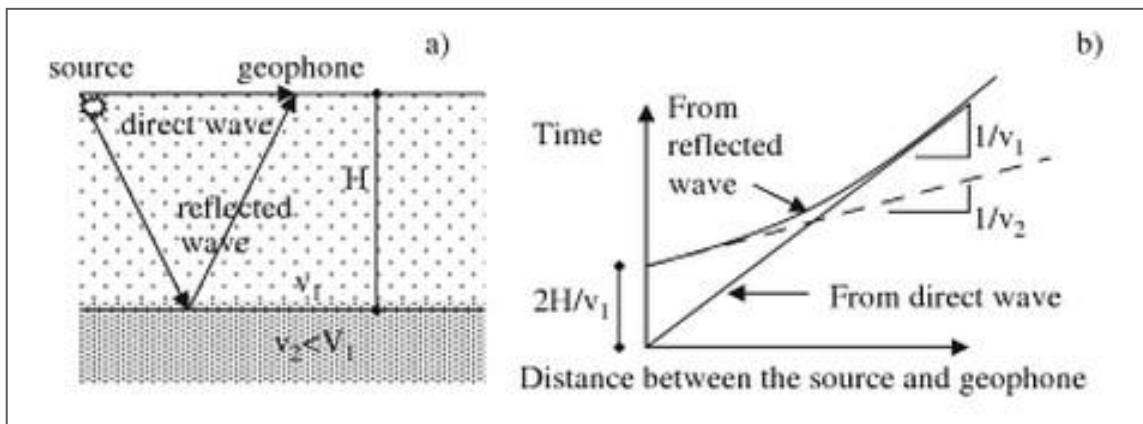
2.4 APLICACIONES DE ONDA DE CORTE EN LA GEOTECNIA

2.4.1 Reflexión y refracción sísmica

2.4.1.1 Reflexión

Este método se encuentra estandarizado por las normas ASTM D7128-05, es el más frecuentemente usado para determinar la velocidad de propagación de las ondas y el espesor de las capas del subsuelo a gran escala para estratigrafía muy profunda y rara vez para capas superficiales del suelo (Figura 3).

Figura 3. Recorrido y tiempo de arribo de una onda longitudinal directa y reflejada



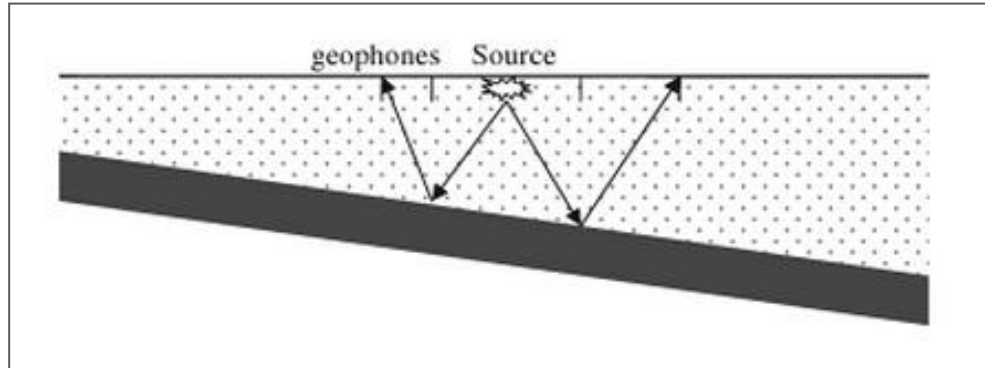
(a) Reflexión y recorrido directo de la onda, (b) gráfica de tiempo vs. distancia para las ondas directas y reflejadas

Fuente: Srbulov, 2010.

El ensayo y su interpretación son conceptualmente muy simples. El ensayo es realizado por medio de un impulso que causa por lo general una onda longitudinal en la superficie y midiendo el tiempo de llegada de las ondas directas y reflejadas en un receptor ubicado en la superficie. La velocidad de onda es calculada de la onda directa y del espesor de la capa de onda reflejada asumiendo que la velocidad de propagación es isotrópica (igual en ambas direcciones). En el caso de un límite de una capa inclinada, los espesores de las capas y su inclinación

puede ser determinada usando dos receptores de los cuales uno es ubicado en la fuente (Figura 4).

Figura 4. Recorrido de la reflexión de la onda para una capa con límite inferior inclinado



Fuente: Srbulov, 2010.

Se puede determinar más de una capa y determinar su velocidad de onda por medio de este método. El problema surge cuando los tiempos de las ondas reflejadas y refractadas coinciden (debido al gran ancho de pulso) y también cuando las capas tienen bajas velocidades. La dificultad con la resolución aumenta cuando se incrementa la distancia de la fuente hacia los puntos receptores, por lo tanto este método emplea a distancias mucho más pequeña entre la fuente y el geófono en comparación con la sísmica de refracción²⁰.

2.4.1.2 Refracción

Este método se encuentra estandarizado por las normas ASTM D5777. La sísmica de refracción es generalmente usada para definir profundidades (típicamente de 30 m posiblemente hasta 300m) de las capas superficiales (en general máximo cuatro) y niveles de agua subterránea así como para determinar la velocidad de propagación de la onda longitudinal a través de las capas del subsuelo. Las ondas longitudinales son muy usadas ya que estas viajan más rápido a través del suelo y son las primeras en llegar a un receptor pero la

²⁰ SRBULOV, Milutin. Ground Vibration Engineering: Simplified Analyses with Case Studies and Examples. Springer: 2010. (Serie Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering; vol. 12) ISBN 978-90-481-9081-2.

determinación de las velocidades de las ondas es posible por sísmica de refracción.

Este método es basado en la medición del tiempo de viaje de la propagación de las ondas longitudinales desde una fuente (golpe de un martillo, caída de peso o carga explosiva) hasta un receptor (geófono) sobre la superficie del suelo. Cuando una onda longitudinal viaja desde la fuente y alcanza una interfaz entre dos materiales de diferente velocidad de onda de propagación, la onda es refractada de acuerdo a la ley de Snell, cuando el ángulo de incidencia es igual al ángulo crítico de la interface. La onda refractada se mueve a lo largo de la interfaz entre dos materiales, esta interfaz se refiere como un refractor. A partir de la gráfica de tiempos de llegada de una onda longitudinal en los geófonos a diferentes distancias muestran que es posible calcular ambas velocidades de propagación desde la pendiente de un polígono y la profundidad del refractor, desde los tiempos de intercepción y distancias de cruce.

Las fórmulas de cálculo están basadas en los siguientes supuestos:

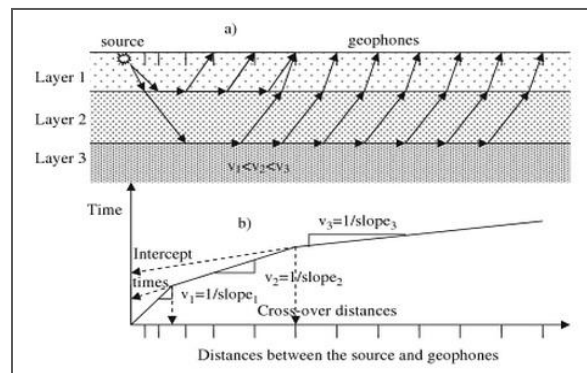
- El límite entre capas son planas ya sean horizontales o inclinadas en un ángulo constante.
- No hay relieve en la superficie del suelo.
- Cada capa es homogénea e isotrópica (con las mismas propiedades en cualquier dirección).
- La velocidad de onda aumenta con la profundidad.
- Las capas intermedias deben tener suficiente contraste de velocidad, los espesores y extensiones laterales debe ser detectadas.

Las capas de la tierra pueden ser inclinadas y por lo tanto las mediciones inversas son usadas. La velocidad obtenida por el refractor de cualquiera de estas dos mediciones solamente es la velocidad aparente del refractor. Tanto las mediciones de ida y vuelta son necesarios para calcular la velocidad de la onda

real y el buzamiento de las capas salvo que otros datos indique que se trata de una capa horizontal. La grafica para las trayectorias de la onda y las distancias de tiempos para dos capas con espesor variable se muestran en la Figura 6.

El error de cálculo de la profundidad de una capa es mayor a medida que aumenta el ángulo de inclinación. Si una capa tiene una velocidad de onda menor a la velocidad de otra capa que se encuentre sobre esta, entonces la capa de menor velocidad no puede ser detectada. Las profundidades calculadas de las capas más profundas son mayores que las profundidades reales. Para capas irregulares existen otros métodos para calcular los perfiles de las capas como el método recíproco común. Para la variación lateral en la velocidad de la onda dentro de una capa, con capas de velocidad intermedia y velocidad de inmersión, el método recíproco generaliza este uso (e.g. ASTM D5777). El método de refracción sísmica es sensible a variaciones a las vibraciones de la tierra²¹.

Figura 5. Recorrido y tiempo de arribo de una onda longitudinal refractada en diferentes medios

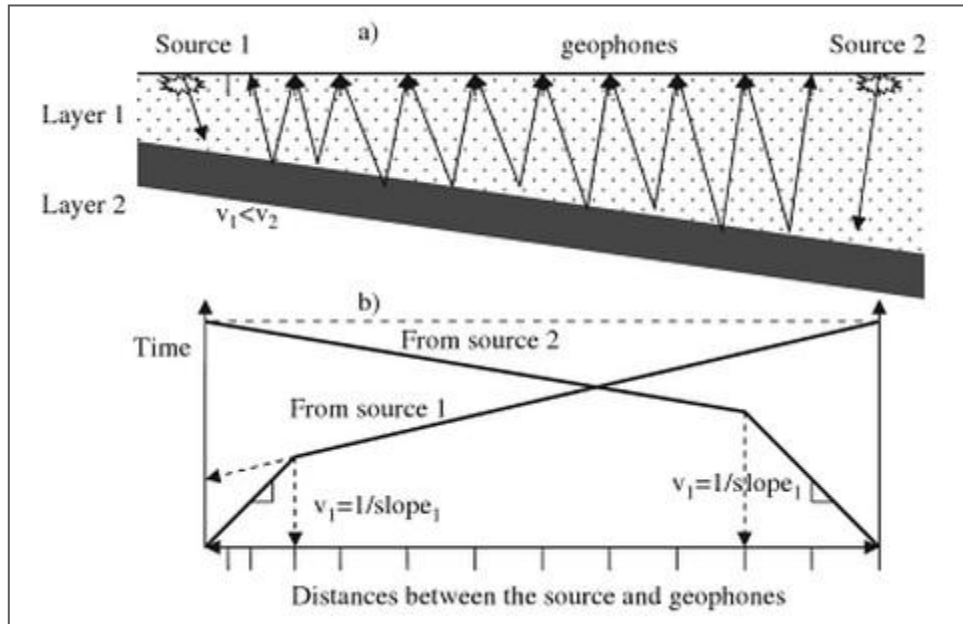


a) Recorrido de las ondas refractadas, **(b)** gráfica de tiempo vs. distancia para tres capas horizontales

Fuente: Srbulov, 2010.

²¹Ibid., p. A-22.

Figura 6. Recorrido y tiempo de arribo de una onda para dos capas con espesores variables



(a) Recorrido de las ondas refractadas, (b) gráfica de tiempo vs. distancia para una capa con límite inferior inclinado

Fuente: Srbulov, 2010.

2.4.2 Ensayo de medición de onda de corte

La Velocidad de Onda de Corte (V_s) es muy aplicada en la geotecnia a nivel mundial, ya que con este valor se puede determinar el módulo de rigidez al esfuerzo cortante (G), inferir densidad in situ, estimar el estado de esfuerzos, estimar la cementación natural o evaluar la alteración de una muestra. Esta puede ser empleada para determinar los perfiles de suelo.

2.4.3 Ensayo Down Hole

El Ensayo Down Hole emplea un sondeo previamente revestido de una sonda triaxial para registrar los tiempos de llegada de las ondas P y S, para de esta forma calcular las velocidades de transformación y los módulos de deformación dinámicos del terreno, teniendo en cuenta las V_p , V_s y la densidad del material ρ . Para efectuar la ejecución del golpeo exigen una cierta especialización para

trabajar en el interior del sondeo y tomar correctamente la información proporcionada por las ondas de cizalla y transversales.

En un único sondeo disponiendo la sonda triaxial a distintas cotas, separadas a un espacio regular entre ellas, donde se procede a realizar los golpes con un dispositivo de golpeo desde la superficie del sondeo. Los impulsos se realizan por golpeo lateral sobre un cuerpo fijado al suelo con un peso que lo inmoviliza, obteniendo así un perfil de velocidades del terreno. Al tomar la lectura de distintas profundidades se obtienen un perfil de tiempo vs. la profundidad, que pueden ser representados por una curva cuyo valor de pendiente es la inversa de la velocidad de propagación de la onda sísmica. Este ensayo genera con mayor facilidad ondas sísmicas de cizalla S o de corte, por tal motivo es usada frecuentemente.²²

2.4.4 Ensayo de Penetración Estándar - SPT

En uno de los métodos más practicados en todo el mundo y el más ampliamente usado en las técnicas de ensayos in situ. Es recomendado para suelo granulares y para otras condiciones del terreno donde hay dificultad de conseguir muestras y evaluarlas en laboratorio; los ensayos SPT son muy usados para exploraciones preliminares por su simplicidad y bajo costo. Además, este ensayo nos permite valorar las propiedades de los suelos, mirar los parámetros de diseño de construcciones y si existe una licuefacción potencial. El SPT mide la resistencia de los suelos al ser penetrados a través del conteo de los números de golpes requeridos para perforar 300mm del suelo, excepto si ha avanzado alrededor de 150mm, o en casos donde los 50 golpes son insuficientes para perforar un intervalo de 150mm.

La interpretación de los resultados depende de la medición de los valores de N, que en años recientes ha sido sujeta a varias correcciones para ser tenidas en cuenta para la estandarización del procedimiento de este ensayo, los efectos de

²² Gonzalez, Luis et al. Ingeniería Geológica. España: Pearson Educación, 2012. p. 339-340. ISBN 84-205-3104-9.

sobrecarga de la presión y la influencia de la longitud de la varilla. Este ensayo originado en 1930 en Estados Unidos y fue primeramente estandarizado en 1958 bajo las normas ASTM Designation D 1586-58T²³.

Los siguientes factores son aquellos que no nos permiten realizar correctamente un ensayo SPT y tiene importancia en el valor y fiabilidad de los resultados: la frecuencia rápidas de golpes no debe sobrepasar de 30 a 50 golpes/min para evitar la vibropercusión, un punto que se desprecia a menudo es la regularidad de la altura de caída del martillo, que debe estar asegurada a menos de 5%, las pérdidas de energía ocasionadas por imperfecciones de los equipos que producen ruido debido a los rozamientos del martillo sobre las varillas guía o la falta de unión entre la cabeza de golpeo, etc, y la dimensión y formas de las puntas pueden influir en los resultados²⁴.

2.5 MARCO LEGAL

Este trabajo se basa en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, las normas NSR-10, expedida mediante Decreto 926 de 2010, proferido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, los títulos TÍTULO A - Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente, artículos A.2.4.4, A.2.4.5.3 y A.2.4.5.4 que tratan sobre la Definición del Tipo de perfil de suelo, Procedimiento de Clasificación y Velocidad de la onda de corte en roca respectivamente y el TÍTULO H - Estudios geotécnicos, el artículo H.1.1.2 que habla de la Obligatoriedad de los Estudios Geotécnicos.

²³ FERNANDO, Schnaid. In-situ Testing in Geomechanics: The Main Tests. Oxon: Taylor & Francis, , 2009. p 18-20. ISBN 978-0-203-93133-2.

²⁴ CASSAN, Maurice. Los Ensayos "in Situ" en la Mecánica Del Suelos. vol. 1, 156 p.

3. METODOLOGÍA

La siguiente imagen muestra resumidamente de la metodología empleada los pasos a seguir para la obtención de las ecuaciones de velocidad V_s y su valor de correlación.

Figura 7. Pasos progresivos empleados para la obtención de las ecuaciones empíricas

Fuente: Autor

3.1 RECOPIACIÓN y EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

lyisan (1996), examinó la influencia del tipo de suelo en los SPT versus Vs y su correlación con los datos recogidos a partir de un área a propensa a los terremotos al oriente de Turquía. Sus resultados fueron que las correlaciones de la ecuaciones desarrolladas para todo tipo de suelo, arenas y arcillas dan valores similares a los valores Vs, excepto en las gravas.

Hasancebi y Ulusay (2006), estudiaron correlaciones estadísticas similares usando 97 pares de datos recolectados de un área noroccidental de Turquía y desarrollaron relaciones empíricas para todos los tipos de suelo, arena y arcilla tipos de suelo, excepto para las gravas.

En la literatura hay muchas correlaciones empíricas entre SPT y Vs de los siguientes autores:

- Shibata (1970),
- Ohba y Toriuma (1970),
- Ohta et al (1972),
- Fujiwaram (1972),
- Ohsaki y Iwasaki (1973),
- Imai y Yoshimura (1975),
- Campbell y Duke (1976),
- Imai (1977),
- Ohta y Goto (1978),
- Seed e Idriss (1981),
- Imai y Tonouchi (1982),
- Barrow y Stokoe (1983),
- Jinan (1987),
- Okamoto et al (1989),
- Lee (1990),

- Athanasopoulos (1995),
- Sisman (1995),
- Kanai (1996),
- Jafari et al (1997),
- Pitilakis et al (1999),
- Kiku et al (2001),
- Tamura y Yamazaki (2002).

Algunos de estos investigadores han propuesto correlaciones entre SPT-N y Vs para diferentes suelos, tales como arena, limo y arcilla.

A continuación se muestra una tabla resumida donde se encuentra ecuaciones empíricas de velocidad de onda de corte postuladas por algunos autores que se ha desarrollado a través de la historia.

Tabla 2. Resumen de correlaciones basadas en ensayos SPT

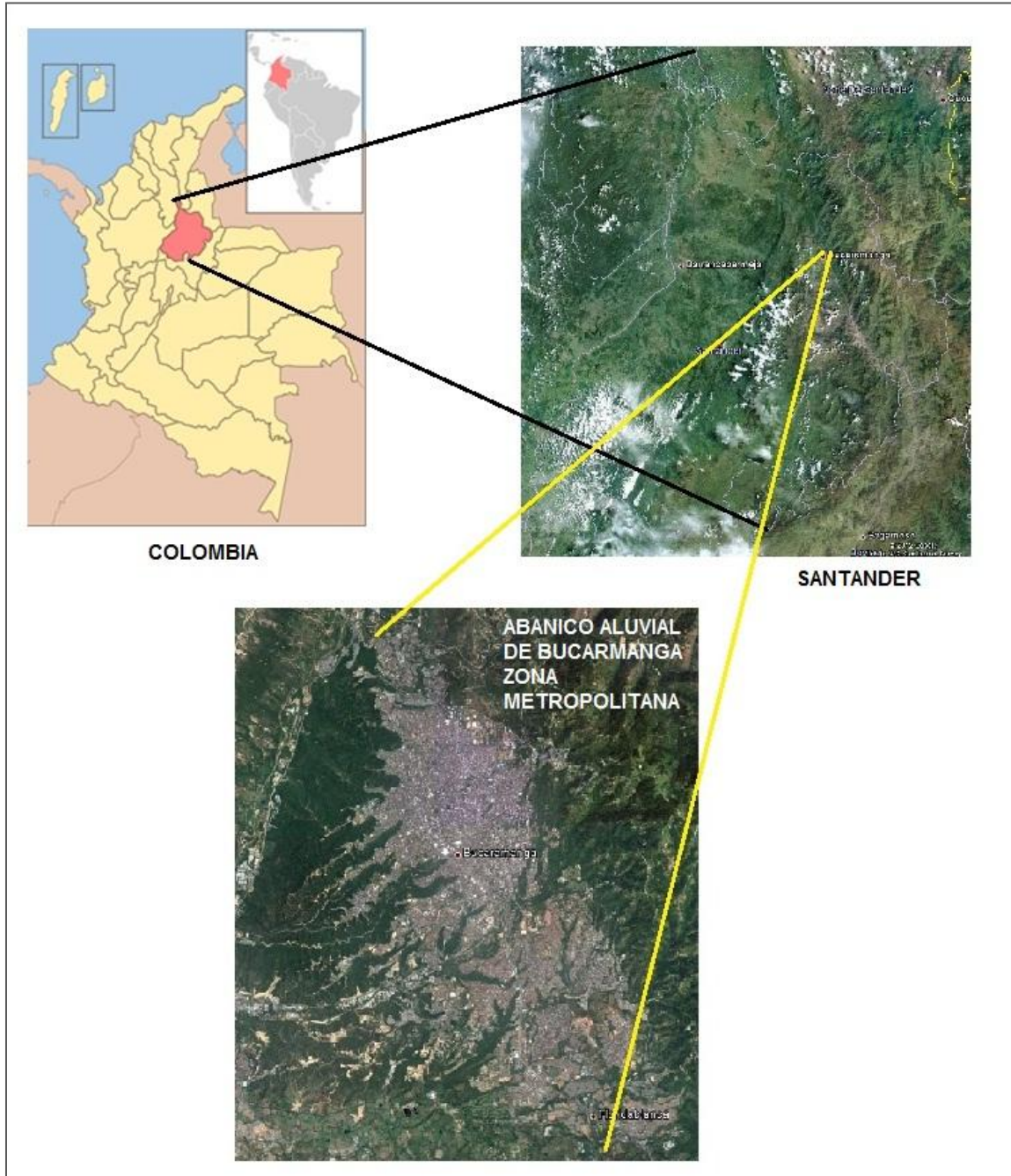
AUTOR	PAIS	GEOLOGIA	TIPO DE SUELO			
			TODO TIPO	ARENOSO	LIMOSO	ARCILLOSO
Ohsaki y Iwasaki (1973)	Japón	Aluvion	$V_s=84N^{0,31}$ $r^2=$			
Fujiwara (1972)	Japón		$V_s=92,1N^{0,337}$ $r^2=$			
Ohsaki y Iwasaki (1973)	Japón		$V_s=81,3N^{0,39}$ $r^2=0,886$			
Imai (1972)	Japón	Cuaternario y aluvion del pleistoceno	$V_s=91N^{0,337}$ $r^2=$	$V_s=80,6N^{0,331}$ $r^2=$		$V_s=80,2N^{0,292}$ $r^2=$
Ohta y Gotó (1978)	Japón	Cuaternario y aluvion del pleistoceno	$V_s=85,34N^{0,34}$ $r^2=0,719$	$V_s=88,4N^{0,333}$ $r^2=0,719$		$V_s=86,9N^{0,333}$ $r^2=0,719$
Imai y Tonouchi (1982)	Japón	Cuaternario y aluvion del pleistoceno	$V_s=97N^{0,314}$ $r^2=0,868$	$V_s=87,8N^{0,314}$ $r^2=0,69$		$V_s=107N^{0,274}$ $r^2=0,721$
Seed et al. (1963)			$V_s=56N^{0,5}$ $r^2=$			

AUTOR	PAIS	GEOLOGIA	TIPO DE SUELO			
			TODO TIPO	ARENOSO	LIMOSO	ARCILLOSO
Sykora y Stokoe (1983)				$V_s=100,5N^{0,29}$ $r^2=0,84$		
Jinan (1987)	Shanghai	Soft=? Depositos del Holoceno	$V_s=116,1(N+0,3185)^{0,202}$ $r^2=$			
Lee (1992)	Taiwan			$V_s=157,13+4,74N$ $r^2=0,691$	$V_s=103,99(N+1)^{0,334}$ $r^2=0,798$	$V_s=138,36(N+1)^{0,242}$ $r^2=0,695$
Lee (1990)	Taiwan			$V_s=57,4N^{0,49}$ $r^2=0,62$	$V_s=105,64N^{0,32}$ $r^2=0,73$	
Sisman(1995)			$V_s=32,8N^{0,51}$ $r^2=$	}		
Iyisan(1996)			$V_s=51,5N^{0,516}$ $r^2=$			
Jafan et al. (2001)	Irán		$V_s=22N^{0,85}$ $r^2=$			
Pitilakis(1999)	Grecia	Aluvión		$V_s=145N^{0,178}$ $r^2=0,70$	$V_s=145N^{0,178}$ $r^2=0,70$	$V_s=135N^{0,271}$ $r^2=0,75$
Kiku et al. (2001)	Turquia		$V_s=68,3N^{0,292}$ $r^2=$			
Hasancebi y Ulusay (2007)	Turquia	Aluvión del cuaternario y detritos	$V_s=90N^{0,308}$ $r^2=0,73$	$V_s=90,82N^{0,319}$ $r^2=0,65$		$V_s=97,89N^{0,269}$ $r^2=0,75$
C-G. Sun et al. (2012)	Corea	Suelo aluvial	$V_s=78,63N^{0,361}$ (GRAVAS) $r^2=0,331$	$V_s=90,82N^{0,319}$ (AREANAS Y LIMOS) $r^2=0,339$		
			$V_s=65,64N^{0,407}$ $r^2=0,558$			
C-G. Sun et al. (2012)		Aluvión del cuaternario y detritos	$V_s=90N^{0,308}$ $r^2=0,73$	$V_s=90,82N^{0,319}$ $r^2=0,65$		$V_s=97,89N^{0,269}$ $r^2=0,75$
Anbazhagan et al. (2012)	India		$V_s=68,96N^{0,51}$ $r^2=0,85$			

Fuente: Autor: Dejong, Jason (2007), modificado por el autor

3.2 LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Figura 8. Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Sitio oficial web de Rionegro Santander e imágenes Google Earth

La zona de estudio se ubica en el abanico aluvial de Bucaramanga en donde se encuentra gran parte de su zona metropolitana, en el departamento de Santander, Colombia. La zona metropolitana de Bucaramanga está conformada por los

municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, su población total es de 1.255.331 habitantes²⁵. A continuación se presenta información general del mismo:

Tabla 3. Información general del Municipio de Bucaramanga

Ubicación		
	Latitud	7°08'0 Norte
	Longitud	73°08' Oeste
Temperatura	23° C	
Altitud	959 m sobre el nivel del mar	
Superficie	165 km ²	
Fundación	22 de diciembre de 1622	
Población	716.512 habitantes (2009)	
	Densidad	4.342 hab. x km ²

Fuente: Área Metropolitana de Bucaramanga

Tabla 4. Información general del Municipio de Floridablanca

Ubicación		
	Latitud	07° 13' Norte
	Longitud	73° 04' Oeste
Temperatura	23° C	
Altitud	925 m sobre el nivel del mar	
Superficie	97 km ²	
Fundación	7 de noviembre de 1817	
Población	260.042 habitantes (DANE)	
	Densidad	2.680 hab./km ²

Fuente: Área Metropolitana de Bucaramanga

²⁵ Área Metropolitana de Bucaramanga. ("...") [en línea] s.f. [citado en 19 agosto de 2012] Jurisdicción. Localización. Disponible en World Wide Web:<<http://www.amb.gov.co/jurisdiccion.html>>

Tabla 5. Información general del Municipio de Piedecuesta

Ubicación		
	Latitud	7° 04' 15" Norte
	Longitud	37° 10' 20" Oeste
Temperatura	26° C	
Altitud	777 m sobre el nivel del mar	
Superficie	475,4 km²	
Fundación	15 de enero de 1631	
Población	150.531 habitantes (DANE)	
	Densidad	316 hab./km²

Fuente: Área Metropolitana de Bucaramanga

Tabla 6. Información general del Municipio de Girón

Ubicación		
	Latitud	5°59'06" Norte
	Longitud	7°1,01'17" Oeste
Temperatura	20° C	
Altitud	1.005 m sobre el nivel del mar	
Superficie	344 km²	
Fundación	17 de octubre de 1774	
Población	321.000 habitantes (DANE)	
	Densidad	933 hab./km²
	Pobl. metropolitana	1.255.331 (2008) hab.

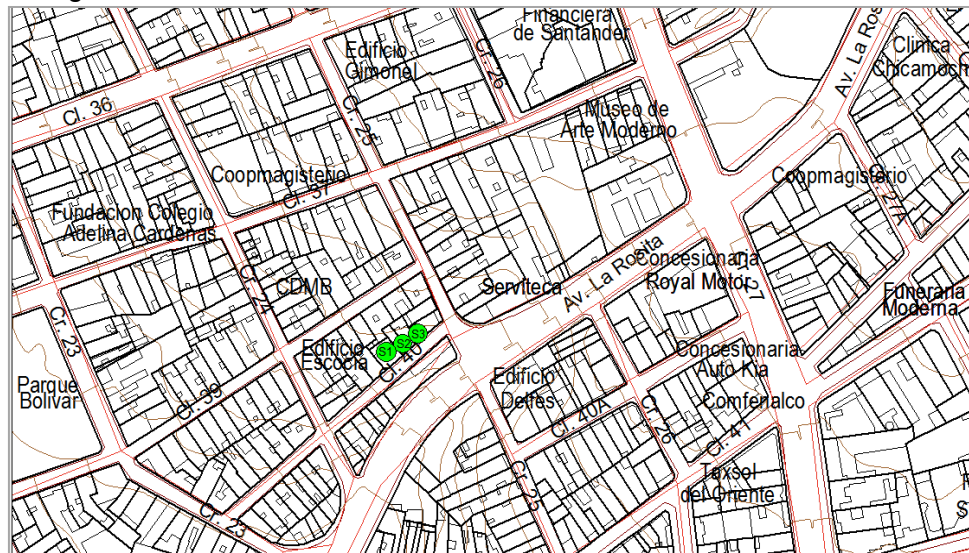
Fuente: Área Metropolitana de Bucaramanga

De la zona de interés se tomaron datos de los siguientes sitios

- Calle 40 con 25 Barrio Bolívar, Bucaramanga.
- Calle 34 N° 25-38 Barrio Antonia Santos, Bucaramanga.
- Carrera 33 N° 86-20 y 91-34 Barrio La Pedregosa, Bucaramanga.
- Calle 26 con carrera 8E Barrio La Cumbre, Floridablanca.
- Carrera 9 con 104 Barrio Porvenir, Bucaramanga.

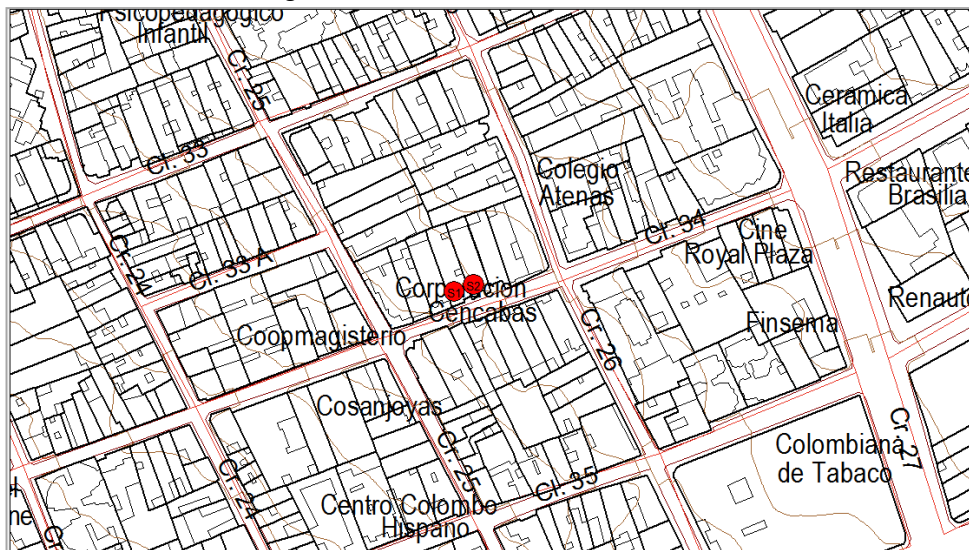
La ubicación de los sondeos SPT y las líneas sísmicas de cada sitio se muestran en las figuras:

Figura 9. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la calle 40 con 25 Barrio Bolívar, Bucaramanga



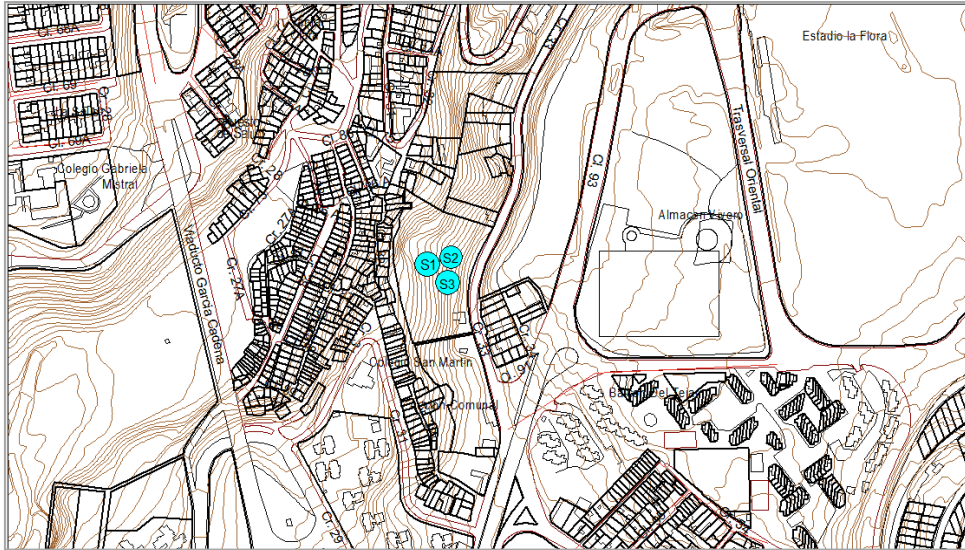
Fuente. POT Bucaramanga

Figura 10. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos, Bucaramanga



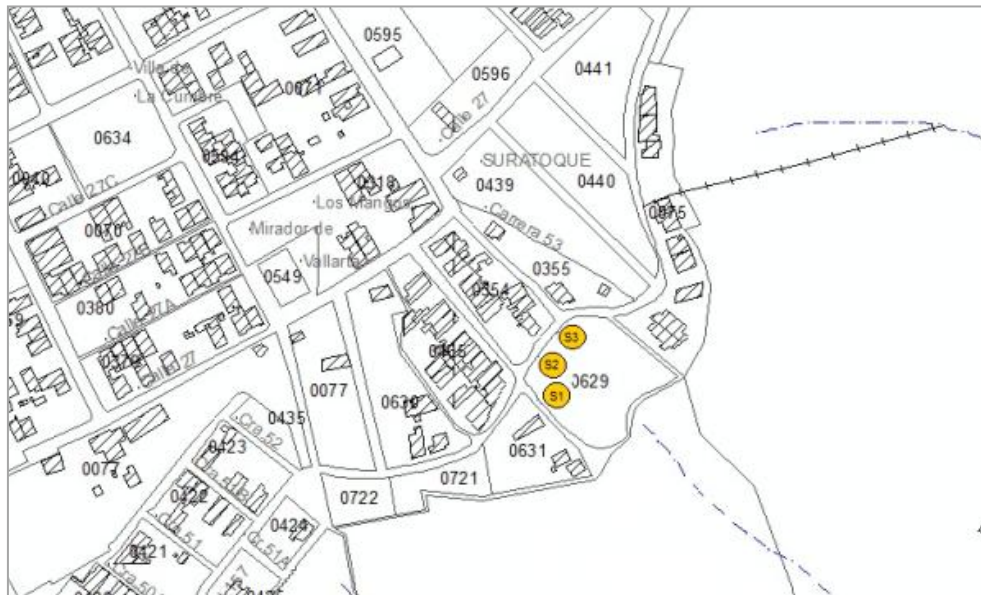
Fuente: POT Bucaramanga

Figura 11. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la carrera 33 N° 86-20 y 91-34 Barrio La Pedregosa, Bucaramanga



Fuente: POT Bucaramanga

Figura 12. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la calle 26 con carrera 8E, Barrio La Cumbre, Floridablanca



Fuente: POT Floridablanca

Figura 13. Línea sísmica y ensayos SPT practicados en la carrera 9 con 104, Barrio El Porvenir, Bucaramanga

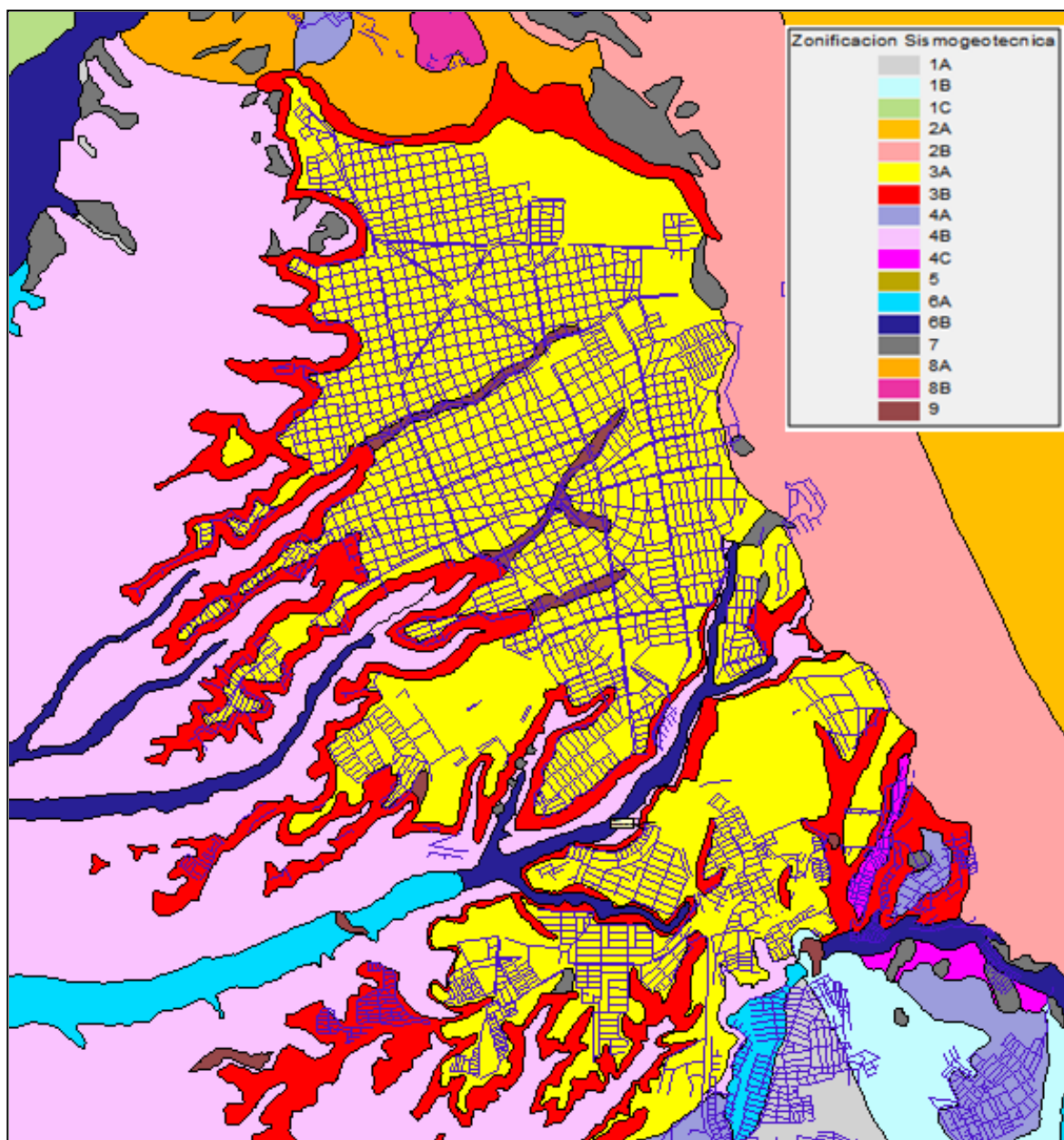


Fuente: POT Bucaramanga

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población corresponde a los datos presentes en el abanico aluvial de Bucaramanga, implementándose la zonificación geotécnica desarrollada por Ingeominas para el Área metropolitana de Bucaramanga, donde la Formación Bucaramanga corresponde a las zonas geotectónica 3A, 3B, 4A y 4B, delimitada por el área como se muestra en la Figura 8.

Figura 14. Zonificación Sismogeotécnica del Abanico aluvial de Bucaramanga



Fuente: INGEOMINAS, 2001

Las características de la población son heterogéneas. El tamaño de la muestra no se puede calcular estadísticamente ya que método de muestreo usado en esta investigación es no probabilístico.

3.4 TIPO DE DATOS

Los datos que se van a tratar en este estudio son variables cuantitativas discretas, ya que las variables no admiten tomar todos los valores dentro de un rango. La escala de medida y el rango para cada variable se muestra a continuación:

Tabla 7. Unidades métricas de las variables empleadas

Variable métrica	Símbolo	Unidades	Rango de valor
Número de golpes	N	adimensional	1-50
Profundidad	H	m	0-30
Velocidad de onda de corte	Vs	m/s	300-1200?

Fuente: Autor

3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para los datos primeramente se recurrió a material bibliográfico de los informes de estudios de suelos de Ensayos de Penetración Estándar – SPT, refracción sísmica y Down Hole practicados en el área Metropolitana de Bucaramanga en los cuales se hayan desarrollado exploración sísmica y geotécnica conjuntamente, para ser compilados y clasificados para las respectivas zonas geotécnicas 3A, 3B, 4A y 4B²⁶; los datos fueron seleccionados y posteriormente se digitalizaron en hojas de cálculo del programa Excel.

Las técnicas empleadas para la recolección de datos fueron: La entrevista, por medio de esta se pudo indagar con otras personas acerca de los diferentes temas implícitos en este proyecto y permitió la adquisición de la información requerida para efectuar esta investigación. También se recurrió a la observación indirecta,

²⁶ INGEOMINAS, Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área metropolitana de Bucaramanga. Fase II. Convenio realizado entre la Gobernación de Santander e INGEOMINAS. Bogotá. Junio, 2001.

ya que tomamos datos secundarios de estudios preliminares cuya fuente tuvo contacto directo con los mismos.

3.6 METODO DE MUESTREO Y SELECCIÓN

Los métodos de muestreo se dividen en dos grandes grupos: los probabilísticos y los no probabilísticos; en el primer grupo todos los individuos tiene la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra de tamaño n y es el método que más se recomienda ya que asegura la representatividad de la muestra tomada, en el muestreo no probabilístico donde no todo los sujetos de una población tiene la posibilidad de ser elegidos para ser parte de una muestra, generalmente se selecciona a los sujetos en base a determinados criterios procurando que la muestra a elegir sea representativa, este método es empírico pero es posible obtener resultados favorables si el investigador tiene un conocimiento claro y preciso de la población que quiere observar. La muestra se elige sobre la base de su conocimiento, los elementos y la naturaleza de los objetivos de la investigación.

El método empleado es el de muestreo intencional de conveniencia, se encuentra dentro del grupo de los métodos no probabilísticos, para esta situación se tomaron como muestra los datos a los que se pudo tener acceso (que posteriormente fueron seleccionados), debido a la dificultad de su adquisición por motivos de derecho de autor y/o confidencialidad. Las muestras han sido seleccionadas por parte del investigador de acuerdo al juicio que se hace en este estudio. La muestra se toma del subconjunto de datos de la población que se consideren representativos de las zonas geotectónicas 3A, 3B, 4A y 4B con los cuales se va a realizar el procesamiento. Se tuvo en cuenta que para la selección de los datos estuvieran involucradas las variables que se van a emplear para correlacionar con el valor de la velocidad de onda de corte (V_s); las variables son las descritas en la Tabla 7.

3.7 TRATAMIENTO DE DATOS

Las muestras se han codificado respecto a categorías, donde cada una corresponde al barrio donde se tomó la muestra respectiva, después de este procedimiento se menciona la zona geotécnica de donde fueron tomadas las muestras y finalmente se establece un número consecutivo para los datos dentro del mismo barrio. A continuación se describe la forma como se codificaron las muestras:

BOL-3A-001

BOL: Corresponde a la categoría del Barrio, en este caso es el barrio Bolívar.

001: Corresponde la muestra consecutiva del mismo barrio.

3A: Alude a la zonificación sismogeotécnica de Ingeominas de donde se tomó la muestra.

Respecto a la anterior codificación se tomaron las siguientes categorías:

Barrio Bolivar:	BOL
Barrio Antonia Santos	ANT
Barrio Pedregosa:	PED
Barrio La Cumbre:	CUM
Barrio Porvenir	POR

Para efecto de procesamiento se organizaron en una hoja de cálculo en el software Excel con el siguiente esquema:

Tabla 8. Esquema de organización de datos

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N prom	log (N prom)
M ₁	H ₁	log(H ₁)	Vs ₁	log(Vs ₁)	N ₁	log(N prom ₁)
M ₂	H ₂	log(H ₂)	Vs ₂	log(Vs ₂)	N ₂	log(N prom ₂)
M ₃	H ₃	log(H ₃)	Vs ₃	log(Vs ₃)	N ₃	log(N prom ₃)
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
M _n	H _n	log(H _n)	Vs _n	log(Vs _n)	N _n	log(N prom _n)

Fuente: Autor

Como no existe estudios en el área de interés que tengan datos de velocidad de onda de corte Vs tomadas simultáneamente con los golpes de N del Ensayo SPT, se hizo un aproximación promediando los N obtenido en el mismo sitio donde se realizó el ensayo Down Hole o de refracción sísmica y se le asignó el valor a cada muestra, concordando la profundidad de dichos ensayos con la profundidad de los Ensayos SPT.

Para estimar las ecuaciones empíricas luego de haber establecido el esquema de organización de datos a utilizar, se emplea el método de mínimos cuadrados. Este método permite establecer una nube de puntos ubicados en un área o espacio en base a los valores que poseen las variables dependientes e independientes tomadas por cada muestra, encontrando una función que se ajuste a la nube de puntos, de acuerdo con el criterio de error de mínimos cuadrados.

El método empleado para estimar las ecuaciones empíricas de velocidad de onda de corte usado por otros autores han sido el lineal y el no lineal de mínimos cuadrados, para este caso se usó el método lineal realizado por los autores Otha y Goto(1978), como la tendencia de los puntos es logarítmica en una escala aritmética aplicaríamos un modelo no lineal, pero si los puntos los establecemos en una escala logarítmica podemos aplicar el método de mínimos cuadrados lineal, la ecuación a calcular se expresa de la siguiente forma:

$$\log Y = \beta_0 + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \dots + \beta_n \log X_n + \varepsilon$$

Donde Y es la variable dependiente y $X_1, X_2, \dots, X_n$ son las variables independientes, y $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ son los parámetros desconocidos.

Linealizamos la expresión de la siguiente forma:

$$\log Y = Y,$$

$$\log X_1 = X_1, \log X_2 = X_2, \dots, \log X_n = X_n,$$

$$\beta_0 = \beta_0, \beta_1 = \beta_1, \dots, \beta_n = \beta_n$$

El modelo de mínimos cuadrados se expresa matricialmente de la siguiente forma:

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

Donde,

$$Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{kn} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} \quad y \quad \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_k \end{pmatrix}$$

En este caso X es una matriz de $n \times m$ para las variables predictoras o independientes y β es un vector de parámetros desconocidos de $m \times 1$, y Y y ε sigue siendo vectores de $n \times 1$, estos contienen las observaciones de las variables de las respuestas y los errores aleatorios asociados con estas, respectivamente.

Los vectores Y y ε son variables aleatorias independientes normales distribuidas. Para la estimación de los parámetros por mínimos cuadrados las ecuaciones normales toman la misma forma dada por las siguientes matrices:

$$\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{k1} & X_{k2} & \dots & X_{kn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{kn} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X} = \begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^n X_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n X_{ki} \\ \sum_{i=1}^n X_{1i} & \sum_{i=1}^n X_{1i}^2 & \dots & \sum_{i=1}^n X_{1i} X_{ki} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n X_{ki} & \sum_{i=1}^n X_{ki} X_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n X_{ki}^2 \end{pmatrix}$$

y

$$\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{Y} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{k1} & X_{k2} & \dots & X_{kn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_{1i} Y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n X_{ki} Y_i \end{pmatrix}$$

Entonces

$$\mathbf{X}^T \mathbf{X} \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^n X_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n X_{ki} \\ \sum_{i=1}^n X_{1i} & \sum_{i=1}^n X_{1i}^2 & \dots & \sum_{i=1}^n X_{1i} X_{ki} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n X_{ki} & \sum_{i=1}^n X_{ki} X_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n X_{ki}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_{1i} Y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n X_{ki} Y_i \end{pmatrix} = \mathbf{X}^T \cdot \mathbf{Y}$$

$$\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X} \cdot \mathbf{B} = \mathbf{X}^T \cdot \mathbf{Y}$$

Dónde:

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix}$$

Es el vector que contiene los estimadores de mínimos cuadrados $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$.

Suponiendo que la matriz cuadrada $\mathbf{X}^T \mathbf{X}$ tiene inversa, entonces

$$(X^T \cdot X)^{-1}(X^T \cdot X)B = (X^T \cdot X)^{-1}X^T \cdot Y$$

o

$$B = (X^T \cdot X)^{-1}X^T \cdot Y$$

y

$$B = (X^T X)^{-1} \cdot X^T Y$$

Es la expresión matricial para obtener los estimadores de mínimos cuadrados $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$.

Para la ecuación final tenemos:

$$Y = \beta_0 + X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + \dots + X_n\beta_n + \varepsilon$$

Simplificando la ecuación tenemos

$$\log Y = \beta_0 + \beta_1 \log X_1 + \log X_2 \beta_2 + \dots + \log X_n \beta_n + \varepsilon$$

$$\log Y = \log 10^{\beta_0} + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \dots + \beta_n \log X_n + \varepsilon$$

Las variables tomadas respecto a la velocidad no tiene relación lineal, entonces se procede a linealizar como se muestra en la siguiente ecuación.

Ejemplo

$$\log v_s = a + b \log X_1 + c \log X_2$$

$$\log v_s = \log 10^a + \log X_1^b + \log X_2^c$$

Por propiedad de sumas de logaritmos

$$\log v_s = \log 10^a + \log (X_1^b \cdot X_2^c)$$

$$\log v_s = \log 10^a + \log(X_1^b \cdot X_2^c)$$

$$\log v_s = \log(10^a \cdot X_1^b \cdot X_2^c)$$

Eliminando la expresión logarítmica se tiene:

$$v_s = 10^{\log(10^a \cdot X_1^b \cdot X_2^c)}$$

$$v_s = 10^a \cdot X_1^b \cdot X_2^c$$

Donde X_1 y X_2 corresponde a las variables predictoras.

4. RESULTADOS

Las ecuaciones obtenidas se realizaron en cuatro sitios donde existían datos de estudios de exploración geotécnica y ensayos de refracción sísmica o Down Hole. A continuación se relacionan estos sitios en la Tabla 9 con su respectiva zona sismogeotécnica.

Tabla 9. Zona sismogeotécnica correspondiente a cada sitio de estudio

Zona sismogeotécnica	Lugar de estudio
3A	Calle 40 con 25. Barrio Bolívar, Bucaramanga
3A	Calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos, Bucaramanga
4A	Carrera 33 N° 86-20 y 91-34 Barrio La Pedregosa, Bucaramanga
4A	Calle 26 con carrera 8E, Barrio La Cumbre, Floridablanca
3A	Carrera 9 con 104, Barrio El Porvenir, Bucaramanga

Fuente: Autor

Las ecuaciones obtenidas por el método de mínimos cuadrados son las siguientes:

Calle 40 N° 24-61, Barrio Bolívar

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de los número de golpes N

$$V_s = 120.78N^{0.32}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.71$$

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de la profundidad

$$V_s = 365.60H^{0.07}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.78$$

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de los número de golpes N y la profundidad

$$V_s = 324.34N^{0.03}H^{0.07}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.76$$

Carrera 33 N° 86-20 y 91-34, Barrio Pedregosa

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de los número de golpes N

$$V_s = 98,40N^{0.30}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.53$$

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de la profundidad

$$V_s = 170.79H^{0.41}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.66$$

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de los número de golpes N y la profundidad

$$V_s = 34.041N^{0.72}H^{-0.27} \text{ coeficiente de correlación: } 0.52$$

Carrera 26 con 8E, Barrio La Cumbre

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de los número de golpes N

$$V_s = 24,95N^{1.02}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.74$$

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de la profundidad

$$V_s = 210,86H^{0.21}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.80$$

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de los número de golpes N y la profundidad

$$V_s = 1025.652N^{-0.40}H^{0.79}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.80$$

Calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos, Bucaramanga

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de los número de golpes N

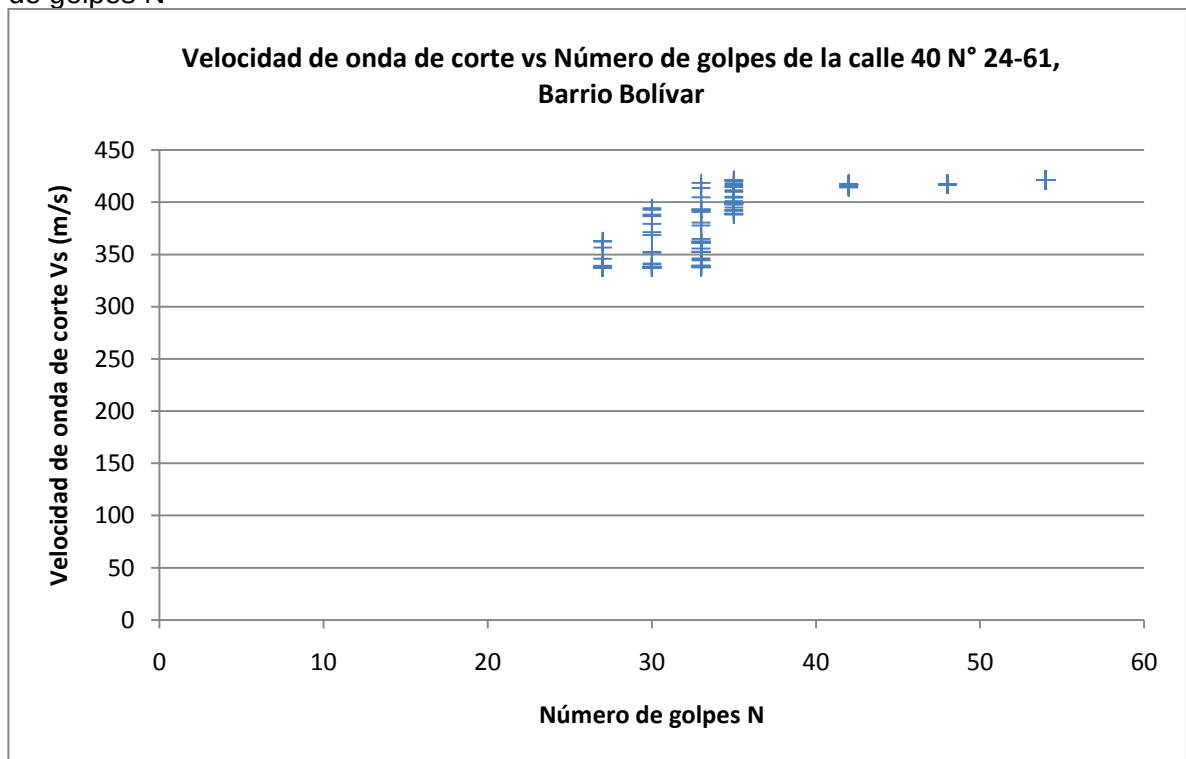
$$V_s = 15.14N^{0.98}, \text{ coeficiente de correlación: } 0.84$$

- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de la profundidad
 $V_s = 283.14H^{0.59}$, coeficiente de correlación: 0.81
- Ecuación de la velocidad de onda de corte en función de los número de golpes N y la profundidad
 $V_s = 29.99N^{0.76}H^{0.08}$, coeficiente de correlación: 0.85

Para la ecuación del barrio Porvenir, los resultados se encuentran en el anexo E.

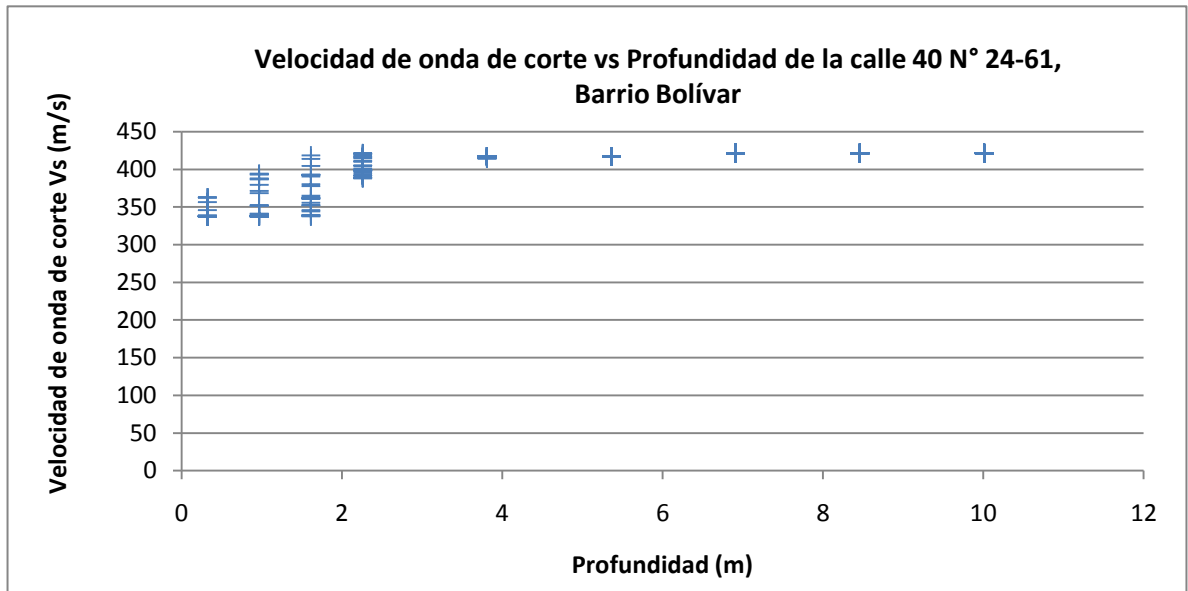
La dispersión de los datos para cada lugar que fue estudiado se presenta en las siguientes figuras:

Figura 15. Dispersión de las muestras de la calle 40 N° 24-61, barrio Bolívar con numero de golpes N



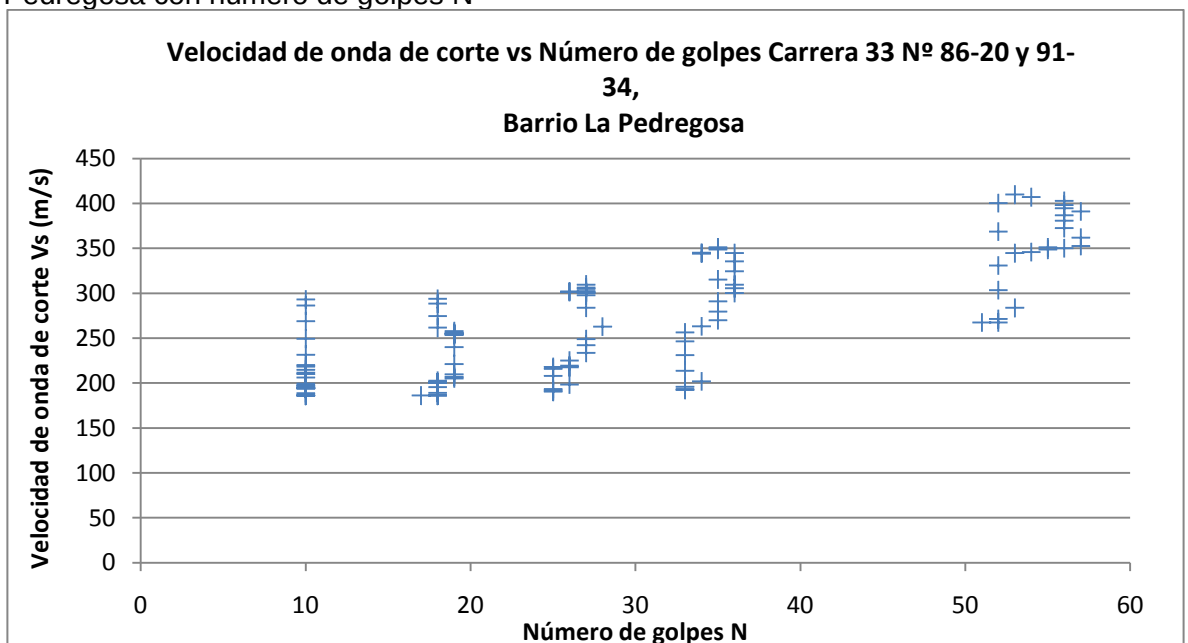
Fuente. Autor

Figura 16. Dispersión de las muestras de la calle 40 N° 24-61, barrio Bolívar con profundidad



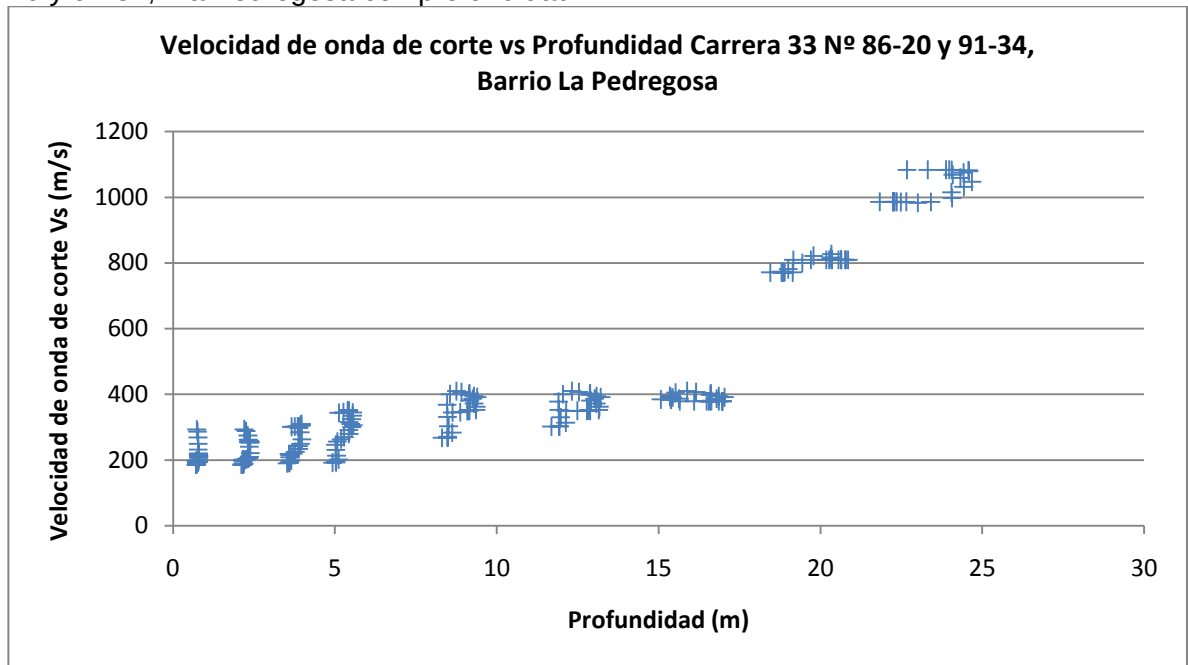
Fuente. Autor

Figura 17. Dispersión de las muestras de la Carrera 33 N° 86-20 y 91-34, barrio La Pedregosa con número de golpes N



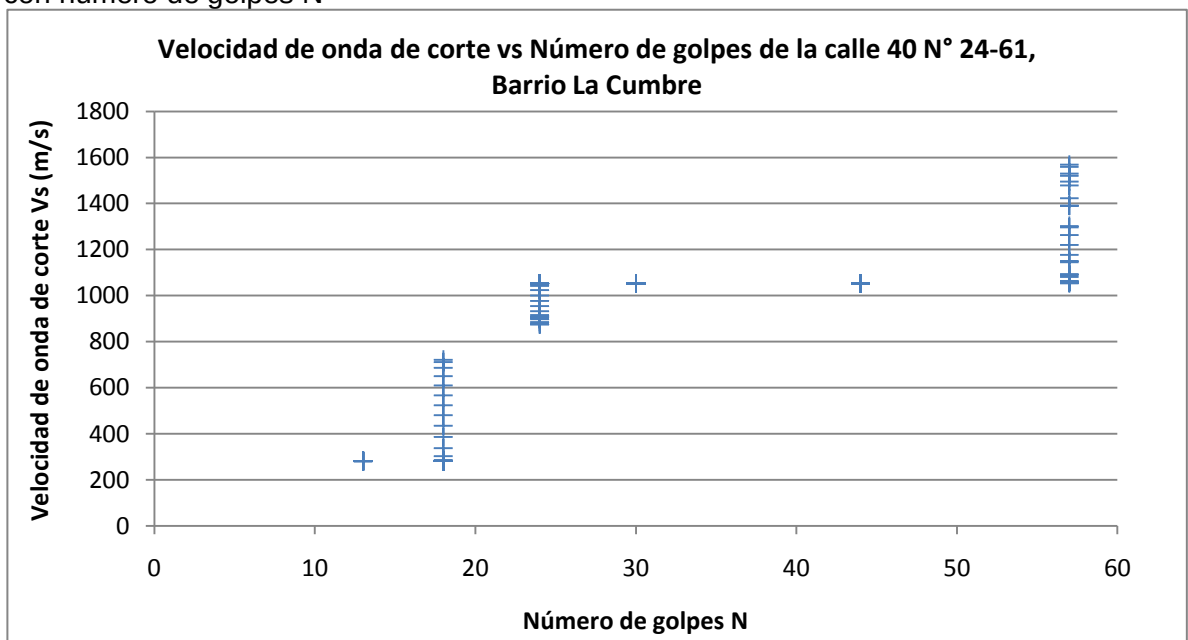
Fuente. Autor

Figura 18. Dispersión de las muestras de la Dispersión de las muestras Carrera 33 N° 86-20 y 91-34, La Pedregosa con profundidad



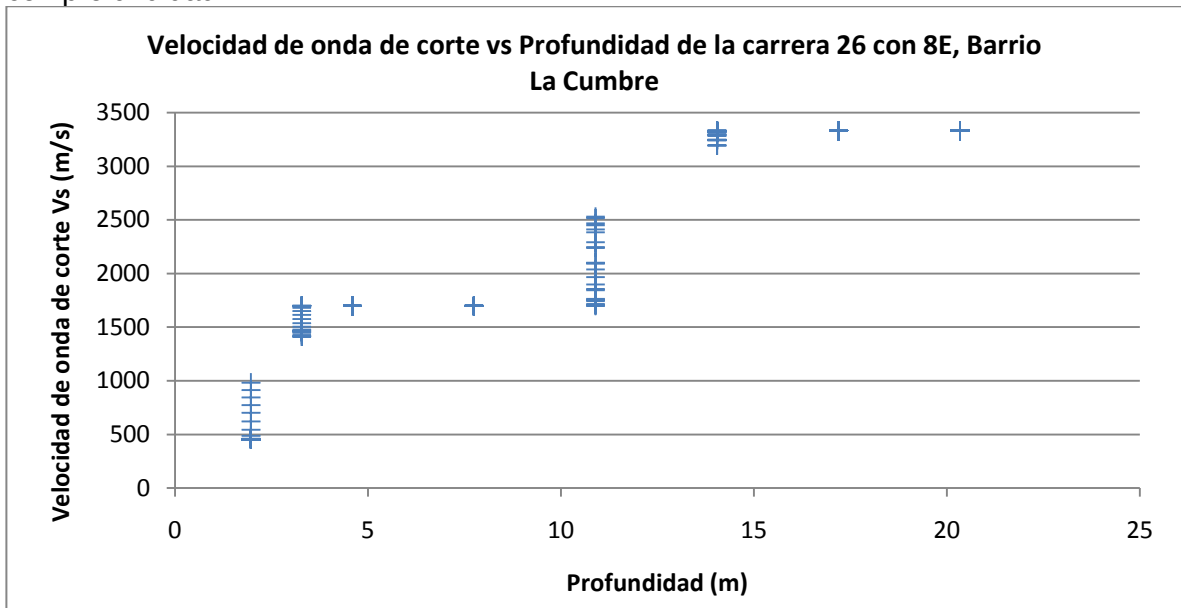
Fuente. Autor

Figura 19. Dispersión de las muestras de la de la carrera 26 con 8E, barrio La Cumbre con número de golpes N



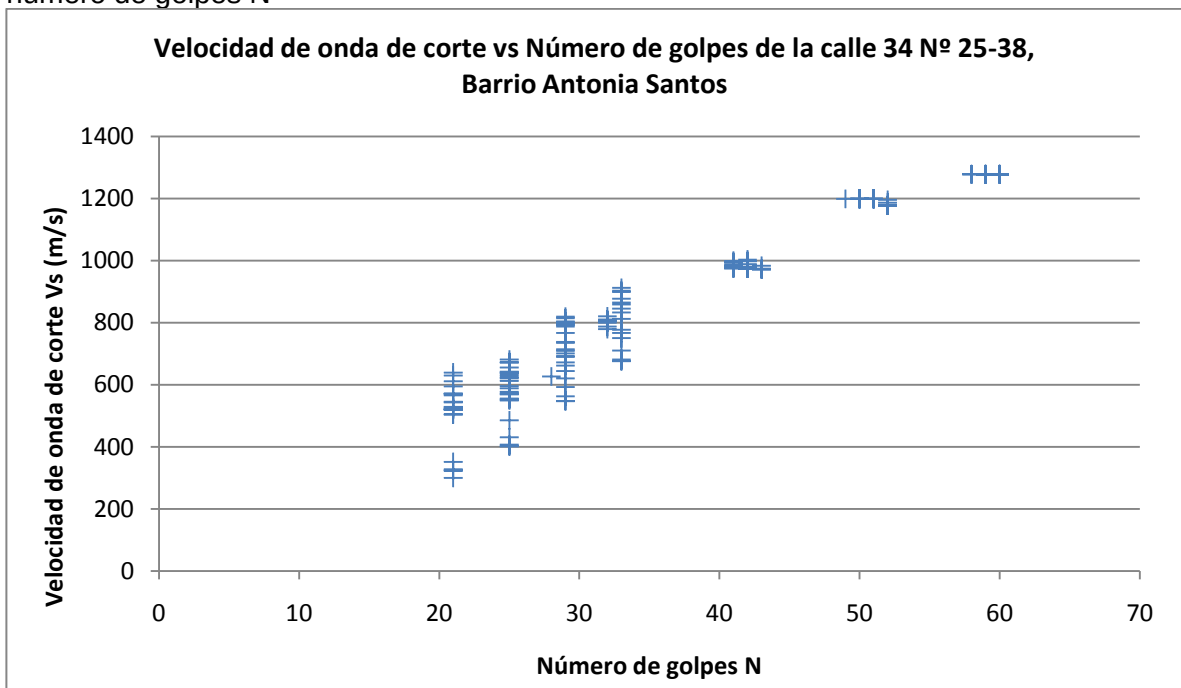
Fuente. Autor

Figura 20. Dispersión de las muestras de la de la carrera 26 con 8E, barrio La Cumbre con profundidad



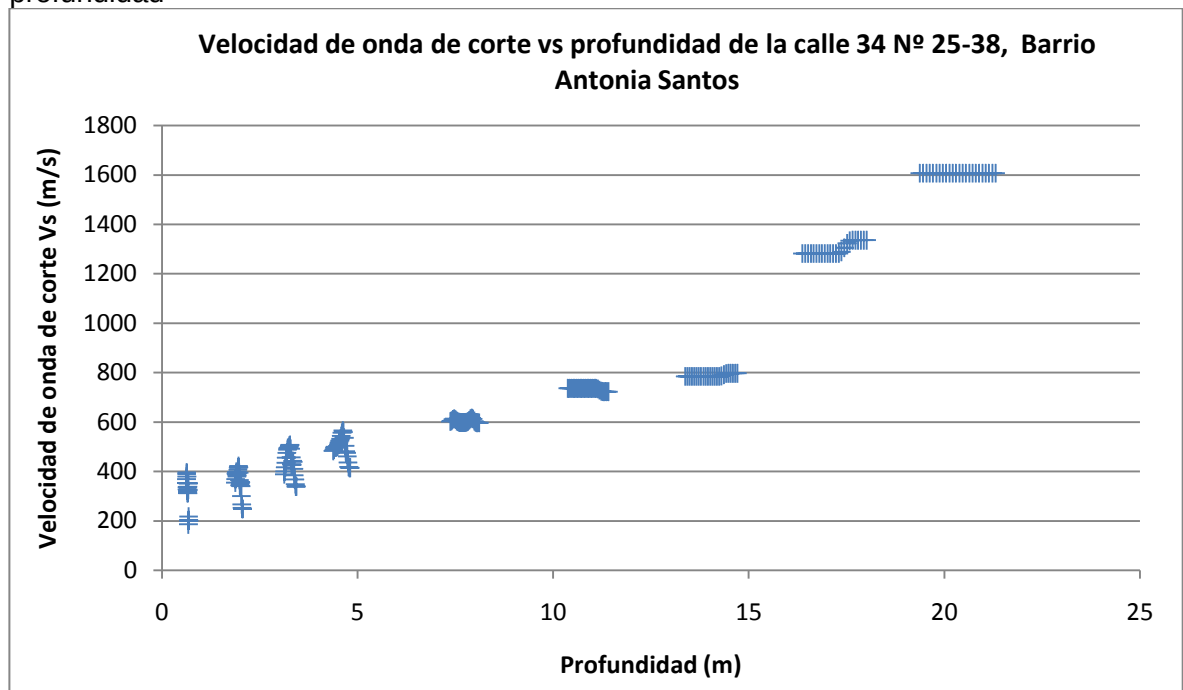
Fuente. Autor

Figura 21. Dispersión de las muestras de la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos con número de golpes N



Fuente. Autor

Figura 22. Dispersión de las muestras de la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos con profundidad



Fuente. Autor

Los porcentajes de error obtenido por las ecuaciones se calcularon de la siguiente forma:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{(Vs \text{ medida in situ}) - (Vs \text{ calculada})}{(Vs \text{ medida in situ})} \right| * 100$$

Donde la *Vs medida in situ* es la velocidad de onda de corte medida en campo y la *Vs calculada* es la velocidad de onda de corte estimada por las ecuaciones creadas en este trabajo.

En las tablas siguientes se encuentran el valor de la onda de corte evaluada para cada ecuación y su respectivo porcentaje de error calculado conforme a la anterior ecuación:

Tabla 10. Evaluación de las ecuaciones de Vs del Barrio Bolívar

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-001	-----	-----	-----
BOL-3A-002	-----	-----	-----
BOL-3A-003	-----	-----	-----
BOL-3A-004	-----	-----	-----
BOL-3A-005	-----	-----	-----
BOL-3A-006	-----	-----	-----
BOL-3A-007	-----	-----	-----
BOL-3A-008	-----	-----	-----
BOL-3A-009	-----	-----	-----
BOL-3A-010	-----	-----	-----
BOL-3A-011	-----	-----	-----
BOL-3A-012	-----	-----	-----
BOL-3A-013	-----	-----	-----
BOL-3A-014	-----	-----	-----
BOL-3A-015	-----	-----	-----
BOL-3A-016	-----	-----	-----
BOL-3A-017	-----	-----	-----
BOL-3A-018	-----	-----	-----
BOL-3A-019	-----	-----	-----
BOL-3A-020	-----	-----	-----
BOL-3A-021	-----	-----	-----
BOL-3A-022	-----	-----	-----
BOL-3A-023	-----	-----	-----
BOL-3A-024	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-025	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-026	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-027	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-028	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-029	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-030	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-031	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-032	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-033	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-034	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-035	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-036	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-037	353,1697575	337,0194263	336,3538496

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-038	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-039	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-040	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-041	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-042	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-043	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-044	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-045	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-046	353,1697575	337,0194263	336,3538496
BOL-3A-047	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-048	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-049	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-050	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-051	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-052	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-053	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-054	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-055	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-056	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-057	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-058	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-059	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-060	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-061	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-062	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-063	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-064	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-065	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-066	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-067	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-068	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-069	361,1034727	364,7603578	364,5194385
BOL-3A-070	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-071	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-072	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-073	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-074	375,9541059	378,425799	379,6421862

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-075	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-076	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-077	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-078	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-079	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-080	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-081	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-082	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-083	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-084	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-085	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-086	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-087	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-088	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-089	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-090	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-091	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-092	375,9541059	378,425799	379,6421862
BOL-3A-093	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-094	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-095	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-096	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-097	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-098	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-099	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-100	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-101	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-102	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-103	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-104	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-105	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-106	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-107	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-108	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-109	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-110	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-111	389,662793	387,7054914	390,3374469

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-112	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-113	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-114	389,662793	387,7054914	390,3374469
BOL-3A-115	402,4249442	387,7054914	391,7071658
BOL-3A-116	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-117	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-118	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-119	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-120	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-121	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-122	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-123	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-124	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-125	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-126	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-127	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-128	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-129	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-130	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-131	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-132	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-133	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-134	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-135	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-136	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-137	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-138	402,4249442	402,5597967	406,502462
BOL-3A-139	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-140	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-141	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-142	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-143	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-144	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-145	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-146	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-147	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-148	422,9039668	412,5747819	418,7264262

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-149	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-150	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-151	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-152	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-153	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-154	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-155	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-156	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-157	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-158	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-159	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-160	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-161	422,9039668	412,5747819	418,7264262
BOL-3A-162	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-163	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-164	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-165	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-166	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-167	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-168	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-169	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-170	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-171	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-172	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-173	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-174	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-175	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-176	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-177	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-178	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-179	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-180	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-181	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-182	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-183	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-184	-----	420,1890093	-----
BOL-3A-185	-----	426,3562073	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-186	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-187	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-188	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-189	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-190	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-191	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-192	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-193	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-194	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-195	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-196	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-197	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-198	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-199	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-200	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-201	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-202	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-203	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-204	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-205	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-206	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-207	-----	426,3562073	-----
BOL-3A-208	-----	431,551807	-----
BOL-3A-209	-----	431,551807	-----
BOL-3A-210	-----	431,551807	-----
BOL-3A-211	-----	431,551807	-----
BOL-3A-212	-----	431,551807	-----
BOL-3A-213	-----	431,551807	-----
BOL-3A-214	-----	431,551807	-----
BOL-3A-215	-----	431,551807	-----
BOL-3A-216	-----	431,551807	-----
BOL-3A-217	-----	431,551807	-----
BOL-3A-218	-----	431,551807	-----
BOL-3A-219	-----	431,551807	-----
BOL-3A-220	-----	431,551807	-----
BOL-3A-221	-----	431,551807	-----
BOL-3A-222	-----	431,551807	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-223	-----	431,551807	-----
BOL-3A-224	-----	431,551807	-----
BOL-3A-225	-----	431,551807	-----
BOL-3A-226	-----	431,551807	-----
BOL-3A-227	-----	431,551807	-----
BOL-3A-228	-----	431,551807	-----
BOL-3A-229	-----	431,551807	-----
BOL-3A-230	-----	431,551807	-----

Fuente. Autor

Tabla 11. Porcentajes de error de V_s del Barrio Bolívar

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-001	-----	-----	-----
BOL-3A-002	-----	-----	-----
BOL-3A-003	-----	-----	-----
BOL-3A-004	-----	-----	-----
BOL-3A-005	-----	-----	-----
BOL-3A-006	-----	-----	-----
BOL-3A-007	-----	-----	-----
BOL-3A-008	-----	-----	-----
BOL-3A-009	-----	-----	-----
BOL-3A-010	-----	-----	-----
BOL-3A-011	-----	-----	-----
BOL-3A-012	-----	-----	-----
BOL-3A-013	-----	-----	-----
BOL-3A-014	-----	-----	-----
BOL-3A-015	-----	-----	-----
BOL-3A-016	-----	-----	-----
BOL-3A-017	-----	-----	-----
BOL-3A-018	-----	-----	-----
BOL-3A-019	-----	-----	-----
BOL-3A-020	-----	-----	-----
BOL-3A-021	-----	-----	-----
BOL-3A-022	-----	-----	-----
BOL-3A-023	-----	-----	-----
BOL-3A-024	2,553475619	7,009671564	7,193317351

	Porcentaje de error		
Muestra	Vs=120.781N ^{0.322}	Vs=365.595201H ^{0.072}	Vs=324.340N ^{0.035} H ^{0.071}
BOL-3A-025	2,653498287	7,10512023	7,288577516
BOL-3A-026	0,962772533	5,491710782	5,678354376
BOL-3A-027	2,144961158	2,52609268	2,718593047
BOL-3A-028	4,13700144	0,625147714	0,821402241
BOL-3A-029	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-030	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-031	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-032	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-033	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-034	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-035	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-036	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-037	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-038	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-039	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-040	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-041	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-042	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-043	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-044	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-045	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-046	4,576094134	0,206134577	0,403216609
BOL-3A-047	8,425214658	7,497839295	7,558935721
BOL-3A-048	8,092979297	7,162239396	7,22355748
BOL-3A-049	6,593446614	5,647520986	5,709839521
BOL-3A-050	2,715642253	1,730446205	1,795351916
BOL-3A-051	2,586716751	3,625609644	3,557166332
BOL-3A-052	6,074006646	7,148215229	7,077445283
BOL-3A-053	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-054	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-055	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-056	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-057	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-058	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-059	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-060	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-061	6,925324032	8,008153883	7,936815959

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-062	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-063	6,925324032	8,008153883	7,936815959
BOL-3A-064	6,825678263	7,907499004	7,836227562
BOL-3A-065	5,794063481	6,865437088	6,794853913
BOL-3A-066	2,541510733	3,579945825	3,511532673
BOL-3A-067	2,016348871	1,024071099	1,08944336
BOL-3A-068	4,799248085	3,835152657	3,898668237
BOL-3A-069	6,933639157	5,991158649	6,053250216
BOL-3A-070	10,15302612	9,562331311	9,271634362
BOL-3A-071	9,127844586	8,530409771	8,236395881
BOL-3A-072	7,069113549	6,458143702	6,157468854
BOL-3A-073	4,325858557	3,696853305	3,387302746
BOL-3A-074	0,456899147	0,197542401	0,519610852
BOL-3A-075	4,107037892	4,791484835	5,128319755
BOL-3A-076	6,590346743	7,291120085	7,63598967
BOL-3A-077	5,704740797	6,399691764	6,741696
BOL-3A-078	3,733557903	4,415549418	4,751175956
BOL-3A-079	3,004301378	3,681498429	4,014765482
BOL-3A-080	4,188219108	4,873199772	5,210297352
BOL-3A-081	6,683785118	7,385172766	7,730344668
BOL-3A-082	9,19141047	9,909284387	10,26256963
BOL-3A-083	10,71347805	11,44135873	11,79956857
BOL-3A-084	11,24186535	11,97321989	12,33313931
BOL-3A-085	11,32270288	12,05458888	12,41476984
BOL-3A-086	10,92227459	11,65152799	12,01041339
BOL-3A-087	8,646832457	9,36112607	9,712649348
BOL-3A-088	3,787089865	4,469433324	4,805233063
BOL-3A-089	1,180253743	0,530567857	0,210839796
BOL-3A-090	3,737607659	3,104734978	2,793281153
BOL-3A-091	4,282179118	3,652886698	3,343194816
BOL-3A-092	4,282179118	3,652886698	3,343194816
BOL-3A-093	7,513804374	7,978368566	7,353675728
BOL-3A-094	7,464734633	7,929545304	7,304521028
BOL-3A-095	7,152556017	7,618934782	6,991801913
BOL-3A-096	6,299292418	6,769957182	6,137060991
BOL-3A-097	4,972309188	5,449639475	4,80778025
BOL-3A-098	3,664011365	4,147913317	3,497217267

	Porcentaje de error		
Muestra	Vs=120.781N ^{0.322}	Vs=365.595201H ^{0.072}	Vs=324.340N ^{0.035} H ^{0.071}
BOL-3A-099	2,803305311	3,291530646	2,635021006
BOL-3A-100	2,433906908	2,923987755	2,264983034
BOL-3A-101	2,362732386	2,853170747	2,193685281
BOL-3A-102	2,36577998	2,856203033	2,196738152
BOL-3A-103	2,279660593	2,77051623	2,11046966
BOL-3A-104	1,976792514	2,469169477	1,807077201
BOL-3A-105	1,356500318	1,851993049	1,185711045
BOL-3A-106	0,544910805	1,044480203	0,372716363
BOL-3A-107	0,113534037	0,389342773	0,286868496
BOL-3A-108	0,410635362	0,093733807	0,584484216
BOL-3A-109	0,218164798	0,285237578	0,391680413
BOL-3A-110	0,682758142	1,181635124	0,510802366
BOL-3A-111	2,209485543	2,700693673	2,04017311
BOL-3A-112	3,893880715	4,376628018	3,727484608
BOL-3A-113	5,291220802	5,766949175	5,127244021
BOL-3A-114	6,017118161	6,489200305	5,854398184
BOL-3A-115	3,638827075	7,163419073	6,205212962
BOL-3A-116	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-117	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-118	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-119	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-120	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-121	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-122	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-123	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-124	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-125	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-126	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-127	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-128	3,543000357	3,510677648	2,565662499
BOL-3A-129	3,401643909	3,369273832	2,422873775
BOL-3A-130	3,113585194	3,081118589	2,131896343
BOL-3A-131	2,872795528	2,840248234	1,888666907
BOL-3A-132	2,937787725	2,90526221	1,95431763
BOL-3A-133	3,241314832	3,208891028	2,260920184
BOL-3A-134	3,484808994	3,452466785	2,506881519
BOL-3A-135	3,563371998	3,531056115	2,586240552

	Porcentaje de error		
Muestra	Vs=120.781N ^{0.322}	Vs=365.595201H ^{0.072}	Vs=324.340N ^{0.035} H ^{0.071}
BOL-3A-136	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-137	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-138	3,570673897	3,538360462	2,593616437
BOL-3A-139	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-140	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-141	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-142	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-143	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-144	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-145	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-146	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-147	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-148	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-149	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-150	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-151	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-152	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-153	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-154	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-155	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-156	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-157	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-158	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-159	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-160	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-161	1,33652277	1,138563203	0,335497801
BOL-3A-162	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-163	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-164	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-165	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-166	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-167	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-168	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-169	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-170	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-171	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-172	-----	0,268427946	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	Vs=120.781N ^{0.322}	Vs=365.595201H ^{0.072}	Vs=324.340N ^{0.035} H ^{0.071}
BOL-3A-173	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-174	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-175	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-176	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-177	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-178	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-179	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-180	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-181	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-182	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-183	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-184	-----	0,268427946	-----
BOL-3A-185	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-186	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-187	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-188	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-189	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-190	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-191	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-192	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-193	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-194	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-195	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-196	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-197	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-198	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-199	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-200	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-201	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-202	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-203	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-204	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-205	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-206	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-207	-----	1,195352238	-----
BOL-3A-208	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-209	-----	2,428524249	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=120.781N^{0.322}$	$V_s=365.595201H^{0.072}$	$V_s=324.340N^{0.035}H^{0.071}$
BOL-3A-210	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-211	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-212	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-213	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-214	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-215	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-216	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-217	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-218	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-219	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-220	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-221	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-222	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-223	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-224	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-225	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-226	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-227	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-228	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-229	-----	2,428524249	-----
BOL-3A-230	-----	2,428524249	-----

Fuente. Autor

Tabla 12. Evaluación de la ecuación de V_s en el barrio La Pedregosa

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-001	-----	-----	-----
PED-4A-002	-----	-----	-----
PED-4A-003	-----	-----	-----
PED-4A-004	-----	-----	-----
PED-4A-005	-----	-----	-----
PED-4A-006	-----	-----	-----
PED-4A-007	-----	-----	-----
PED-4A-008	-----	-----	-----
PED-4A-009	-----	-----	-----
PED-4A-010	-----	-----	-----
PED-4A-011	-----	-----	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-012	-----	-----	-----
PED-4A-013	-----	-----	-----
PED-4A-014	-----	-----	-----
PED-4A-015	-----	-----	-----
PED-4A-016	-----	-----	-----
PED-4A-017	-----	-----	-----
PED-4A-018	-----	-----	-----
PED-4A-019	-----	-----	-----
PED-4A-020	-----	-----	-----
PED-4A-021	-----	-----	-----
PED-4A-022	-----	-----	-----
PED-4A-023	-----	-----	-----
PED-4A-024	-----	-----	-----
PED-4A-025	196,3358071	148,0157893	194,9070483
PED-4A-026	196,3358071	149,1404566	193,9403428
PED-4A-027	196,3358071	149,2025308	193,8873388
PED-4A-028	196,3358071	149,2230444	193,8698306
PED-4A-029	196,3358071	149,2850688	193,8169177
PED-4A-030	196,3358071	149,4749765	193,6551339
PED-4A-031	196,3358071	149,8242567	193,3584668
PED-4A-032	196,3358071	150,2744311	192,9777895
PED-4A-033	196,3358071	150,3272742	192,9332281
PED-4A-034	196,3358071	151,2292456	192,1765973
PED-4A-035	196,3358071	152,0518274	191,4930533
PED-4A-036	196,3358071	152,304242	191,2845304
PED-4A-037	196,3358071	153,5416152	190,2705459
PED-4A-038	196,3358071	153,8029843	190,0580932
PED-4A-039	196,3358071	153,9723916	189,9207104
PED-4A-040	196,3358071	154,0109365	189,889487
PED-4A-041	196,3358071	154,0316607	189,8727046
PED-4A-042	196,3358071	154,0946991	189,8216794
PED-4A-043	196,3358071	154,7075935	189,3273799
PED-4A-044	196,3358071	154,9418	189,1393482
PED-4A-045	196,3358071	154,9725341	189,1147085
PED-4A-046	196,3358071	155,3270615	188,8310649
PED-4A-047	196,3358071	155,3856624	188,7842839
PED-4A-048	196,3358071	155,6147215	188,6017065

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-049	230,2153027	231,7261847	212,4172969
PED-4A-050	234,1969654	233,486671	220,2060727
PED-4A-051	234,1969654	233,583939	220,1458359
PED-4A-052	234,1969654	233,6189287	220,1241774
PED-4A-053	234,1969654	233,7133763	220,0657415
PED-4A-054	234,1969654	234,0092276	219,8829476
PED-4A-055	234,1969654	234,5517776	219,5487219
PED-4A-056	234,1969654	235,2580553	219,1155498
PED-4A-057	234,1969654	235,3444172	219,0627304
PED-4A-058	234,1969654	236,751198	218,2068342
PED-4A-059	234,1969654	238,0403168	217,4298903
PED-4A-060	234,1969654	238,4396569	217,1906231
PED-4A-061	234,1969654	240,3776622	216,0388179
PED-4A-062	234,1969654	240,7856584	215,7982939
PED-4A-063	238,0266543	241,049647	224,1668361
PED-4A-064	238,0266543	241,1135823	224,1277894
PED-4A-065	238,0266543	241,1424783	224,1101476
PED-4A-066	238,0266543	241,2397751	224,0507709
PED-4A-067	238,0266543	242,1993863	223,4672734
PED-4A-068	238,0266543	242,5698214	223,2430517
PED-4A-069	238,0266543	242,6165548	223,2148045
PED-4A-070	238,0266543	243,1740451	222,8785341
PED-4A-071	238,0266543	243,2632001	222,8248755
PED-4A-072	238,0266543	243,6217607	222,6094017
PED-4A-073	258,4529625	285,423495	244,2447927
PED-4A-074	258,4529625	287,5919085	243,0335568
PED-4A-075	258,4529625	287,709678	242,9682062
PED-4A-076	258,4529625	287,7554784	242,9428034
PED-4A-077	258,4529625	287,8731509	242,8775681
PED-4A-078	258,4529625	288,2352395	242,67711
PED-4A-079	261,5119363	288,9024624	249,2195564
PED-4A-080	261,5119363	289,7727752	248,7276318
PED-4A-081	261,5119363	289,8800124	248,6671878
PED-4A-082	261,5119363	291,6115093	247,6963346
PED-4A-083	261,5119363	293,2015874	246,8131505
PED-4A-084	261,5119363	293,690649	246,5431028
PED-4A-085	264,4896252	296,0779402	251,9621474

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-086	264,4896252	296,5821317	251,6807066
PED-4A-087	264,4896252	296,9069601	251,4998061
PED-4A-088	264,4896252	296,986627	251,4554888
PED-4A-089	264,4896252	297,0194091	251,4372584
PED-4A-090	264,4896252	297,142779	251,3686812
PED-4A-091	264,4896252	298,3247395	250,7140524
PED-4A-092	264,4896252	298,7800827	250,463006
PED-4A-093	264,4896252	298,837274	250,4315192
PED-4A-094	264,4896252	299,5226748	250,0549462
PED-4A-095	264,4896252	299,6337024	249,9940798
PED-4A-096	267,3910837	300,0753716	256,3504144
PED-4A-097	280,9012643	327,422034	272,3427755
PED-4A-098	280,9012643	329,9127794	270,9904389
PED-4A-099	280,9012643	330,0469026	270,9180975
PED-4A-100	280,9012643	330,0991638	270,8899228
PED-4A-101	280,9012643	330,2331504	270,8177226
PED-4A-102	280,9012643	330,649013	270,5939391
PED-4A-103	280,9012643	331,4154992	270,1826978
PED-4A-104	283,4282838	332,414081	275,4832308
PED-4A-105	283,4282838	332,534315	275,4177992
PED-4A-106	283,4282838	334,5231689	274,3411176
PED-4A-107	283,4282838	336,3451601	273,3640356
PED-4A-108	285,9037984	336,9063665	278,7996278
PED-4A-109	285,9037984	339,6466388	277,3200557
PED-4A-110	285,9037984	340,2242664	277,010695
PED-4A-111	285,9037984	340,5982907	276,8108421
PED-4A-112	285,9037984	340,6885441	276,7626714
PED-4A-113	285,9037984	340,7263291	276,7425107
PED-4A-114	285,9037984	340,8664415	276,6677844
PED-4A-115	288,3302856	342,2223531	281,577652
PED-4A-116	288,3302856	342,7442202	281,2959589
PED-4A-117	288,3302856	342,8096705	281,2606804
PED-4A-118	288,3302856	343,5983894	280,8364264
PED-4A-119	288,3302856	343,7248349	280,7685611
PED-4A-120	288,3302856	344,2314805	280,4970506
PED-4A-121	320,0888637	405,1688268	323,5123798
PED-4A-122	321,9589594	408,2507455	326,4192591

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-123	321,9589594	408,416441	326,3322654
PED-4A-124	321,9589594	408,4812134	326,2982744
PED-4A-125	321,9589594	408,6479719	326,2108045
PED-4A-126	321,9589594	409,1617198	325,9416996
PED-4A-127	321,9589594	410,1104238	325,44623
PED-4A-128	323,8040473	411,3458497	329,2703145
PED-4A-129	323,8040473	411,494684	329,192081
PED-4A-130	323,8040473	413,9547948	327,9057002
PED-4A-131	325,6249245	416,2103032	331,1458807
PED-4A-132	325,6249245	416,90456	330,783553
PED-4A-133	327,4223482	420,2955373	333,3854942
PED-4A-134	327,4223482	421,0104933	333,0135016
PED-4A-135	329,1970389	421,4732776	337,1003501
PED-4A-136	329,1970389	421,5854029	337,0414561
PED-4A-137	329,1970389	421,6314878	337,0172574
PED-4A-138	329,1970389	421,8053763	336,9259899
PED-4A-139	329,1970389	423,4825814	336,0488774
PED-4A-140	329,1970389	424,1295931	335,7120523
PED-4A-141	329,1970389	424,2094337	335,6705475
PED-4A-142	330,9496824	425,1853775	339,4447885
PED-4A-143	330,9496824	425,3427192	339,3623032
PED-4A-144	330,9496824	425,9689864	339,0344877
PED-4A-145	-----	465,7065818	-----
PED-4A-146	-----	469,2488725	-----
PED-4A-147	-----	469,4401718	-----
PED-4A-148	-----	469,5136751	-----
PED-4A-149	-----	469,704818	-----
PED-4A-150	-----	470,2968819	-----
PED-4A-151	-----	471,3854716	-----
PED-4A-152	-----	472,8063621	-----
PED-4A-153	-----	472,9774429	-----
PED-4A-154	-----	475,8056047	-----
PED-4A-155	-----	478,3985528	-----
PED-4A-156	-----	479,196422	-----
PED-4A-157	-----	483,0931024	-----
PED-4A-158	-----	483,9149957	-----
PED-4A-159	-----	484,4469009	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-160	-----	484,5759776	-----
PED-4A-161	-----	484,628607	-----
PED-4A-162	-----	484,8287223	-----
PED-4A-163	-----	486,7562003	-----
PED-4A-164	-----	487,4995663	-----
PED-4A-165	-----	487,592649	-----
PED-4A-166	-----	488,7134565	-----
PED-4A-167	-----	488,8937906	-----
PED-4A-168	-----	489,6151461	-----
PED-4A-169	-----	516,5556982	-----
PED-4A-170	-----	520,4846807	-----
PED-4A-171	-----	520,6965419	-----
PED-4A-172	-----	520,7783488	-----
PED-4A-173	-----	520,9908794	-----
PED-4A-174	-----	521,6468566	-----
PED-4A-175	-----	522,854021	-----
PED-4A-176	-----	524,4305621	-----
PED-4A-177	-----	524,6203416	-----
PED-4A-178	-----	527,7567667	-----
PED-4A-179	-----	530,6330909	-----
PED-4A-180	-----	531,5180196	-----
PED-4A-181	-----	535,8404146	-----
PED-4A-182	-----	536,7521038	-----
PED-4A-183	-----	537,3420573	-----
PED-4A-184	-----	537,4853622	-----
PED-4A-185	-----	537,5443478	-----
PED-4A-186	-----	537,7664627	-----
PED-4A-187	-----	539,9041931	-----
PED-4A-188	-----	540,7277041	-----
PED-4A-189	-----	540,8309682	-----
PED-4A-190	-----	542,0751495	-----
PED-4A-191	-----	542,2748703	-----
PED-4A-192	-----	543,0743269	-----
PED-4A-193	-----	561,0168284	-----
PED-4A-194	-----	565,282421	-----
PED-4A-195	-----	565,5130418	-----
PED-4A-196	-----	565,6028292	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-197	-----	565,8325131	-----
PED-4A-198	-----	566,5452063	-----
PED-4A-199	-----	567,8567955	-----
PED-4A-200	-----	569,5686488	-----
PED-4A-201	-----	569,7747879	-----
PED-4A-202	-----	573,1807872	-----
PED-4A-203	-----	576,3048697	-----
PED-4A-204	-----	577,2659134	-----
PED-4A-205	-----	581,9605108	-----
PED-4A-206	-----	582,9506967	-----
PED-4A-207	-----	583,5907169	-----
PED-4A-208	-----	583,7471517	-----
PED-4A-209	-----	583,8109078	-----
PED-4A-210	-----	584,0522554	-----
PED-4A-211	-----	586,3738348	-----
PED-4A-212	-----	587,2689648	-----
PED-4A-213	-----	587,3811174	-----
PED-4A-214	-----	588,7316583	-----
PED-4A-215	-----	588,9490776	-----
PED-4A-216	-----	589,8168773	-----
PED-4A-217	-----	600,8754618	-----
PED-4A-218	-----	605,4443334	-----
PED-4A-219	-----	605,6910494	-----
PED-4A-220	-----	605,7872222	-----
PED-4A-221	-----	606,0337358	-----
PED-4A-222	-----	606,7972408	-----
PED-4A-223	-----	608,2017483	-----
PED-4A-224	-----	610,0342715	-----
PED-4A-225	-----	610,2557231	-----
PED-4A-226	-----	613,9041034	-----
PED-4A-227	-----	617,2502686	-----
PED-4A-228	-----	618,2795631	-----
PED-4A-229	-----	623,3071679	-----
PED-4A-230	-----	624,3677342	-----
PED-4A-231	-----	625,0533262	-----
PED-4A-232	-----	625,2208272	-----
PED-4A-233	-----	625,288897	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-234	-----	625,5474556	-----
PED-4A-235	-----	628,0338892	-----
PED-4A-236	-----	628,9931516	-----
PED-4A-237	-----	629,1126318	-----
PED-4A-238	-----	630,5592275	-----
PED-4A-239	-----	630,7918209	-----
PED-4A-240	-----	631,7215793	-----

Fuente. Autor

Tabla 13. Porcentaje de error de Vs del barrio la Pedregosa

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-001	-----	-----	-----
PED-4A-002	-----	-----	-----
PED-4A-003	-----	-----	-----
PED-4A-004	-----	-----	-----
PED-4A-005	-----	-----	-----
PED-4A-006	-----	-----	-----
PED-4A-007	-----	-----	-----
PED-4A-008	-----	-----	-----
PED-4A-009	-----	-----	-----
PED-4A-010	-----	-----	-----
PED-4A-011	-----	-----	-----
PED-4A-012	-----	-----	-----
PED-4A-013	-----	-----	-----
PED-4A-014	-----	-----	-----
PED-4A-015	-----	-----	-----
PED-4A-016	-----	-----	-----
PED-4A-017	-----	-----	-----
PED-4A-018	-----	-----	-----
PED-4A-019	-----	-----	-----
PED-4A-020	-----	-----	-----
PED-4A-021	-----	-----	-----
PED-4A-022	-----	-----	-----
PED-4A-023	-----	-----	-----
PED-4A-024	-----	-----	-----
PED-4A-025	5,527321226	20,44390689	4,759386494

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-026	0,083266894	24,10132709	1,302336248
PED-4A-027	0,557256799	24,42993879	1,797389241
PED-4A-028	5,527321226	19,79502682	4,201898783
PED-4A-029	5,527321226	19,76168972	4,173458932
PED-4A-030	1,009612288	23,09905336	0,369523613
PED-4A-031	0,777489223	23,09649147	0,750754044
PED-4A-032	4,052462603	20,35877276	2,272807604
PED-4A-033	32,99193816	48,69433429	34,15321497
PED-4A-034	1,003907211	22,20092241	1,135776012
PED-4A-035	31,44559594	46,90819483	33,13653609
PED-4A-036	0,747735664	21,84661706	1,844275897
PED-4A-037	26,96543555	42,88436144	29,22163991
PED-4A-038	21,25336295	38,31248632	23,77123712
PED-4A-039	1,446224973	20,44284684	1,868439548
PED-4A-040	15,23113252	33,5050857	18,01436019
PED-4A-041	1,076525432	20,70226362	2,250773607
PED-4A-042	10,02122672	29,37991191	13,00658751
PED-4A-043	10,71496271	29,64567459	13,90209239
PED-4A-044	6,517420385	26,22660445	9,943914744
PED-4A-045	1,473882037	22,23098576	5,097606224
PED-4A-046	8,615858227	27,70330371	12,10892671
PED-4A-047	4,80571468	24,66057361	8,467104104
PED-4A-048	7,189162852	26,43862171	10,84518646
PED-4A-049	23,73700226	24,54907688	14,17086197
PED-4A-050	16,59117582	16,23756718	9,626035901
PED-4A-051	16,99601977	16,68977475	9,976602469
PED-4A-052	25,87708158	25,5663962	18,31318558
PED-4A-053	25,87708158	25,61716024	18,28177723
PED-4A-054	19,7719692	19,67595712	12,45155791
PED-4A-055	16,96236887	17,13956872	9,646760584
PED-4A-056	23,95375569	24,51536019	15,97159375
PED-4A-057	20,23900586	19,84821559	25,39330677
PED-4A-058	16,85354632	18,12799126	8,875204102
PED-4A-059	18,79379129	17,46113528	24,60766085
PED-4A-060	15,67982449	17,77546992	7,279669961
PED-4A-061	14,72801259	12,47759789	21,33946176
PED-4A-062	10,45585284	7,936695973	17,49050143

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-063	15,05596413	16,51720105	8,356484402
PED-4A-064	6,720325374	5,510596814	12,16711706
PED-4A-065	16,04738566	17,56647279	9,262539521
PED-4A-066	6,323928808	5,059395934	11,82417773
PED-4A-067	0,84950945	0,888650608	6,9142494
PED-4A-068	7,693075545	5,93123178	13,42616832
PED-4A-069	13,45680775	15,64461086	6,396652248
PED-4A-070	6,094174626	4,063435751	12,07038236
PED-4A-071	6,857580918	4,808463604	12,80620233
PED-4A-072	7,630845354	10,16083944	0,659475113
PED-4A-073	35,78732926	49,95724452	28,32256891
PED-4A-074	18,6279272	32,0024799	11,55053827
PED-4A-075	19,69892372	33,24876788	12,52737247
PED-4A-076	33,76117007	48,92655559	25,73395688
PED-4A-077	35,03586956	50,40725739	26,89807571
PED-4A-078	24,22263541	38,53716639	16,64014167
PED-4A-079	20,17442543	32,76138716	14,52562136
PED-4A-080	31,77170187	46,01188872	25,32989432
PED-4A-081	13,21059587	3,795926505	17,47345319
PED-4A-082	19,28422487	33,0136335	12,98247295
PED-4A-083	13,38865544	2,893213707	18,25681412
PED-4A-084	16,3005596	30,61119621	9,643564355
PED-4A-085	12,46770176	2,013613794	16,6136448
PED-4A-086	12,03585132	1,362502586	16,29585065
PED-4A-087	9,180052511	22,56177333	3,817917281
PED-4A-088	11,97188185	1,15614604	16,3099367
PED-4A-089	13,20479079	27,1279357	7,618218314
PED-4A-090	11,17384747	0,207617632	15,58038316
PED-4A-091	6,846465054	5,070299162	11,69823684
PED-4A-092	13,67154528	2,479264294	18,24978295
PED-4A-093	6,258229793	20,05733575	0,61041105
PED-4A-094	13,19943315	1,702239033	17,93662584
PED-4A-095	14,57409537	3,223122407	19,25592395
PED-4A-096	1,729985807	14,16485124	2,470480102
PED-4A-097	46,17957171	70,38874071	41,72577819
PED-4A-098	13,9485645	33,83025426	9,928204083
PED-4A-099	21,62089381	42,89931871	17,29851502

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-100	43,36633851	68,4759539	38,25675179
PED-4A-101	45,40989988	70,94678961	40,1901057
PED-4A-102	31,55704044	54,85585543	26,7297172
PED-4A-103	9,541064417	29,23974063	5,361221428
PED-4A-104	40,41385052	64,68201568	36,47777373
PED-4A-105	17,60430209	3,328642455	19,93303747
PED-4A-106	7,726698223	27,1470722	4,272807182
PED-4A-107	17,88969701	2,559467141	20,80534983
PED-4A-108	5,950841035	24,85148178	3,3181623
PED-4A-109	17,95553218	2,533202141	20,41876844
PED-4A-110	18,59370301	3,126863559	21,12586461
PED-4A-111	1,762785647	17,03036993	4,887146722
PED-4A-112	18,35691105	2,712502377	20,96726409
PED-4A-113	2,273310499	21,88438856	1,003859055
PED-4A-114	9,323675253	8,108098993	12,2529396
PED-4A-115	6,834401551	10,57926247	9,016319959
PED-4A-116	11,11209326	5,662907432	13,28067077
PED-4A-117	3,97076336	14,17375353	6,325315857
PED-4A-118	16,36159314	0,329506403	18,53540033
PED-4A-119	14,01635339	2,502984268	16,2713529
PED-4A-120	5,646392845	12,6467926	8,209751673
PED-4A-121	19,6529452	51,45682628	20,93269536
PED-4A-122	12,66390615	10,74400753	11,45398438
PED-4A-123	2,665883048	23,47180432	1,343752191
PED-4A-124	18,71722136	50,62091987	20,31727441
PED-4A-125	20,35200874	52,75737125	21,94139794
PED-4A-126	6,144335279	34,89358658	7,457376262
PED-4A-127	19,56188478	2,461846648	18,6906263
PED-4A-128	14,14344488	45,00261103	16,07034656
PED-4A-129	6,033140452	19,41439119	4,469550985
PED-4A-130	20,97611878	1,025032905	19,97511668
PED-4A-131	5,832180047	20,36430244	4,235568802
PED-4A-132	19,98320527	2,447214844	18,71555994
PED-4A-133	6,041149297	20,61023282	4,329933348
PED-4A-134	6,77199441	19,87565552	5,180007538
PED-4A-135	17,32082358	5,854729426	15,33587478
PED-4A-136	5,994032697	20,38851788	3,753969941

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-137	18,24326149	4,713017502	16,30109468
PED-4A-138	13,55710369	10,76065123	11,52758085
PED-4A-139	14,91200008	9,458110494	13,14099619
PED-4A-140	11,63852226	13,84281502	9,889793843
PED-4A-141	16,53988442	7,54825889	14,89867957
PED-4A-142	6,157279533	20,56380363	3,74844246
PED-4A-143	8,549054878	17,53446443	6,224405047
PED-4A-144	15,3869259	8,906420893	13,31990403
PED-4A-145	-----	54,20305647	-----
PED-4A-146	-----	24,09864338	-----
PED-4A-147	-----	33,15111333	-----
PED-4A-148	-----	54,36671816	-----
PED-4A-149	-----	55,52693776	-----
PED-4A-150	-----	42,31031811	-----
PED-4A-151	-----	17,77078342	-----
PED-4A-152	-----	50,84421228	-----
PED-4A-153	-----	35,13368312	-----
PED-4A-154	-----	16,11962821	-----
PED-4A-155	-----	36,68254041	-----
PED-4A-156	-----	17,75438196	-----
PED-4A-157	-----	38,02381321	-----
PED-4A-158	-----	37,78665437	-----
PED-4A-159	-----	21,67081126	-----
PED-4A-160	-----	38,37619459	-----
PED-4A-161	-----	20,3584772	-----
PED-4A-162	-----	27,30976899	-----
PED-4A-163	-----	25,81252759	-----
PED-4A-164	-----	30,85227687	-----
PED-4A-165	-----	23,61757256	-----
PED-4A-166	-----	38,57756247	-----
PED-4A-167	-----	35,09545888	-----
PED-4A-168	-----	25,1786747	-----
PED-4A-169	-----	34,42356825	-----
PED-4A-170	-----	31,74775681	-----
PED-4A-171	-----	32,81597901	-----
PED-4A-172	-----	35,52243091	-----
PED-4A-173	-----	35,57773786	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-174	-----	33,53475228	-----
PED-4A-175	-----	29,16590085	-----
PED-4A-176	-----	35,72286889	-----
PED-4A-177	-----	38,52078226	-----
PED-4A-178	-----	28,79822965	-----
PED-4A-179	-----	40,1083889	-----
PED-4A-180	-----	30,61152593	-----
PED-4A-181	-----	41,4833309	-----
PED-4A-182	-----	41,72405338	-----
PED-4A-183	-----	34,95564513	-----
PED-4A-184	-----	41,91766296	-----
PED-4A-185	-----	33,50020653	-----
PED-4A-186	-----	41,21053681	-----
PED-4A-187	-----	39,54976054	-----
PED-4A-188	-----	42,7737711	-----
PED-4A-189	-----	37,11488799	-----
PED-4A-190	-----	43,12955065	-----
PED-4A-191	-----	43,18228493	-----
PED-4A-192	-----	38,84644919	-----
PED-4A-193	-----	27,25217348	-----
PED-4A-194	-----	26,90866326	-----
PED-4A-195	-----	26,75123181	-----
PED-4A-196	-----	26,65750043	-----
PED-4A-197	-----	26,627717	-----
PED-4A-198	-----	26,57207431	-----
PED-4A-199	-----	27,28805597	-----
PED-4A-200	-----	26,14324713	-----
PED-4A-201	-----	29,64462645	-----
PED-4A-202	-----	28,31444764	-----
PED-4A-203	-----	28,83829674	-----
PED-4A-204	-----	29,75320206	-----
PED-4A-205	-----	28,13994231	-----
PED-4A-206	-----	28,01767489	-----
PED-4A-207	-----	28,5253264	-----
PED-4A-208	-----	27,9193292	-----
PED-4A-209	-----	29,44112748	-----
PED-4A-210	-----	27,88165522	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=98,401N^{0.300}$	$V_s=170.789H^{0.408}$	$V_s=34.041N^{0.717}H^{-0.268}$
PED-4A-211	-----	27,5949883	-----
PED-4A-212	-----	27,4844583	-----
PED-4A-213	-----	27,47060979	-----
PED-4A-214	-----	27,30384599	-----
PED-4A-215	-----	27,27699921	-----
PED-4A-216	-----	27,16984394	-----
PED-4A-217	-----	39,08139218	-----
PED-4A-218	-----	38,62110259	-----
PED-4A-219	-----	38,59317304	-----
PED-4A-220	-----	38,58342275	-----
PED-4A-221	-----	38,55843044	-----
PED-4A-222	-----	38,48102396	-----
PED-4A-223	-----	38,27592898	-----
PED-4A-224	-----	38,1528438	-----
PED-4A-225	-----	43,69297881	-----
PED-4A-226	-----	37,56561516	-----
PED-4A-227	-----	43,04760671	-----
PED-4A-228	-----	37,27949942	-----
PED-4A-229	-----	42,48874926	-----
PED-4A-230	-----	42,39089302	-----
PED-4A-231	-----	38,40296062	-----
PED-4A-232	-----	42,29687609	-----
PED-4A-233	-----	37,30543098	-----
PED-4A-234	-----	41,46810268	-----
PED-4A-235	-----	40,72163882	-----
PED-4A-236	-----	41,50728516	-----
PED-4A-237	-----	39,05469733	-----
PED-4A-238	-----	41,73958479	-----
PED-4A-239	-----	41,5776053	-----
PED-4A-240	-----	39,68157958	-----

Fuente. Autor

Tabla 14. Evaluación de la ecuación de V_s en el barrio La Cumbre

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0.209}$	$V_s=1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$
CUM-4A-001	-----	-----	-----
CUM-4A-002	-----	-----	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-003	-----	-----	-----
CUM-4A-004	-----	-----	-----
CUM-4A-005	-----	-----	-----
CUM-4A-006	-----	-----	-----
CUM-4A-007	-----	-----	-----
CUM-4A-008	-----	-----	-----
CUM-4A-009	-----	-----	-----
CUM-4A-010	-----	-----	-----
CUM-4A-011	-----	-----	-----
CUM-4A-012	-----	-----	-----
CUM-4A-013	-----	-----	-----
CUM-4A-014	-----	-----	-----
CUM-4A-015	-----	-----	-----
CUM-4A-016	-----	-----	-----
CUM-4A-017	-----	-----	-----
CUM-4A-018	-----	-----	-----
CUM-4A-019	-----	-----	-----
CUM-4A-020	-----	-----	-----
CUM-4A-021	-----	-----	-----
CUM-4A-022	-----	-----	-----
CUM-4A-023	-----	-----	-----
CUM-4A-024	-----	-----	-----
CUM-4A-025	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-026	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-027	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-028	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-029	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-030	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-031	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-032	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-033	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-034	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-035	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-036	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-037	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-038	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-039	340,4937888	193,093595	265,1558409

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-040	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-041	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-042	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-043	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-044	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-045	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-046	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-047	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-048	340,4937888	193,093595	265,1558409
CUM-4A-049	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-050	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-051	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-052	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-053	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-054	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-055	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-056	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-057	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-058	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-059	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-060	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-061	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-062	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-063	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-064	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-065	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-066	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-067	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-068	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-069	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-070	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-071	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-072	474,3769743	242,9328305	553,6352632
CUM-4A-073	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-074	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-075	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-076	635,9693319	270,3040788	738,4395378

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-077	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-078	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-079	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-080	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-081	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-082	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-083	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-084	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-085	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-086	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-087	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-088	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-089	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-090	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-091	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-092	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-093	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-094	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-095	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-096	635,9693319	270,3040788	738,4395378
CUM-4A-097	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-098	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-099	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-100	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-101	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-102	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-103	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-104	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-105	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-106	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-107	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-108	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-109	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-110	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-111	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-112	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-113	798,3392406	289,9969021	880,8331456

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-114	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-115	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-116	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-117	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-118	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-119	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-120	798,3392406	289,9969021	880,8331456
CUM-4A-121	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-122	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-123	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-124	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-125	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-126	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-127	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-128	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-129	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-130	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-131	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-132	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-133	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-134	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-135	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-136	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-137	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-138	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-139	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-140	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-141	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-142	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-143	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-144	1152,140052	323,4381228	1151,789802
CUM-4A-145	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-146	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-147	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-148	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-149	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-150	1535,456071	347,3525237	1347,279288

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-151	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-152	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-153	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-154	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-155	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-156	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-157	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-158	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-159	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-160	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-161	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-162	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-163	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-164	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-165	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-166	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-167	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-168	1535,456071	347,3525237	1347,279288
CUM-4A-169	-----	366,289402	-----
CUM-4A-170	-----	366,289402	-----
CUM-4A-171	-----	366,289402	-----
CUM-4A-172	-----	366,289402	-----
CUM-4A-173	-----	366,289402	-----
CUM-4A-174	-----	366,289402	-----
CUM-4A-175	-----	366,289402	-----
CUM-4A-176	-----	366,289402	-----
CUM-4A-177	-----	366,289402	-----
CUM-4A-178	-----	366,289402	-----
CUM-4A-179	-----	366,289402	-----
CUM-4A-180	-----	366,289402	-----
CUM-4A-181	-----	366,289402	-----
CUM-4A-182	-----	366,289402	-----
CUM-4A-183	-----	366,289402	-----
CUM-4A-184	-----	366,289402	-----
CUM-4A-185	-----	366,289402	-----
CUM-4A-186	-----	366,289402	-----
CUM-4A-187	-----	366,289402	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-188	-----	366,289402	-----
CUM-4A-189	-----	366,289402	-----
CUM-4A-190	-----	366,289402	-----
CUM-4A-191	-----	366,289402	-----
CUM-4A-192	-----	366,289402	-----
CUM-4A-193	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-194	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-195	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-196	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-197	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-198	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-199	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-200	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-201	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-202	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-203	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-204	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-205	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-206	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-207	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-208	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-209	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-210	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-211	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-212	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-213	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-214	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-215	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-216	-----	382,1139017	-----
CUM-4A-217	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-218	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-219	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-220	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-221	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-222	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-223	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-224	-----	395,7878538	-----

	Evaluación de la ecuación		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-225	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-226	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-227	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-228	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-229	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-230	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-231	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-232	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-233	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-234	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-235	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-236	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-237	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-238	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-239	-----	395,7878538	-----
CUM-4A-240	-----	395,7878538	-----

Fuente. Autor

Tabla 15. Porcentaje de error de V_s del barrio La Cumbre

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-001	-----	-----	-----
CUM-4A-002	-----	-----	-----
CUM-4A-003	-----	-----	-----
CUM-4A-004	-----	-----	-----
CUM-4A-005	-----	-----	-----
CUM-4A-006	-----	-----	-----
CUM-4A-007	-----	-----	-----
CUM-4A-008	-----	-----	-----
CUM-4A-009	-----	-----	-----
CUM-4A-010	-----	-----	-----
CUM-4A-011	-----	-----	-----
CUM-4A-012	-----	-----	-----
CUM-4A-013	-----	-----	-----
CUM-4A-014	-----	-----	-----
CUM-4A-015	-----	-----	-----
CUM-4A-016	-----	-----	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=24,946N^{1.019}$	$V_s=210,8637H^{0.209}$	$V_s=1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$
CUM-4A-017	-----	-----	-----
CUM-4A-018	-----	-----	-----
CUM-4A-019	-----	-----	-----
CUM-4A-020	-----	-----	-----
CUM-4A-021	-----	-----	-----
CUM-4A-022	-----	-----	-----
CUM-4A-023	-----	-----	-----
CUM-4A-024	-----	-----	-----
CUM-4A-025	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-026	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-027	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-028	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-029	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-030	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-031	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-032	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-033	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-034	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-035	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-036	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-037	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-038	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-039	22,00661156	30,81020562	4,988675994
CUM-4A-040	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-041	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-042	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-043	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-044	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-045	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-046	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-047	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-048	20,88665922	31,44532917	5,860826714
CUM-4A-049	34,26779686	66,33793158	23,28534571
CUM-4A-050	33,31212578	65,84852359	22,17000234
CUM-4A-051	30,89414377	64,61025266	19,34802704
CUM-4A-052	27,0942241	62,6642787	14,91322173
CUM-4A-053	22,22217735	60,16925855	9,22715973

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0.209}$	$V_s=1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$
CUM-4A-054	16,34569296	57,15985661	2,368839956
CUM-4A-055	9,401569533	53,60370686	5,735498595
CUM-4A-056	1,241928055	49,42507909	15,25844238
CUM-4A-057	9,015723255	44,1720411	27,22992875
CUM-4A-058	22,939102	37,04175023	43,47960753
CUM-4A-059	40,48164196	28,05805346	63,9531323
CUM-4A-060	56,86951817	19,66567067	83,07907359
CUM-4A-061	65,90318403	15,03944694	93,62207261
CUM-4A-062	68,24296319	13,84122442	96,35277903
CUM-4A-063	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-064	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-065	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-066	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-067	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-068	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-069	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-070	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-071	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-072	68,41965852	13,75073711	96,55899638
CUM-4A-073	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-074	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-075	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-076	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-077	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-078	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-079	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-080	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-081	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-082	39,5761722	74,31824729	29,84041646
CUM-4A-083	39,47777845	74,2764273	29,72616906
CUM-4A-084	38,98751586	74,06805251	29,15691319
CUM-4A-085	37,91086332	73,61044621	27,9067856
CUM-4A-086	36,4521905	72,99047101	26,21308494
CUM-4A-087	34,9066374	72,33356935	24,41850545
CUM-4A-088	33,33404411	71,66517489	22,59252894
CUM-4A-089	31,78174775	71,00540717	20,79011969
CUM-4A-090	30,55468878	70,48387409	19,36535152

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=24,946N^{1.019}$	$V_s=210,8637H^{0.209}$	$V_s=1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$
CUM-4A-091	29,96558944	70,23349102	18,68133387
CUM-4A-092	29,73120583	70,13387168	18,40918534
CUM-4A-093	29,15184191	69,88762642	17,73647172
CUM-4A-094	28,12331377	69,45047428	16,54222256
CUM-4A-095	27,39348648	69,14027805	15,69480225
CUM-4A-096	27,39348648	69,14027805	15,69480225
CUM-4A-097	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-098	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-099	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-100	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-101	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-102	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-103	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-104	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-105	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-106	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-107	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-108	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-109	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-110	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-111	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-112	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-113	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-114	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-115	24,14930975	72,44722034	16,31151434
CUM-4A-116	27,12501403	73,52814556	19,59470378
CUM-4A-117	27,12501403	73,52814556	19,59470378
CUM-4A-118	27,12501403	73,52814556	19,59470378
CUM-4A-119	27,12501403	73,52814556	19,59470378
CUM-4A-120	27,12501403	73,52814556	19,59470378
CUM-4A-121	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-122	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-123	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-124	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-125	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-126	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-127	-----	70,47552286	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-128	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-129	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-130	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-131	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-132	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-133	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-134	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-135	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-136	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-137	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-138	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-139	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-140	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-141	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-142	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-143	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-144	-----	70,47552286	-----
CUM-4A-145	-----	78,19349701	-----
CUM-4A-146	-----	77,42700711	-----
CUM-4A-147	-----	76,01703934	-----
CUM-4A-148	-----	74,37953013	-----
CUM-4A-149	-----	72,63460095	-----
CUM-4A-150	-----	70,84319729	-----
CUM-4A-151	-----	69,34778265	-----
CUM-4A-152	-----	68,53850221	-----
CUM-4A-153	-----	68,31359873	-----
CUM-4A-154	-----	68,41369886	-----
CUM-4A-155	-----	69,14655278	-----
CUM-4A-156	-----	70,99441746	-----
CUM-4A-157	-----	73,58093496	-----
CUM-4A-158	-----	75,98525171	-----
CUM-4A-159	-----	77,68883832	-----
CUM-4A-160	-----	78,60123677	-----
CUM-4A-161	-----	78,72782576	-----
CUM-4A-162	-----	78,04635142	-----
CUM-4A-163	-----	76,53456364	-----
CUM-4A-164	-----	74,26642974	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$
CUM-4A-165	-----	71,63134451	-----
CUM-4A-166	-----	69,48847419	-----
CUM-4A-167	-----	68,55232813	-----
CUM-4A-168	-----	68,55232813	-----
CUM-4A-169	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-170	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-171	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-172	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-173	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-174	-----	88,97724976	-----
CUM-4A-175	-----	88,88243162	-----
CUM-4A-176	-----	88,69449205	-----
CUM-4A-177	-----	88,52700357	-----
CUM-4A-178	-----	88,5356933	-----
CUM-4A-179	-----	88,71205874	-----
CUM-4A-180	-----	88,89444856	-----
CUM-4A-181	-----	88,98037353	-----
CUM-4A-182	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-183	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-184	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-185	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-186	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-187	-----	88,99672011	-----
CUM-4A-188	-----	88,99451467	-----
CUM-4A-189	-----	88,95765403	-----
CUM-4A-190	-----	88,8400577	-----
CUM-4A-191	-----	88,7220785	-----
CUM-4A-192	-----	88,7220785	-----
CUM-4A-193	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-194	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-195	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-196	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-197	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-198	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-199	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-200	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-201	-----	88,52135446	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$
CUM-4A-202	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-203	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-204	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-205	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-206	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-207	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-208	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-209	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-210	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-211	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-212	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-213	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-214	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-215	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-216	-----	88,52135446	-----
CUM-4A-217	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-218	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-219	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-220	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-221	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-222	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-223	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-224	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-225	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-226	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-227	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-228	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-229	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-230	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-231	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-232	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-233	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-234	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-235	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-236	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-237	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-238	-----	88,11059094	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=24,946N^{1,019}$	$V_s=210,8637H^{0,209}$	$V_s=1025.652N^{-0,398}H^{0,788}$
CUM-4A-239	-----	88,11059094	-----
CUM-4A-240	-----	88,11059094	-----

Fuente. Autor

Tabla 16. Evaluación de la ecuación de V_s del barrio Antonia Santos

	Evaluación de la Ecuación		
Muestra	$V_s=15.136N^{0,980}$	$V_s=283.792H^{0,456}$	$V_s=29.992N^{0,757}H^{0,077}$
ANT-3A-001	-----	-----	-----
ANT-3A-002	-----	-----	-----
ANT-3A-003	-----	-----	-----
ANT-3A-004	-----	-----	-----
ANT-3A-005	-----	-----	-----
ANT-3A-006	-----	-----	-----
ANT-3A-007	-----	-----	-----
ANT-3A-008	-----	-----	-----
ANT-3A-009	-----	-----	-----
ANT-3A-010	-----	-----	-----
ANT-3A-011	-----	-----	-----
ANT-3A-012	-----	-----	-----
ANT-3A-013	-----	-----	-----
ANT-3A-014	-----	-----	-----
ANT-3A-015	-----	-----	-----
ANT-3A-016	-----	-----	-----
ANT-3A-017	-----	-----	-----
ANT-3A-018	-----	-----	-----
ANT-3A-019	-----	-----	-----
ANT-3A-020	-----	-----	-----
ANT-3A-021	-----	-----	-----
ANT-3A-022	-----	-----	-----
ANT-3A-023	-----	-----	-----
ANT-3A-024	-----	-----	-----
ANT-3A-025	313,0295568	229,0453275	300,2632342
ANT-3A-026	313,0295568	229,4988337	300,3635415
ANT-3A-027	313,0295568	229,9514396	300,4634856
ANT-3A-028	313,0295568	230,4028193	300,5629963
ANT-3A-029	313,0295568	230,8533121	300,6621499
ANT-3A-030	313,0295568	231,3025933	300,7608769

	Evaluación de la Ecuación		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-031	313,0295568	231,7508359	300,859217
ANT-3A-032	313,0295568	232,198211	300,9572092
ANT-3A-033	313,0295568	232,6443961	301,0547846
ANT-3A-034	313,0295568	233,0897264	301,152018
ANT-3A-035	313,0295568	233,5338806	301,2488411
ANT-3A-036	313,0295568	233,9770294	301,3452925
ANT-3A-037	313,0295568	234,4193416	301,4414106
ANT-3A-038	313,0295568	234,8604983	301,5371276
ANT-3A-039	313,0295568	235,3006687	301,6324817
ANT-3A-040	313,0295568	235,7400203	301,7275107
ANT-3A-041	313,0295568	236,1782362	301,8221476
ANT-3A-042	313,0295568	236,615645	301,9164647
ANT-3A-043	313,0295568	237,0519308	302,0103955
ANT-3A-044	313,0295568	237,4872608	302,1039773
ANT-3A-045	313,0295568	237,9218006	302,1972473
ANT-3A-046	313,0295568	238,3552363	302,2901392
ANT-3A-047	313,0295568	238,7878928	302,3827243
ANT-3A-048	313,0295568	239,2194574	302,474937
ANT-3A-049	354,807121	377,997327	359,9706663
ANT-3A-050	354,807121	378,7458475	360,0909345
ANT-3A-051	354,807121	379,4926074	360,2107232
ANT-3A-052	354,807121	380,2377097	360,3300508
ANT-3A-053	354,807121	380,9809831	360,448892
ANT-3A-054	354,807121	381,7225305	360,5672655
ANT-3A-055	354,807121	382,4623634	360,6851749
ANT-3A-056	354,807121	383,2004929	360,8026241
ANT-3A-057	354,807121	383,9369301	360,9196167
ANT-3A-058	354,807121	384,671776	361,0361708
ANT-3A-059	354,807121	385,4048611	361,1522614
ANT-3A-060	354,807121	386,1362866	361,2679064
ANT-3A-061	354,807121	386,8660629	361,3831094
ANT-3A-062	354,807121	387,5942005	361,4978738
ANT-3A-063	354,807121	388,32071	361,6122031
ANT-3A-064	354,807121	389,0456904	361,7261147
ANT-3A-065	382,6023277	389,7689739	383,5463537
ANT-3A-066	382,6023277	390,4906599	383,6661796
ANT-3A-067	382,6023277	391,2107581	383,7855586

	Evaluación de la Ecuación		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-068	382,6023277	391,9292786	383,9044941
ANT-3A-069	382,6023277	392,646231	384,0229896
ANT-3A-070	382,6023277	393,3617127	384,1410629
ANT-3A-071	382,6023277	394,0755577	384,2586883
ANT-3A-072	382,6023277	394,7878635	384,3758837
ANT-3A-073	424,2188367	477,1465176	429,8230177
ANT-3A-074	424,2188367	478,0913993	429,9666275
ANT-3A-075	424,2188367	479,0340583	430,1096646
ANT-3A-076	424,2188367	479,9745095	430,2521338
ANT-3A-077	424,2188367	480,9127676	430,3940397
ANT-3A-078	424,2188367	481,8488469	430,535387
ANT-3A-079	424,2188367	482,7827618	430,6761802
ANT-3A-080	424,2188367	483,7145264	430,8164238
ANT-3A-081	424,2188367	484,6441547	430,9561223
ANT-3A-082	424,2188367	485,5716605	431,0952801
ANT-3A-083	424,2188367	486,4970576	431,2339015
ANT-3A-084	424,2188367	487,4203595	431,3719908
ANT-3A-085	424,2188367	488,3415119	431,5095421
ANT-3A-086	424,2188367	489,2606636	431,6465799
ANT-3A-087	424,2188367	490,1777599	431,7830982
ANT-3A-088	424,2188367	491,0928138	431,919101
ANT-3A-089	424,2188367	492,0058382	432,0545924
ANT-3A-090	424,2188367	492,9168457	432,1895764
ANT-3A-091	424,2188367	493,825849	432,3240569
ANT-3A-092	424,2188367	494,7328605	432,4580379
ANT-3A-093	424,2188367	495,6378926	432,5915231
ANT-3A-094	424,2188367	496,5409574	432,7245164
ANT-3A-095	424,2188367	497,4420671	432,8570215
ANT-3A-096	424,2188367	498,3412337	432,9890422
ANT-3A-097	-----	556,2706456	-----
ANT-3A-098	-----	557,3722264	-----
ANT-3A-099	-----	558,4711582	-----
ANT-3A-100	-----	559,567574	-----
ANT-3A-101	-----	560,6614328	-----
ANT-3A-102	-----	561,7527515	-----
ANT-3A-103	-----	562,8414896	-----
ANT-3A-104	-----	563,9277782	-----

	Evaluación de la Ecuación		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-105	-----	565,0115761	-----
ANT-3A-106	-----	566,0928995	-----
ANT-3A-107	-----	567,1717078	-----
ANT-3A-108	-----	568,2481302	-----
ANT-3A-109	-----	569,3221255	-----
ANT-3A-110	-----	570,3937093	-----
ANT-3A-111	-----	571,4628405	-----
ANT-3A-112	-----	572,5296469	-----
ANT-3A-113	-----	573,5940872	-----
ANT-3A-114	-----	574,6561761	-----
ANT-3A-115	-----	575,7158727	-----
ANT-3A-116	-----	576,773303	-----
ANT-3A-117	-----	577,8284256	-----
ANT-3A-118	-----	578,8812546	-----
ANT-3A-119	-----	579,9317491	-----
ANT-3A-120	-----	580,9800335	-----
ANT-3A-121	-----	705,8292176	-----
ANT-3A-122	-----	707,2269401	-----
ANT-3A-123	-----	708,6214183	-----
ANT-3A-124	-----	710,012587	-----
ANT-3A-125	-----	711,4005115	-----
ANT-3A-126	-----	712,7852131	-----
ANT-3A-127	-----	714,1667131	-----
ANT-3A-128	-----	715,5450322	-----
ANT-3A-129	-----	716,920234	-----
ANT-3A-130	-----	718,2922533	-----
ANT-3A-131	-----	719,6611533	-----
ANT-3A-132	-----	721,0269539	-----
ANT-3A-133	-----	722,3897175	-----
ANT-3A-134	-----	723,7493786	-----
ANT-3A-135	-----	725,1060416	-----
ANT-3A-136	-----	726,4595989	-----
ANT-3A-137	-----	727,8101962	-----
ANT-3A-138	-----	729,1578522	-----
ANT-3A-139	-----	730,5025013	-----
ANT-3A-140	-----	731,8442041	-----
ANT-3A-141	-----	733,1829788	-----

	Evaluación de la Ecuación		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-142	-----	734,5188436	-----
ANT-3A-143	-----	735,8518577	-----
ANT-3A-144	-----	737,1819558	-----
ANT-3A-145	-----	824,689993	-----
ANT-3A-146	-----	826,3231122	-----
ANT-3A-147	-----	827,95239	-----
ANT-3A-148	-----	829,5778159	-----
ANT-3A-149	-----	831,1994871	-----
ANT-3A-150	-----	832,8173568	-----
ANT-3A-151	-----	834,4315572	-----
ANT-3A-152	-----	836,0419696	-----
ANT-3A-153	-----	837,6486897	-----
ANT-3A-154	-----	839,2517416	-----
ANT-3A-155	-----	840,8512552	-----
ANT-3A-156	-----	842,4470411	-----
ANT-3A-157	-----	844,0392642	-----
ANT-3A-158	-----	845,6278418	-----
ANT-3A-159	-----	847,2129724	-----
ANT-3A-160	-----	848,7945028	-----
ANT-3A-161	-----	850,3725604	-----
ANT-3A-162	-----	851,9471321	-----
ANT-3A-163	-----	853,5182049	-----
ANT-3A-164	-----	855,0858701	-----
ANT-3A-165	-----	856,650114	-----
ANT-3A-166	-----	858,2109577	-----
ANT-3A-167	-----	859,7684223	-----
ANT-3A-168	-----	861,3224938	-----
ANT-3A-169	823,0876596	925,9555034	802,1674255
ANT-3A-170	823,0876596	927,7891076	802,4354344
ANT-3A-171	823,0876596	929,6184618	802,7023838
ANT-3A-172	-----	931,4435314	-----
ANT-3A-173	-----	933,2643135	-----
ANT-3A-174	-----	935,0808363	-----
ANT-3A-175	-----	936,8932214	-----
ANT-3A-176	-----	938,7013713	-----
ANT-3A-177	-----	940,5054687	-----
ANT-3A-178	-----	942,3053542	-----

	Evaluación de la Ecuación		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-179	-----	944,1012093	-----
ANT-3A-180	-----	945,8929676	-----
ANT-3A-181	-----	947,680686	-----
ANT-3A-182	-----	949,4643902	-----
ANT-3A-183	-----	951,2441363	-----
ANT-3A-184	-----	953,0198883	-----
ANT-3A-185	-----	954,7917018	-----
ANT-3A-186	-----	956,5595711	-----
ANT-3A-187	-----	958,323642	-----
ANT-3A-188	-----	960,0837568	-----
ANT-3A-189	-----	961,8400606	-----
ANT-3A-190	-----	963,5925468	-----
ANT-3A-191	-----	965,341269	-----
ANT-3A-192	-----	967,0861901	-----
ANT-3A-193	-----	1015,469364	-----
ANT-3A-194	-----	1017,480276	-----
ANT-3A-195	-----	1019,486431	-----
ANT-3A-196	-----	1021,487914	-----
ANT-3A-197	-----	1023,484703	-----
ANT-3A-198	-----	1025,476882	-----
ANT-3A-199	-----	1027,464455	-----
ANT-3A-200	-----	1029,447424	-----
ANT-3A-201	-----	1031,425875	-----
ANT-3A-202	-----	1033,39978	-----
ANT-3A-203	-----	1035,369281	-----
ANT-3A-204	-----	1037,334267	-----
ANT-3A-205	-----	1039,294741	-----
ANT-3A-206	-----	1041,250894	-----
ANT-3A-207	-----	1043,202701	-----
ANT-3A-208	-----	1045,150134	-----
ANT-3A-209	-----	1047,093193	-----
ANT-3A-210	-----	1049,031986	-----
ANT-3A-211	-----	1050,966596	-----
ANT-3A-212	-----	1052,896886	-----
ANT-3A-213	-----	1054,822936	-----
ANT-3A-214	-----	1056,744854	-----
ANT-3A-215	-----	1058,662637	-----

	Evaluación de la Ecuación		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-216	-----	1060,576258	-----
ANT-3A-217	-----	1096,433683	-----
ANT-3A-218	-----	1098,604888	-----
ANT-3A-219	-----	1100,771037	-----
ANT-3A-220	-----	1102,932113	-----
ANT-3A-221	-----	1105,088098	-----
ANT-3A-222	-----	1107,239076	-----
ANT-3A-223	-----	1109,385183	-----
ANT-3A-224	-----	1111,526247	-----
ANT-3A-225	-----	1113,662402	-----
ANT-3A-226	-----	1115,793731	-----
ANT-3A-227	-----	1117,920213	-----
ANT-3A-228	-----	1120,041881	-----
ANT-3A-229	-----	1122,158716	-----
ANT-3A-230	-----	1124,270796	-----
ANT-3A-231	-----	1126,378204	-----
ANT-3A-232	-----	1128,480919	-----
ANT-3A-233	-----	1130,57892	-----
ANT-3A-234	-----	1132,672287	-----
ANT-3A-235	-----	1134,761098	-----
ANT-3A-236	-----	1136,845332	-----
ANT-3A-237	-----	1138,924968	-----
ANT-3A-238	-----	1141,000084	-----
ANT-3A-239	-----	1143,070806	-----
ANT-3A-240	-----	1145,136964	-----

Fuente. Autor

Tabla 17. Porcentaje de error de Vs del barrio Antonia Santos

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-001	-----	-----	-----
ANT-3A-002	-----	-----	-----
ANT-3A-003	-----	-----	-----
ANT-3A-004	-----	-----	-----
ANT-3A-005	-----	-----	-----
ANT-3A-006	-----	-----	-----
ANT-3A-007	-----	-----	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-008	-----	-----	-----
ANT-3A-009	-----	-----	-----
ANT-3A-010	-----	-----	-----
ANT-3A-011	-----	-----	-----
ANT-3A-012	-----	-----	-----
ANT-3A-013	-----	-----	-----
ANT-3A-014	-----	-----	-----
ANT-3A-015	-----	-----	-----
ANT-3A-016	-----	-----	-----
ANT-3A-017	-----	-----	-----
ANT-3A-018	-----	-----	-----
ANT-3A-019	-----	-----	-----
ANT-3A-020	-----	-----	-----
ANT-3A-021	-----	-----	-----
ANT-3A-022	-----	-----	-----
ANT-3A-023	-----	-----	-----
ANT-3A-024	-----	-----	-----
ANT-3A-025	11,63257586	35,34110386	15,2364753
ANT-3A-026	15,14372553	37,78729325	18,57723793
ANT-3A-027	19,83418386	41,11021011	23,05231239
ANT-3A-028	21,04048071	41,88249812	24,18508352
ANT-3A-029	17,41279058	39,09351237	20,67570807
ANT-3A-030	11,60756072	34,68539953	15,07195734
ANT-3A-031	6,975651003	31,12960046	10,59236358
ANT-3A-032	4,404615763	29,08951656	8,091362526
ANT-3A-033	3,214174593	28,06851807	6,916662696
ANT-3A-034	2,825451351	27,64137294	6,512625416
ANT-3A-035	3,457730464	27,97520119	7,091051994
ANT-3A-036	2,829989572	27,36931739	6,456995564
ANT-3A-037	0,108584999	25,19402965	3,806498793
ANT-3A-038	0,148513509	24,86035493	3,528294882
ANT-3A-039	3,06138954	27,13237658	6,590821817
ANT-3A-040	7,42710439	30,28410314	10,76948247
ANT-3A-041	10,73522046	32,6504551	13,93117077
ANT-3A-042	11,54554256	33,13823552	14,68582917
ANT-3A-043	4,15248884	27,4163187	7,526480724
ANT-3A-044	68,24832456	27,64556215	62,37600231

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-045	43,87983073	9,357559577	38,90090518
ANT-3A-046	54,09907635	17,33819051	48,8122455
ANT-3A-047	56,14546265	19,11222182	50,83460769
ANT-3A-048	56,14546265	19,32749496	50,88060521
ANT-3A-049	0,013925631	6,521167734	1,441182214
ANT-3A-050	3,980057622	2,498378147	2,550121636
ANT-3A-051	9,279175165	2,967329773	7,897525204
ANT-3A-052	10,86950815	4,481133336	9,482102381
ANT-3A-053	8,408662984	1,652036976	6,952273519
ANT-3A-054	6,475696277	0,618989219	4,957368518
ANT-3A-055	7,750311131	0,55996078	6,222019815
ANT-3A-056	10,37476432	3,202522005	8,860284079
ANT-3A-057	12,74669374	5,583161775	11,24352362
ANT-3A-058	14,67824681	7,496585083	13,18032464
ANT-3A-059	15,97195264	8,725569451	14,46924954
ANT-3A-060	15,00688191	7,50206222	13,45921766
ANT-3A-061	10,18560826	2,070341708	8,520990054
ANT-3A-062	2,782856937	6,200802109	0,949590834
ANT-3A-063	3,047771632	12,78123092	5,024193473
ANT-3A-064	3,53847948	13,52985001	5,557554188
ANT-3A-065	8,438891617	10,47009508	8,706451742
ANT-3A-066	6,92498036	9,129514149	7,222292561
ANT-3A-067	12,37579122	14,90421069	12,72332309
ANT-3A-068	27,06953534	30,16719373	27,50200966
ANT-3A-069	43,30142614	47,06331035	43,83352659
ANT-3A-070	51,62519888	55,88914022	52,2349992
ANT-3A-071	53,62389912	58,23067278	54,28896713
ANT-3A-072	53,62389912	58,51668041	54,33602385
ANT-3A-073	9,166979598	22,78720239	10,60913977
ANT-3A-074	6,148421107	19,62846245	7,586638518
ANT-3A-075	1,84912716	15,00951042	3,263434185
ANT-3A-076	2,39297228	10,43565539	1,004792063
ANT-3A-077	6,88983057	5,553703415	5,534458887
ANT-3A-078	10,72789216	1,399698701	9,398644823
ANT-3A-079	13,10426576	1,108204219	11,78156258
ANT-3A-080	14,20367221	2,170939919	12,86934026
ANT-3A-081	14,43555763	2,247841781	13,07665501

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-082	14,84448802	2,528837055	13,46414607
ANT-3A-083	16,00171631	3,670194889	14,61268463
ANT-3A-084	16,49509817	4,054262207	15,08704323
ANT-3A-085	13,70893896	0,665638658	12,22592441
ANT-3A-086	7,270960466	6,946385908	5,647346811
ANT-3A-087	1,171262904	14,19495028	0,590955901
ANT-3A-088	0,74843266	14,89761242	1,053145294
ANT-3A-089	4,234134891	11,06853505	2,465241426
ANT-3A-090	3,465024611	12,16785171	1,651208019
ANT-3A-091	3,403305877	20,37000928	5,378952637
ANT-3A-092	10,28654879	28,6184748	12,42854011
ANT-3A-093	15,49030061	34,93358676	17,7696998
ANT-3A-094	21,62264159	42,35724036	24,06120194
ANT-3A-095	24,93969193	46,50518376	27,48378488
ANT-3A-096	24,93969193	46,77000366	27,52266723
ANT-3A-097	-----	15,07108037	-----
ANT-3A-098	-----	14,23159843	-----
ANT-3A-099	-----	12,63788915	-----
ANT-3A-100	-----	11,91861147	-----
ANT-3A-101	-----	12,29178019	-----
ANT-3A-102	-----	12,51830158	-----
ANT-3A-103	-----	12,07065782	-----
ANT-3A-104	-----	10,91399678	-----
ANT-3A-105	-----	9,401099999	-----
ANT-3A-106	-----	8,037704021	-----
ANT-3A-107	-----	6,576272569	-----
ANT-3A-108	-----	4,523598003	-----
ANT-3A-109	-----	2,16158804	-----
ANT-3A-110	-----	0,875402247	-----
ANT-3A-111	-----	2,114994028	-----
ANT-3A-112	-----	6,752831258	-----
ANT-3A-113	-----	13,84979057	-----
ANT-3A-114	-----	19,33806828	-----
ANT-3A-115	-----	21,04751207	-----
ANT-3A-116	-----	25,24394247	-----
ANT-3A-117	-----	32,55119995	-----
ANT-3A-118	-----	38,32437094	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-119	-----	39,71880504	-----
ANT-3A-120	-----	39,97136068	-----
ANT-3A-121	-----	17,16001484	-----
ANT-3A-122	-----	16,82922961	-----
ANT-3A-123	-----	15,88366578	-----
ANT-3A-124	-----	15,69537615	-----
ANT-3A-125	-----	16,68053943	-----
ANT-3A-126	-----	17,95943063	-----
ANT-3A-127	-----	18,91895494	-----
ANT-3A-128	-----	19,46253676	-----
ANT-3A-129	-----	19,77165825	-----
ANT-3A-130	-----	20,00999105	-----
ANT-3A-131	-----	20,23870251	-----
ANT-3A-132	-----	20,46689614	-----
ANT-3A-133	-----	20,67476103	-----
ANT-3A-134	-----	20,7446653	-----
ANT-3A-135	-----	20,43347432	-----
ANT-3A-136	-----	19,63131391	-----
ANT-3A-137	-----	18,69248485	-----
ANT-3A-138	-----	18,32766985	-----
ANT-3A-139	-----	19,25966161	-----
ANT-3A-140	-----	21,14699329	-----
ANT-3A-141	-----	22,53649146	-----
ANT-3A-142	-----	23,0216076	-----
ANT-3A-143	-----	23,24486878	-----
ANT-3A-144	-----	23,46764156	-----
ANT-3A-145	-----	11,97800777	-----
ANT-3A-146	-----	12,19975588	-----
ANT-3A-147	-----	12,42098238	-----
ANT-3A-148	-----	12,64168585	-----
ANT-3A-149	-----	12,86187952	-----
ANT-3A-150	-----	13,08155701	-----
ANT-3A-151	-----	13,30073627	-----
ANT-3A-152	-----	13,51940119	-----
ANT-3A-153	-----	13,73756477	-----
ANT-3A-154	-----	13,95523027	-----
ANT-3A-155	-----	14,17241533	-----

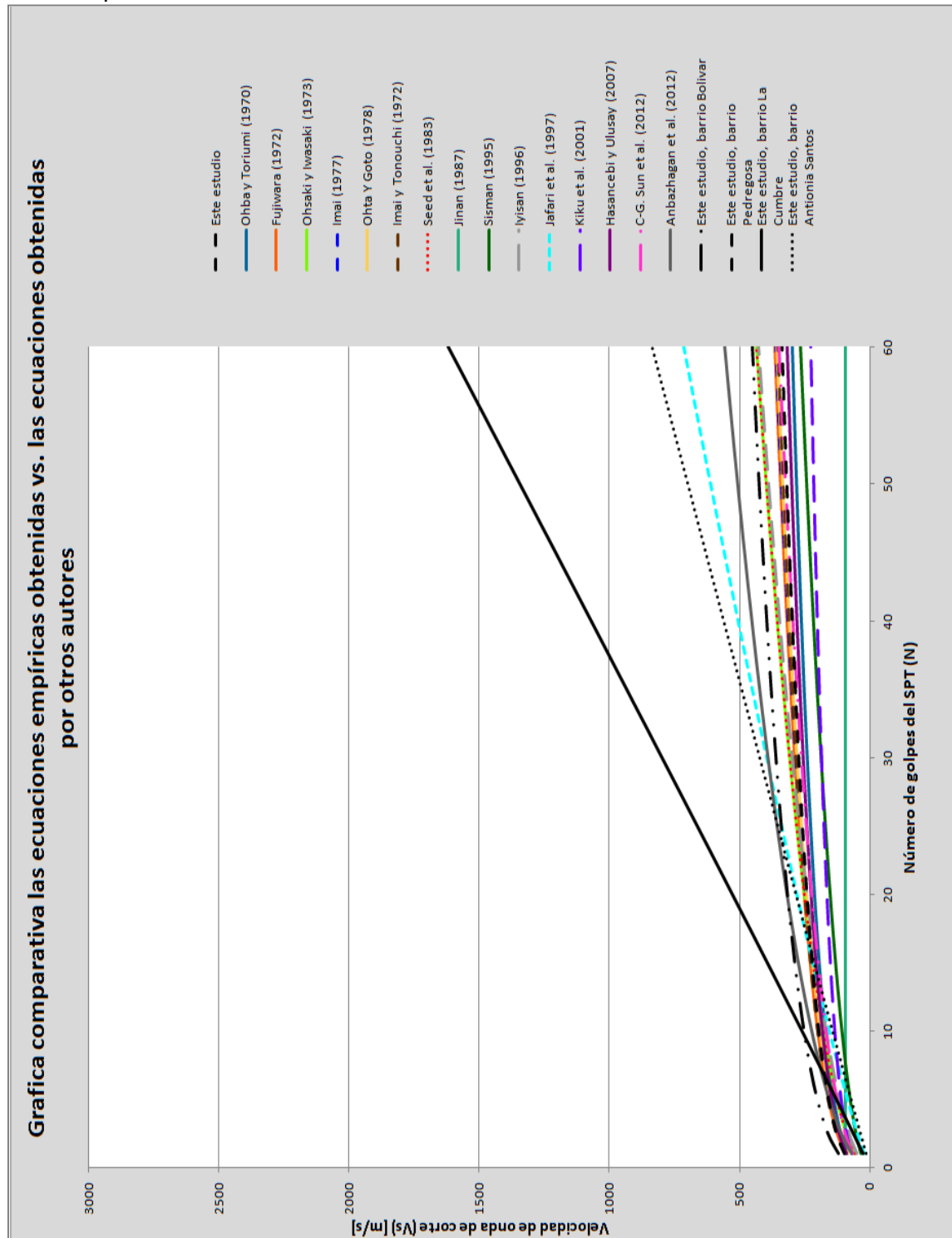
	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-156	-----	14,38909423	-----
ANT-3A-157	-----	14,60528938	-----
ANT-3A-158	-----	14,82098952	-----
ANT-3A-159	-----	15,03622164	-----
ANT-3A-160	-----	15,2509649	-----
ANT-3A-161	-----	15,46523662	-----
ANT-3A-162	-----	16,01033807	-----
ANT-3A-163	-----	17,08764243	-----
ANT-3A-164	-----	18,03464121	-----
ANT-3A-165	-----	18,44816286	-----
ANT-3A-166	-----	18,66397918	-----
ANT-3A-167	-----	18,87932826	-----
ANT-3A-168	-----	19,0942082	-----
ANT-3A-169	4,848083426	17,95178646	-----
ANT-3A-170	4,848083426	18,18535805	-----
ANT-3A-171	4,848083426	18,41838824	-----
ANT-3A-172	-----	18,65087265	-----
ANT-3A-173	-----	18,8828109	-----
ANT-3A-174	-----	19,1142066	-----
ANT-3A-175	-----	19,3450752	-----
ANT-3A-176	-----	19,57540432	-----
ANT-3A-177	-----	19,8052172	-----
ANT-3A-178	-----	20,03449357	-----
ANT-3A-179	-----	20,26325653	-----
ANT-3A-180	-----	20,49149762	-----
ANT-3A-181	-----	20,71922409	-----
ANT-3A-182	-----	20,94643922	-----
ANT-3A-183	-----	21,17315015	-----
ANT-3A-184	-----	21,39935229	-----
ANT-3A-185	-----	21,33919499	-----
ANT-3A-186	-----	20,80614285	-----
ANT-3A-187	-----	20,37180796	-----
ANT-3A-188	-----	20,40587602	-----
ANT-3A-189	-----	20,62613732	-----
ANT-3A-190	-----	20,84591985	-----
ANT-3A-191	-----	21,06523032	-----
ANT-3A-192	-----	21,28406411	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-193	-----	20,78825823	-----
ANT-3A-194	-----	20,63139688	-----
ANT-3A-195	-----	20,47490671	-----
ANT-3A-196	-----	20,31878085	-----
ANT-3A-197	-----	20,16329489	-----
ANT-3A-198	-----	20,00845283	-----
ANT-3A-199	-----	19,85368836	-----
ANT-3A-200	-----	19,69900889	-----
ANT-3A-201	-----	19,5446819	-----
ANT-3A-202	-----	19,39070941	-----
ANT-3A-203	-----	19,23708052	-----
ANT-3A-204	-----	19,08380378	-----
ANT-3A-205	-----	18,93087907	-----
ANT-3A-206	-----	18,7782913	-----
ANT-3A-207	-----	19,02657189	-----
ANT-3A-208	-----	19,95796765	-----
ANT-3A-209	-----	20,91298651	-----
ANT-3A-210	-----	21,3333997	-----
ANT-3A-211	-----	21,32985195	-----
ANT-3A-212	-----	21,18536004	-----
ANT-3A-213	-----	21,04118549	-----
ANT-3A-214	-----	20,89732027	-----
ANT-3A-215	-----	20,75376451	-----
ANT-3A-216	-----	20,61052033	-----
ANT-3A-217	-----	31,78295019	-----
ANT-3A-218	-----	31,64786387	-----
ANT-3A-219	-----	31,51309211	-----
ANT-3A-220	-----	31,37863599	-----
ANT-3A-221	-----	31,24449662	-----
ANT-3A-222	-----	31,11066873	-----
ANT-3A-223	-----	30,97714394	-----
ANT-3A-224	-----	30,84393292	-----
ANT-3A-225	-----	30,7110273	-----
ANT-3A-226	-----	30,57842198	-----
ANT-3A-227	-----	30,44611815	-----
ANT-3A-228	-----	30,31411387	-----
ANT-3A-229	-----	30,18241035	-----

	Porcentaje de error		
Muestra	$V_s=15.136N^{0.980}$	$V_s=283.792H^{0.456}$	$V_s=29.992N^{0.757}H^{0.077}$
ANT-3A-230	-----	30,05100255	-----
ANT-3A-231	-----	29,9198855	-----
ANT-3A-232	-----	29,78906045	-----
ANT-3A-233	-----	29,65852866	-----
ANT-3A-234	-----	29,5282852	-----
ANT-3A-235	-----	29,3983252	-----
ANT-3A-236	-----	29,26864996	-----
ANT-3A-237	-----	29,13926079	-----
ANT-3A-238	-----	29,01015287	-----
ANT-3A-239	-----	28,88131835	-----
ANT-3A-240	-----	28,75276775	-----

Fuente. Autor

Figura 23. Grafica comparativa las ecuaciones empíricas obtenidas vs. las ecuaciones obtenidas por otros autores



Fuente. Autor

5. ANÁLISIS DE DATOS

Las velocidades promedio obtenida para algunos Miembros de la Formación Bucaramanga, tomando de los estudios de refracción sísmica que se tienen de la muestra que: En la calle 40 N° 24-61 barrio Bolívar, teniendo en cuenta el perfil, de 3 a 6 metros encontramos el Miembro Limos rojos, de 6 a 18 metros se tienen al Miembro Gravoso y a partir de los 18 metros se encuentran El Miembro limos finos; en la carrera 26 con 8E del barrio La Cumbre tiene un perfil de 3-13 metros se tiene al Miembro Gravoso; en la carrera 33 N° 86-20 y 91-34 del barrio La Pedregosa se encuentra de 4.5-12.1 metros el Miembro Gravoso y de 12.1-25.6 metros tenemos el Miembro Órganos.

Si evaluamos las ecuaciones obtenidas con los valores de velocidad de Ingeominas como se muestran en la tabla anterior, haciendo una comparación y evaluación las ecuaciones propuestas tenemos:

Calle 40 N° 24-61, Barrio Bolívar

Para la primera ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad Vs con los números de golpes N, colocaremos los valores de N promedio del intervalo de profundidad de los Miembros Limos Rojos y Miembro Gravoso.

- $V_s = 120.781N^{0.322}$

Miembro Limos Rojos (Qblr)

Para un N promedio de 48 $V_s = () 120.781N^{0.322} = 420 \text{ (m/s)}$

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un N promedio de 40 $V_s = () 120.781N^{0.322} = 396 \text{ (m/s)}$

La segunda ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad Vs con la profundidad H, colocaremos los valores medios de H para los intervalos de profundidad de los Miembros Limos Rojos, Miembro Gravoso y Finos.

- $V_s = 365.595H^{0.072}$

Miembro Limos Rojos (Qblr)

Para un H media de 4.5 m $V_s(4.5) = 365.595H^{0.072} = 407$ (m/s)

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un H media de 12m $V_s(12) = 365.595H^{0.072} = 437$ (m/s)

Miembro Finos (Qbf)

Para un H mayor a 18m $V_s(21) = 365.595H^{0.072} = 450$ (m/s)

La tercera ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad V_s con el número de golpes N y la profundidad H , colocaremos los valores de las variables anteriores para estimar la velocidad en los Miembros Limos Rojos y Miembro Gravoso.

- $V_s = 324.340N^{0.035}H^{0.071}$

Miembro Limos Rojos (Qblr)

Para un N promedio de 36 y una H media 4.5 m $V_s = 324.340N^{0.035}H^{0.071} = 409$ (m/s)

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un N promedio de 48 y una H media de 12m $V_s = 324.340N^{0.035}H^{0.071} = 443$ (m/s)

Carrera 26 con 8E, Barrio La Cumbre

Para la primera ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad V_s con los números de golpes N , colocaremos los valores de N promedio del intervalo de profundidad del Miembro Gravoso.

- $V_s = 24,946N^{1.019}$

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un N promedio de 35 $V_s(35) = 24,946N^{1.019} = 934$ (m/s)

La segunda ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad V_s con la profundidad H , colocaremos los valores medios de H para el intervalo de profundidad del Miembro Gravoso.

- $V_s = 210.863H^{0.209}$

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un H media de 8 m $V_s(8) = 210.863H^{0.209} = 326 \text{ (m/s)}$

La tercera ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad V_s con el número de golpes N y la profundidad H , colocaremos los valores de las variables anteriores para estimar la velocidad del Miembro Gravoso.

- $V_s = 1025.652N^{-0.398}H^{0.788}$

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un N promedio de 35 y una H media de 8 m $V_s = 1025.652N^{-0.398}H^{0.788} = 1282 \text{ (m/s)}$

Carrera 33 N° 86-20 y 91-34, Barrio Pedregosa

Para la primera ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad V_s con los números de golpes N , colocaremos los valores de N promedio del intervalo de profundidad del Miembro Gravoso.

- $V_s = 98,401N^{0.300}$

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un N promedio de 39 $V_s(39) = V_s = 98,401N^{0.300} = 295 \text{ (m/s)}$

La segunda ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad Vs con la profundidad H, colocaremos los valores medios de H para los intervalos de profundidad de los Miembro Gravoso y Organos.

- $V_s = 170.789H^{0.408}$

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un H media de 8.3 m $V_s(8.3) = 170.789H^{0.408} = 405 \text{ (m/s)}$

Miembro Organos (Qbo)

Para un H media de 18.9 m $V_s(18.9) = 170.789H^{0.408} = 567 \text{ (m/s)}$

La tercera ecuación que se tiene es la correlación de la velocidad Vs con el número de golpes N y la profundidad H, colocaremos los valores de las variables anteriores para estimar la velocidad en el Miembro Gravoso.

- $V_s = 34.041N^{0.717}H^{-0.268}$

Miembro Gravoso (Qbg)

Para un N promedio de 39 y una H media de 8.3 m $34.041N^{0.717}H^{-0.268} = 830 \text{ (m/s)}$

La siguiente tabla aparecen las velocidades calculadas por Ingeominas en el trabajo realizado de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área metropolitana de Bucaramanga. Fase II en el 2001, esto con el fin de comparar las velocidades calculadas por las ecuaciones empíricas de este trabajo.

Tabla 18. Valores característicos para Vs encontrados asociados con su respectiva descripción litológica

ZONA GEOTECNICA	SITIOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	RANGO Vs (m/seg)
Zona 2	La Albania	Suelo alterado, gravas, limos arcillosos Miembro Finos Roca Ignea	350 800 1350
Zona 3 Sector Sur	Estadio La Flora	Suelo alterado (Miembro Limos Rojos) Miembro Finos Roca Ignea	575 1000 1900
Zona 3 Sector Centro	Parques Los Niños, San Pío y Mejoras Públicas	Suelo alterado (Miembro Limos Rojos), limos arenosos, gravas Arcillas y limos arenosos (Miembro Finos) Miembro Organos Formación Macizo de Santander (Igneo)	375 – 450 800 950 – 1250 1500
Zona 3 Sector Occidente	Marsella Real Terragona	Suelos alterados (Limos Rojos), gravas y arenas Miembro Finos Miembro Organos Formación Girón	300 – 400 1000 1250 – 1450 2250
Zona 4	Villa Helena Villa Rosa José María Córdoba	Suelos alterados Miembro Organos Formación Girón	350 – 425 1150 – 1275 1850 – 1950
Zona 5	Villa San Francisco (Floridablanca)	Suelos alterados, flujo de escombros Miembro Organos o Formación Tambor Neis o Formación Girón	300 925 1650
Zona 5	Campo Verde, La Rioja, San Francisco (Piedecuesta)	Suelos alterados, flujo de escombros Formación Girón o flujo de escombros Formación Girón o Formación Jordán	300 – 550 1250 – 1375 1750 – 1900
Zona 6	Q. Chimita Cárcel de Mujeres	Depósitos aluviales Miembro Organos Formación Girón	400 – 450 1200 – 1500 2100 – 2150
Zona 6	El Poblado, Anillo Vial (Girón)	Depósitos aluviales Miembro Organos Formación Girón	350 – 550 1150 – 1200 1700 – 2050

Fuente: Ingeominas, 2001

Los intervalos de velocidad calculados por las ecuaciones empíricas para los respectivos Miembros de la Formación Bucaramanga se muestran en la siguiente tabla, donde especifica el valor de la velocidad calculada de la evaluación anterior de las ecuaciones y la correlación empleada.

Tabla 19. Velocidades Vs (m/s) calculadas por las ecuaciones postuladas para la Formación Bucaramanga

Vs (m/s) Formación Bucaramanga obtenidas			
Miembro	Vs-N	Vs-H	Vs-N y H
Limos Rojos (Qblr)	420	407	409
Gravoso (Qbg)	1282– 934 – 396	326 - 405 - 437 -	443 – 830
Finos (Qbf)		450	
Organos (Qbo)		567	

Fuente: Autor

Los valores de los Miembro Finos encontrados por INGEOMINAS oscilan entre 800-1000 m/s que es un rango de valor más preciso a comparación de los demás Miembros lo que haría más fácil su identificación por esta propiedad, los resultados obtenidos por INGEOMINAS cuenta con valores más altos a comparación de las ecuaciones postuladas en este estudio, la Vs calculadas por las ecuaciones arroja un valor de 450 m/s, lo que representa un factor de seguridad extra si se utiliza la ecuación correlacionada calculada.

El Miembro Órganos es el que cuenta con un rango más amplio del valor de su velocidad de onda de corte, INGEOMINAS determina dicha velocidad entre 925-1500 m/s, al ser así no tiene un valor o rango más pequeño de velocidad y podría ser comparado con el valor de Vs del Miembro Finos encontrados por INGEOMINAS. En el caso de este estudio el valor de Vs es de 567 m/s para una medición única. Una vez más el valor tiende ser más alto que el Vs encontrado por INGEOMINAS que el calculado en este estudio.

En los Limos Rojos se encontraron valores entre 409-420, siendo los valores mínimos para la correlación con Vs N y H y los valores máximos para la correlación Vs-N, los valores mencionados por INGEOMINAS comprender desde de 300 a 575 para el caso de los suelos alterados, pero normalmente la velocidad de onda de corte para los Limos Rojos es de 800. Nuevamente los valores son altos para INGEOMINAS, si consideráramos que las velocidades calculadas por las ecuaciones corresponderían a Limos Rojos sin ninguna alteración. Ahora

comparando con los valores de la velocidad de onda de corte de los ensayos de Refracción sísmica y Down Hole de los dispuestos en este estudio que se encuentran en siguiente tabla, podemos observar que los valores del Miembro Limos rojos (Qblr) son menores a los postulados por INGEOMINAS y comparando estas velocidades con las determinadas por las ecuaciones empíricas se observa que se encuentran entre el rango de las velocidades medidas por los ensayos realizados para el estudio.

Tabla 20. Velocidades Vs (m/s) calculadas por las ecuaciones por los ensayos de refracción sísmica y Down Hole empleados en este estudio

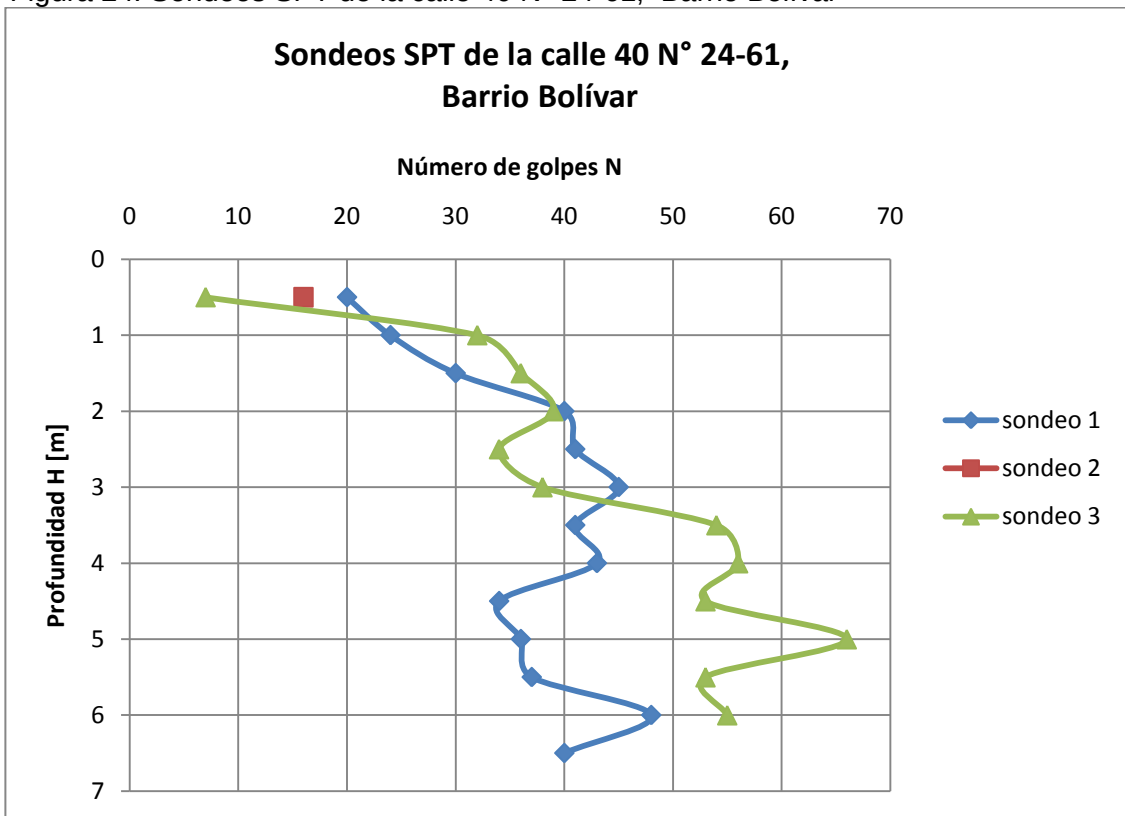
Vs (m/s) de los miembro de la Formación Bucaramanga medidas por Down Hole y/o Refracción sísmica					
Miembro	RS-BOL	RS-ANT	RS-PED	RS-CUM	DH-POR
Qblr	395	522			470
Qbg	420	1288	271.64	1125.64	
Qbf					
Qbo			1189.49		

Fuente: Autor

Las velocidades del Miembro Organos (Qbo) calculadas por las ecuaciones empíricas son menores a comparación de las velocidades de INGEOMINAS y los calculados por el ensayo de refracción sísmica. Las velocidades del Miembro Gravoso (Qbg) oscilan en un rango muy grande conforme a los valores de los ensayos de Refracción sísmica y Down Hole, igual como pasa para los valores de las ecuaciones empíricas postuladas y las calculados por INGEOMINAS pero en un rango menor de valores para este último.

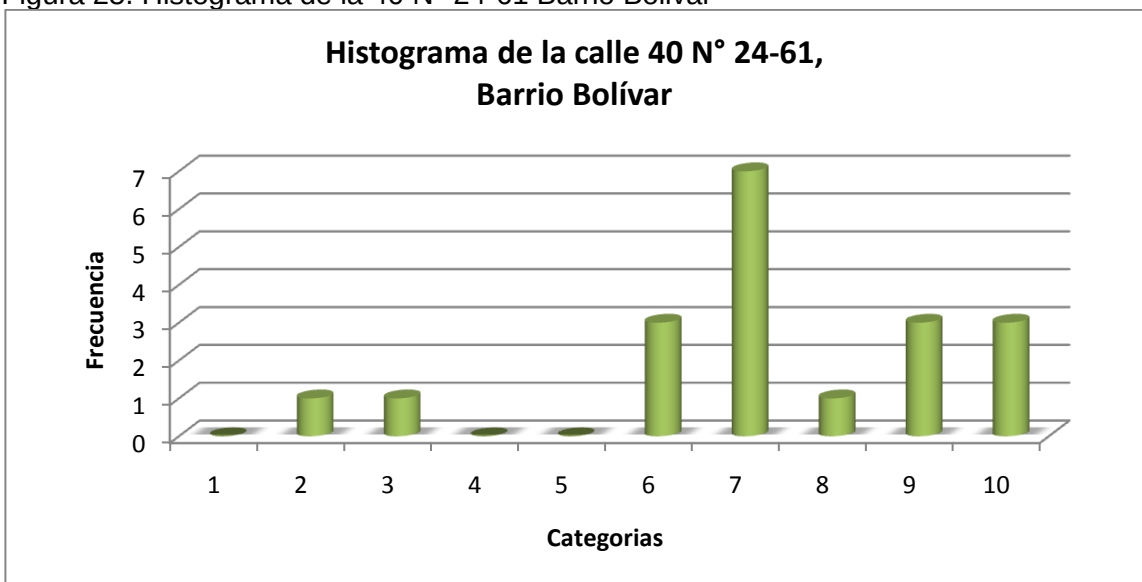
Los sondeos empleados de cada sitio muestran una distribución de los valores de N de forma irregular, para tener más claridad sobre la distribución de estos valores, se realizaron histogramas, tomando como valor límite de los golpes N como 60. En las siguientes figuras dividen el valor máximo de golpes que son 60 en 10 categorías cada una de a 6 valores, es decir, la primera categoría 1 son los valores de 1-6 de N, la categoría 2 de 7-12 de N, etc.

Figura 24. Sondeos SPT de la calle 40 N° 24-61, Barrio Bolívar



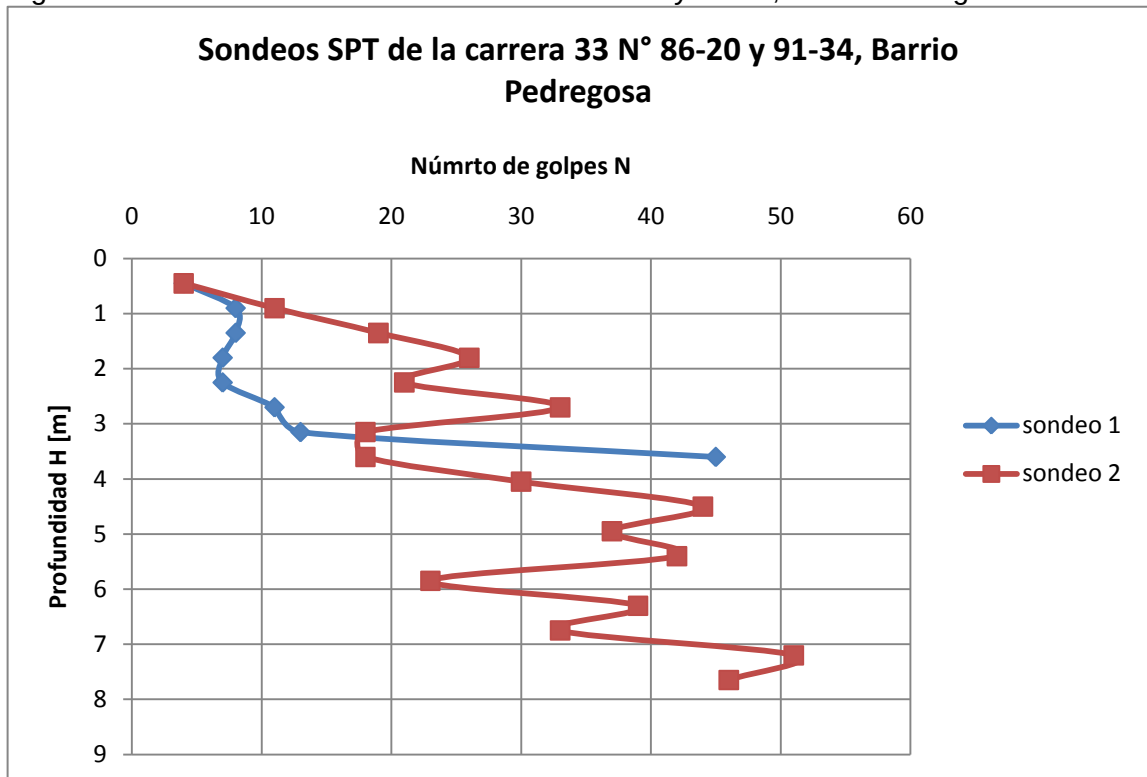
Fuente. Autor

Figura 25. Histograma de la 40 N° 24-61 Barrio Bolivar



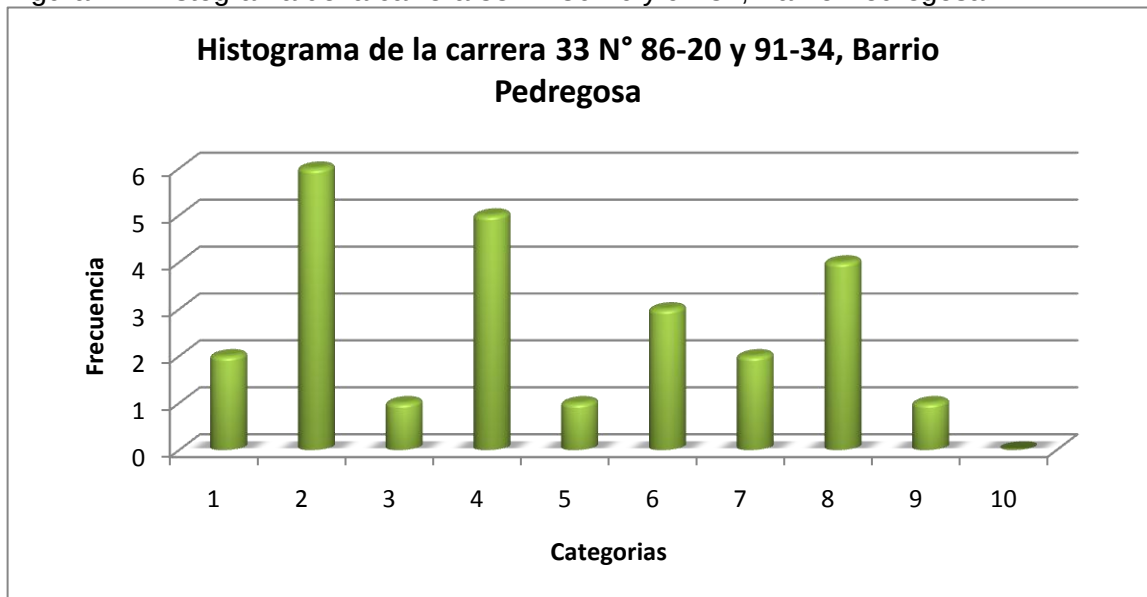
Fuente. Autor

Figura 26. Sondeos SPT de la carrera 33 N° 86-20 y 91-34, Barrio Pedregosa



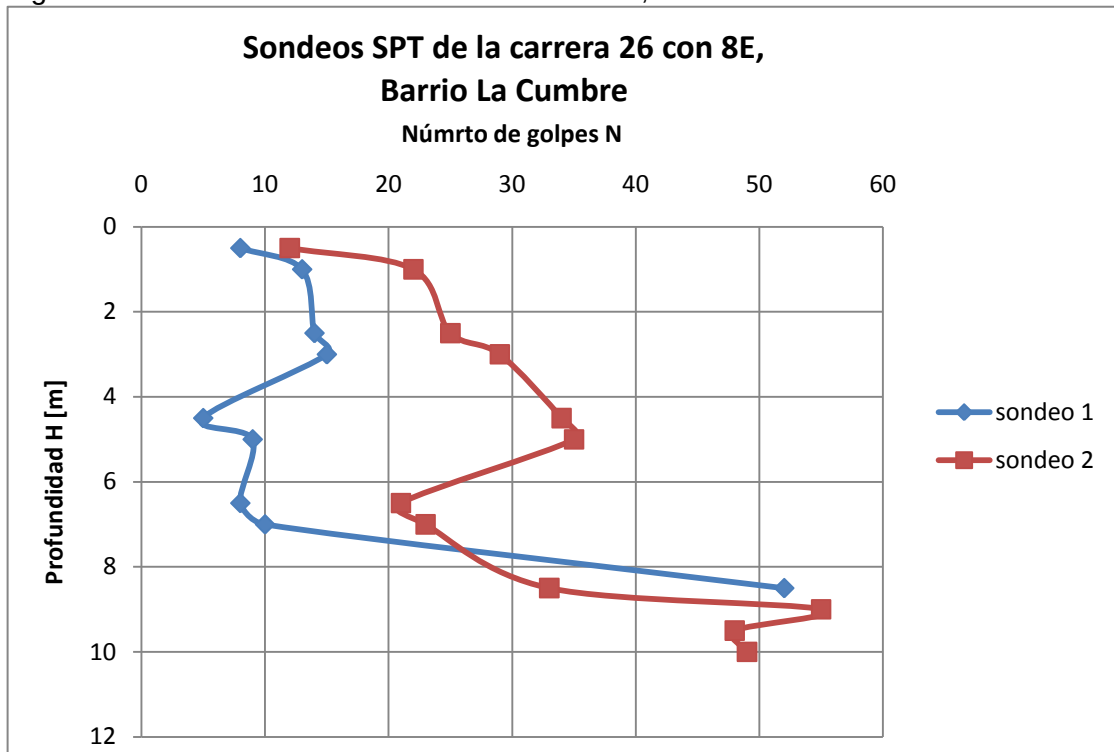
Fuente. Autor

Figura 27. Histograma de la carrera 33 N° 86-20 y 91-34, Barrio Pedregosa



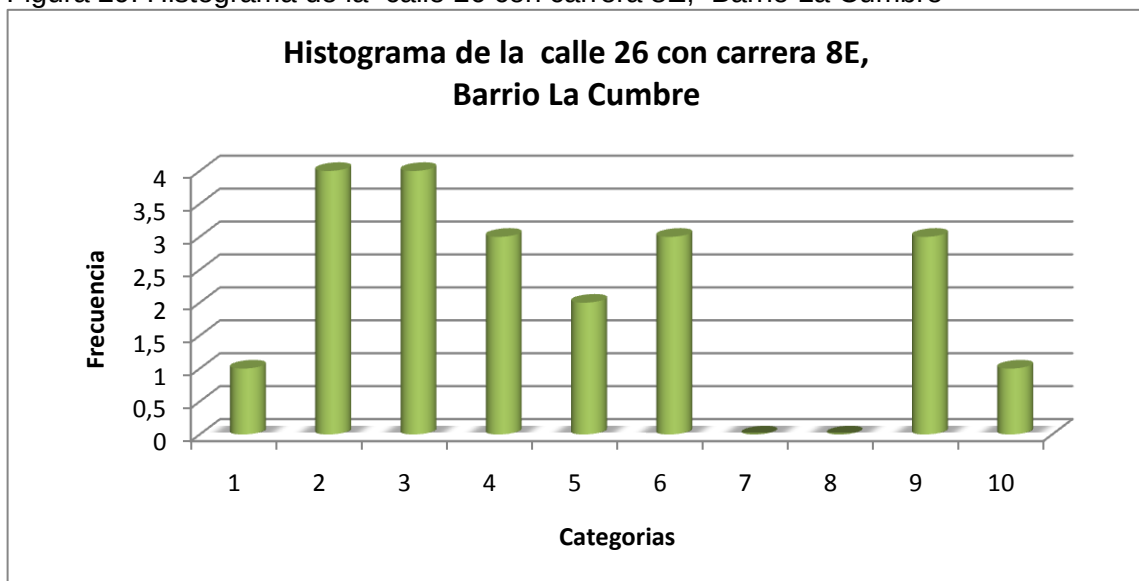
Fuente. Autor

Figura 28. Sondeos SPT de la carrera 26 con 8E, Barrio La Cumbre



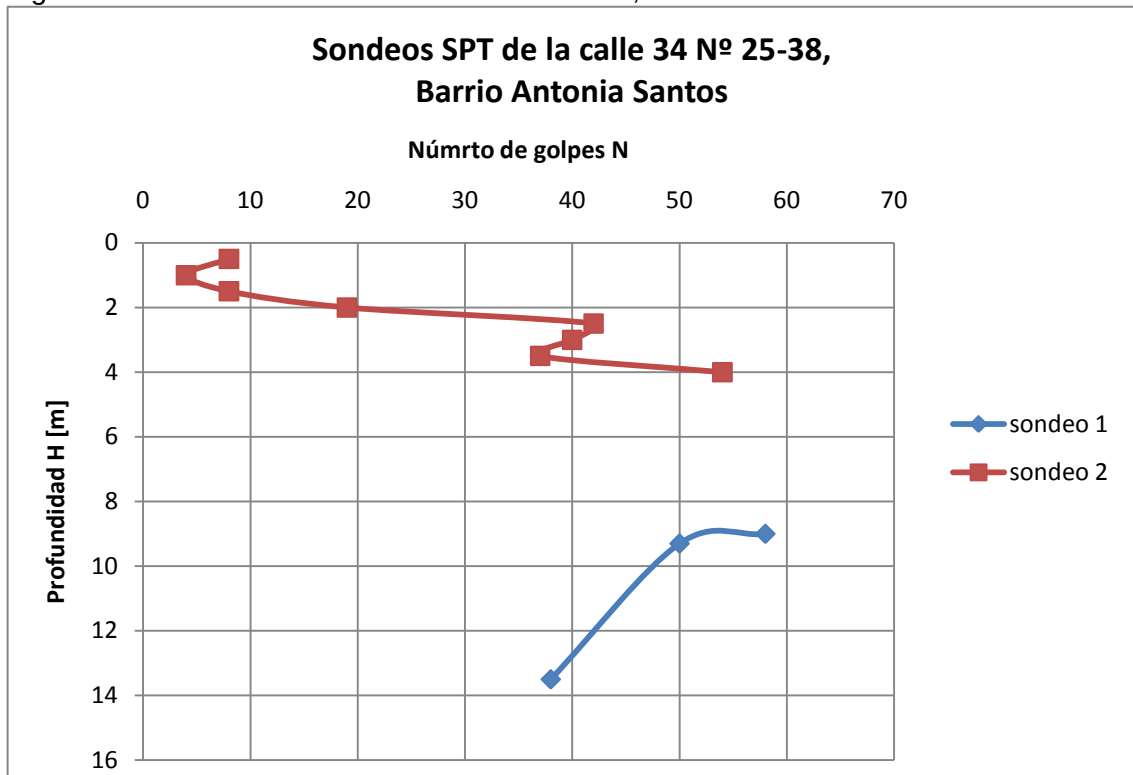
Fuente. Autor

Figura 29. Histograma de la calle 26 con carrera 8E, Barrio La Cumbre



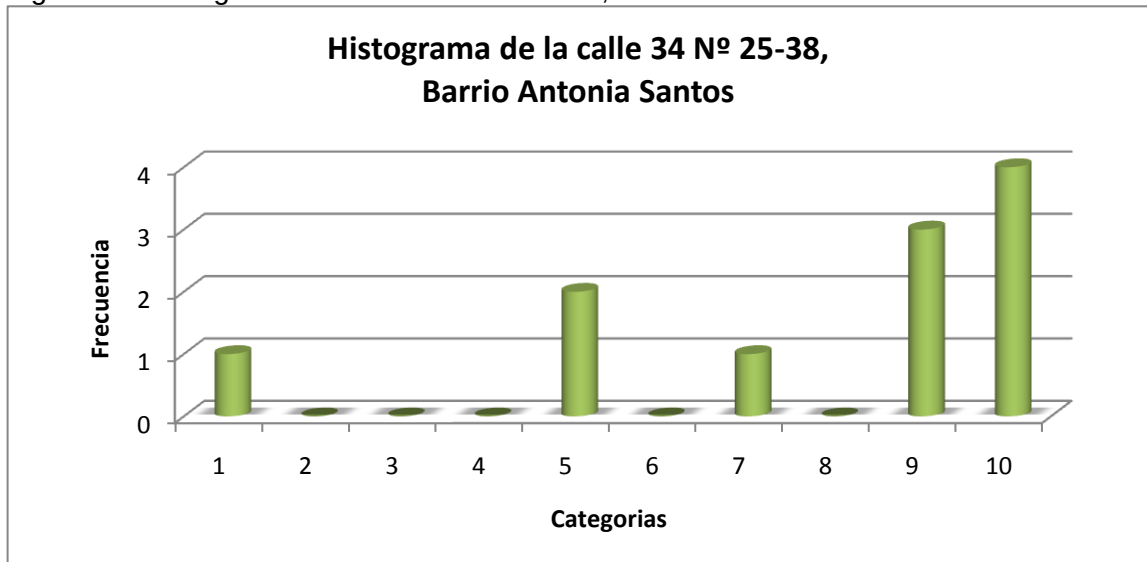
Fuente. Autor

Figura 30. Sondeos SPT de la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos



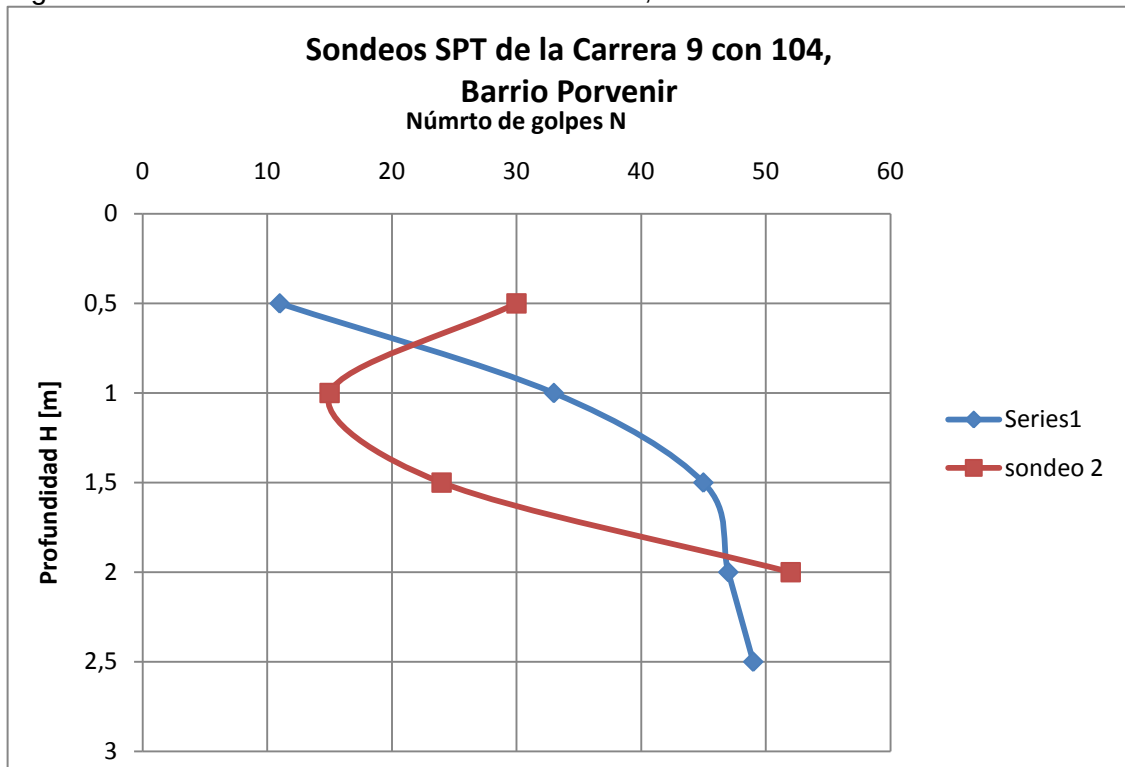
Fuente. Autor

Figura 31. Histograma de la calle 34 N° 25-38, Barrio Antonia Santos



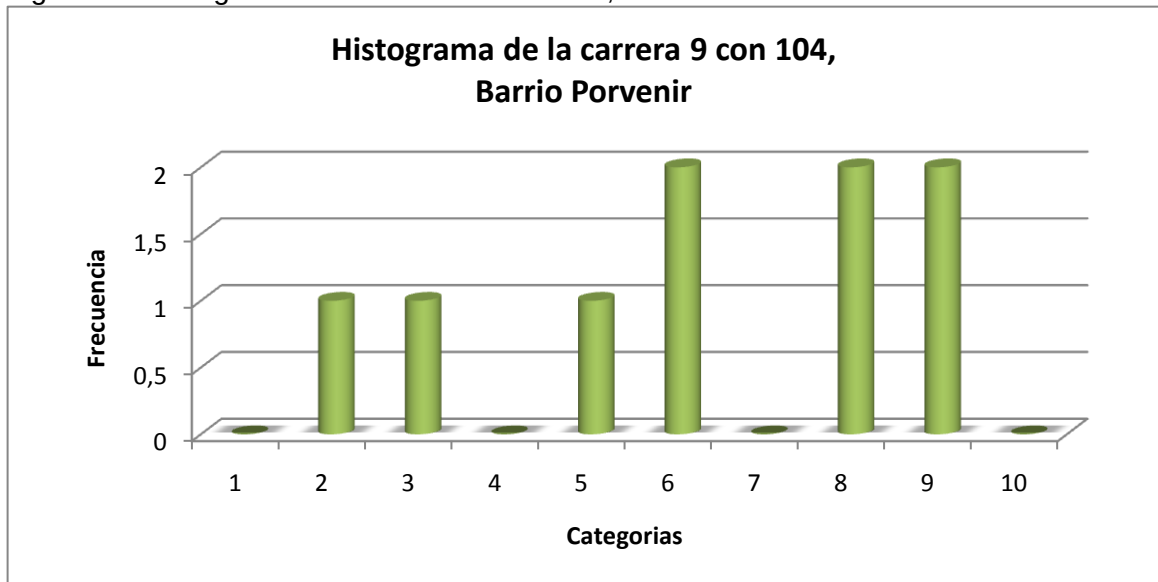
Fuente. Autor

Figura 32. Sondeos SPT de la Carrera 9 con 104, Barrio Porvenir



Fuente. Autor

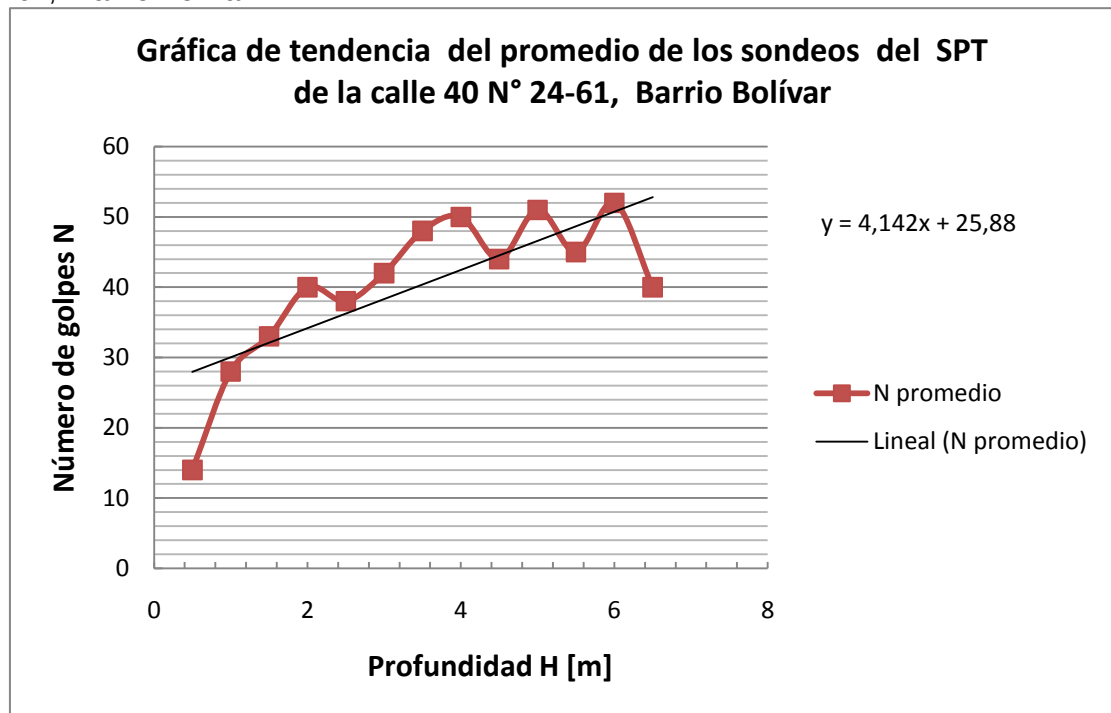
Figura 33. Histograma de la carrera 9 con 104, Barrio Porvenir



Fuente. Autor

Como se puede observar los histogramas de las distribuciones de los N en cada sitio donde fue tomado, los datos no obedecen a algún patrón de distribución conocida, por ende para corregir los valores de N, se procede a hacer una gráfica de número de golpes N vs. Profundidad H en metros, donde aparezca la línea recta de tendencia de los valores y a su vez su respectiva ecuación. A partir de esta ecuación calculamos nuestro nuevos N para ser asignados a las muestras y emplearse en el procesamiento de datos.

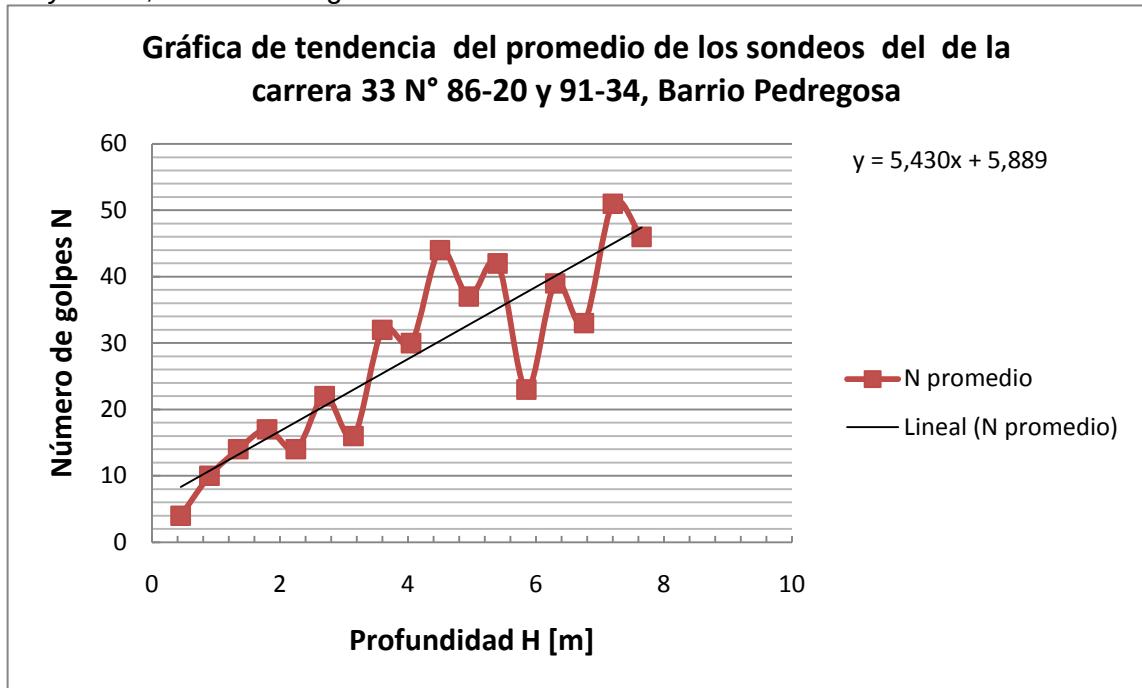
Figura 34. Gráfica de tendencia del promedio de los sondeos del SPT de la calle 40 N° 24-61, Barrio Bolívar



Fuente. Autor

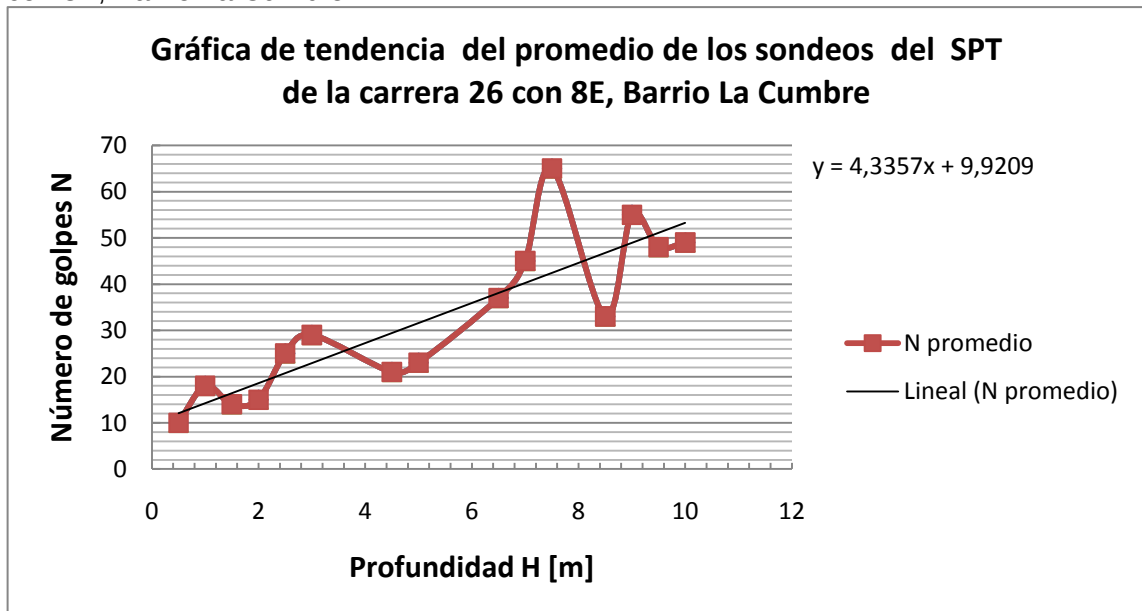
Como se muestra en la gráfica anterior, la ecuación $y = 4,142x + 25,88$ corresponde a la tendencia de los números de golpes en función de la profundidad, es decir, el y van a ser los valores de N corregidos. Las siguientes son las graficas de tendencias de los N de los otros sitios que se estudiaron:

Figura 35. Gráfica de tendencia del promedio de los sondeos del de la carrera 33 N° 86-20 y 91-34, Barrio Pedregosa



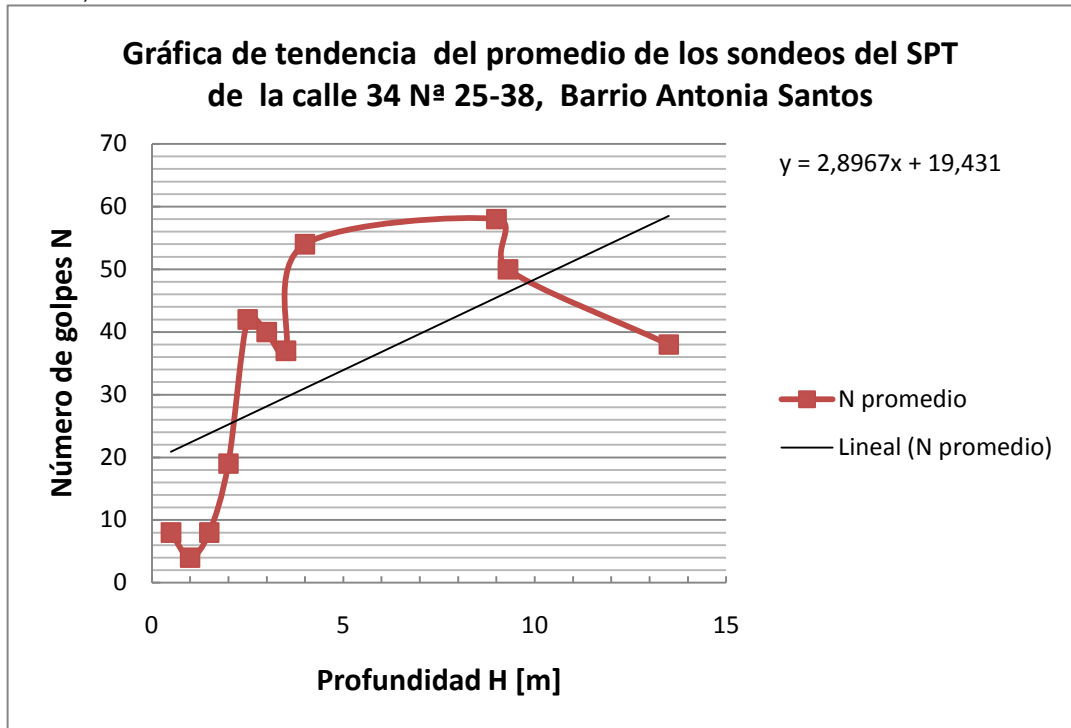
Fuente. Autor

Figura 36. Gráfica de tendencia del promedio de los sondeos del SPT de la carrera 26 con 8E, Barrio La Cumbre



Fuente. Autor

Figura 37. Gráfica de tendencia del promedio de los sondeos del SPT de la calle 34 Nª 25-38, Barrio Antonia Santos



Fuente. Autor

Conforme a los datos de refracción sísmica y Down Hole, reemplazamos las profundidades tomadas por estos ensayos en la anterior ecuación para así tener los valores de N corregido.

6. CONCLUSIONES

Las variables involucradas para estimar los valores de (V_s) se han hecho en base de la profundidad del suelo y los valores de golpe de N de los ensayos de penetración estándar de cinco estudios desarrollados en el Area Metropolitana de Bucaramanga. Solo se han tomado dichas variables ya que no se encontraron estudios que tuvieron una densidad de datos suficientes que tenga otras características del suelo como granulometría, ángulo de fricción, grado de saturación, entre otros que permitan correlacionar propiedades dinámicas con propiedades de resistencia y clasificación.

Las ecuaciones de V_s obtenidas en base a los parámetros de los estudios de suelos como son la profundidad H y el número de golpes N, es importante que estas se determinen para ser aplicadas por la comunidad ingenieril o por personas o entidades que requieran estimar el valor de la onda de corte en caso de no poseer ensayos de campo para la obtención de propiedades dinámicas de suelos y rocas que determine dichas velocidades. Estas ecuaciones son muy útiles ya que se encuentran en términos de N y H, que son variables muy comunes que se emplean para determinar algunas propiedades de los suelos de la Zona Metropolitana de Bucaramanga.

La tendencia de los valores de N en los sondeos realizados en La Cumbre no presenta una continuidad en el aumento del valor de N a medida que se avanza en profundidad, es decir, los valores de N van aumentando hasta que varían de forma drástica, cayendo a un valor mucho menor al anterior, debido a un cambio en las características geológicas y geomecánicas de los materiales. Se recomienda que al emplear las ecuaciones empíricas que correlacionan la V_s con el N del ensayo SPT, verificar para que tipo de ambientes geológicos y geotécnicos se desarrollaron, ya que se pueden encontrar un error alto de correlación.

Es importante tener en cuenta que la distribución geográfica de estos datos de los cuales se tuvieron acceso fue limitada y se seleccionaron las muestras de acuerdo al criterio del autor que pudiera satisfacer los intereses de este estudio, de la informaci recopilada, se realizó una ubicación espacial de los ensayos tomados para el estudio, mediante un sistema de información geográfico del area metropolitana de Bucaramanga, por medio del software Arc Gis, de la firma ESRI y se utilizó la plataforma de ofimática de Microsoft office Excel para la realziación de los análisis estadísticos para la determiancion de las ecuaciones empiricas realizadas.

Los datos adquiridos proviente de ensayos de refracciones sísmicas y ensayos Down Hole de estudios facilitados por ciertos los autores, ya que en las curadurías urbanas del área metropolitana no se obtuvo colaboración para el acceso a esta información, argumentandose por parte de algunos administradores de la información publica, que se violaria derechos de autor y no puede ser consultada sin permiso de los propietarios de los predios en donde se realizaron los respectivos ensayos geotécnicos y geo físicos. Desconociéndose el articulo 74 de la constitución politicay articulo 12 de la ley 57 de 1985 “todas las personas tienen derecho a acceder a los documentos públicos salvo los casos que establezca la ley en secreto profesional”, siendo violatorio la decisión tomada por estos administratodores de la información, ya que la información reservada esta especificado por la misma norma y los estudios geotécnicos que reposa en la curaduría es pública y no tienen ninguna reserva legal. La ley establece que todas las personas tienen derecho a consultar los documentos que reposen en las oficinas públicas y a que s eles expida copia de los mismos, salvo que tengan el carácter de reservado o hagan relación a la defensa o seguridad nacional.

Considerando los errores relativos determinados del análisis de sensibilidad del coeficiente de Poisson μ y del intervalo de valores que este puede tomar en un tipo de suelo particular como se muestra en el Anexo D, los errores relativos obtenidos de los valores que se obtiene la Vs cuando se emplea un $\mu_{\max}$, μ_{prom} y

$\mu_{\min}$ se observa que para los Miembros Gravosos el error relativo es mayor debido a la estructura del suelo que se encuentra compuesta por un material clasto soportado, estos materiales se caracterizan por ser suelos altamente heterogéneos con materiales finos y gravas densas de granulometrías variables. En cambio en los materiales de los Limos Rojos debido a su homogeneidad los errores relativos son bajos.

Se determinaron las ecuaciones empíricas para los Miembros Organos y Limos rojos de la Formación Bucaramanga, para los Miembros Gravosos y Finos no fue posible realizarlos por falta de datos de velocidades de onda. Se propone la ecuación de Antonia Santos para los El Miembro Limos Rojos (Qblr) con $V_s=15.14N^{0.98}$ con un coeficiente de determinación de $r^2=0.84$, siendo este, el más alto coeficiente obtenido de las ecuaciones de las correlaciones Vs-N, cuyos porcentajes de error se encuentran entre 0.1 - 68% comparando con los valores medidos in situ. También se propone para el Miembro Organos (Qbo) de la ecuación de La Cumbre con $V_s=24,95N^{1.02}$ un coeficiente de determinación de $r^2=0.74$, cuyo coeficiente de determinación es el mayor de las ecuaciones estimadas para la zona sismogeotécnica 4A y sus porcentajes de error se encuentra entre 1.67-67.2%. Estas ecuaciones son el inicio de una investigación, son un resultado parcial en el caso de iniciar una investigación más profunda; esta se encuentra abierta para que estas sean mejoradas.

Algo interesante del estudio del Barrio Bolivar, es que la ecuación de la correlación Vs con N es $V_s=120.78N^{0.32}$, presentando un coeficiente de determinación $r^2=0.71$, este valor es bajo a comparación de los coeficientes de determinación de las ecuaciones propuestas en este trabajo para los miembros Limos rojos, además esta ecuación obtuvo los valores de porcentaje de errores más bajos comparando el valor calculado de la ecuación con el valor medido, los valores de porcentaje de error obtenido están entre 0.55 y 10.57%, lo cual demuestra que la ecuación se ajusta mejor a los datos medidos en campo con mayor precisión a comparación de las demás ecuaciones.

Las gráficas de las ecuaciones obtenidas que se encuentran en la Figura 23 demuestran que para los sitios pertenecientes a las zonificación geotécnica 3A desarrollado por INGEOMINAS, en esta grafica la curva muestra una trayectoria logarítmica a diferencia de los sitios de la zonificación geotécnica 4A donde la trayectoria de la curva es ligeramente exponencial.

Se definieron los valores de onda Vs promedio para los Miembros Limos Rojos Gravosos, Finos y Órganos y de acuerdo a los datos postprocesados se obtuvieron los siguientes resultados presentados en la Tabla 19, que a continuación se cita nuevamente:

Vs (m/s) Formación Bucaramanga obtenidas			
Miembro	Vs-N	Vs-H	Vs-N y H
Limos Rojos (Qblr)	420	407	409
Gravoso (Qbg)	1282– 934 – 396	326 - 405 - 437 -	443 – 830
Finos (Qbf)		450	
Organos (Qbo)		567	

De acuerdo al estudio de Microzonificación Geotecnica realizado por INGEOMINAS (2001), se encontró que para todos los miembros analizados de la Formación Bucaramanga las velocidades de onda cortante obtenidas presentan valores mayores a los obtenidos en la fase de recopilación de este estudio.

Se recomienda a los consultores nacionales que emplean ecuaciones de otros autores, mencionados en el estado de arte, especialmente las de Imai (1972) y Otha y Goto(1978), que revisen o validen los resultados adquiridos al emplear estas ecuaciones empíricas con estudios de efectos locales, ya que al revisar estas ecuaciones y compararlas los valores de Vs calculados, con las ecuaciones obtenidas en este estudio, para el miembros Limos Rojos y Órganos su porcentaje de error es alto, como se visualiza en las siguientes tablas:

Tabla 21. Comparación y porcentajes de error de las Vs en el Miembro Limos Rojos

	N	Vs in situ	Vs Limos rojos / %Error	Vs Imai (1977) / %Error	Vs Ohta y Goto (1978)/ %Error
mínimo	25	350	355 1	269 23	262 25
medio	32	499	452 9	293 41	285 43
máximo	43	597	604 1	323 46	316 47

Fuente: Autor

Tabla 22. Comparación y porcentajes de error de las Vs en el Miembro Órganos

	N	Vs in situ	Vs Organos / %Error	Vs Imai (1977) / %Error	Vs Ohta y Goto (1978)/ %Error
mínimo	44	990	1184 20	326 67	318 68
medio	30	1052	801 24	286 73	279 74
máximo	57	1269	1542 22	355 72	348 73

Fuente: Autor

Se determino que las Vs calculadas por las ecuaciones postuladas en este trabajo son más precisas que la de los otros autores, ya que estos valores se acercan a Vs medidas in situ. Los porcentajes de error se muestran en las celdas que están sombreadas en rojo, donde los errores de las ecuaciones postuladas son menores a los demás autores. Esta observación debe ser revisada por la comunidad geotécnica que hace uso de estas ecuaciones, el hecho de que tengan un valor de determinación aceptables no garantiza su confiabilidad, ya que los valores de velocidad obtenidas de estas ecuaciones cambian drásticamente respecto a las velocidades medidas en campo, demostrando que el uso de una ecuación empírica debe ser de ámbito local para obtener resultados más fieles a la realidad. Esto se observa en el apéndice C del presente estudio, donde se evaluó las variables medidas in situ con las ecuaciones obtenidas con las de otros autores.

Se recomienda desarrollar una fase mas investigativa, por parte de la comunidad ingenieril y academica, con respecto a estudio, ya que este, es un periplo para el desarrollo de más investigaciones, con mayor número de datos que permitan obtener, mejores coeficientes de determinación.

BIBLIOGRAFÍA

ALFARO CASTILLO, José Andrés. Correlación entre el valor N del Ensayo de Penetración Estandar y Velocidad de Ondas de Corte para Arcillas en Bogotá – Colombia. En: Épsilon. Enero-junio, 2007. num. 008, p. 13-23.

Área Metropolitana de Bucaramanga. ("...") [en línea] s.f. [citado en 19 agosto de 2012] Jurisdicción. Localización. Disponible en World Wide Web:<<http://www.amb.gov.co/jurisdiccion.html>>

CASSAN, Maurice. Los Ensayos "in Situ" en la Mecánica Del Suelos. vol. 1, 156 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 926 (19, marzo, 2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10. Diario Oficial. Bogotá D.C. 2010. no. 47663. p. A-22 - A-23, H-1.

En: Vangaurdia Liberal, Bucaramanga. 30, julio, 1967. 8 p. Citado por SALCEDO HURTADO, Elkin de Jesús. Estudios de sismicidad histórica en la región de Bucaramanga, Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. Junio, 1999. vol 23, p. 244.

FERNANDO, Schnaid. In-situ Testing in Geomechanics: The Main Tests. Oxon: Taylor & Francis, 2009. p 18-20. ISBN 978-0-203-93133-2.

González, Luis et al. Ingeniería Geológica. España: Pearson Educación, 2012. p. 339-340. ISBN 84-205-3104-9.

INGEOMINAS, Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área metropolitana de Bucaramanga. Fase II. Convenio realizado entre la Gobernación de Santander e INGEOMINAS. Bogotá. Junio, 2001.

Medio país se sacudió con un temblor de 6.5 grados en la Escala de Richter. Nos salvamos de una tragedia. En: Vanguardia Liberal, Bucaramanga. 09, noviembre, 1999. 3 sec. p. 2B. ISSN 0122-7319

OHTA, Yukata. y GOTO, Noritoshi. Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes. En: Earthquake Engineering and Structural Dynamics- 1978. vol. 6, p. 167-187.

Reportan daños menores en Bucaramanga tras fuerte temblor [en línea]. Vanguardia Liberal.14, febrero, 2012. s.f. [citado en 1 junio de 2012] Disponible en World Wide Web: <http://www.vanguardia.com/santander/region/144937-reportan-danos-menores-en-bucaramanga-tras-fuerte-temblor>

Ríonegro. Municipio en el país. Santander [en línea] s.f. [citado en 10 agosto de 2012] Disponible en versión HTML <<http://rionegro-santander.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx-1-&x=1363665>>

SARRIA, Alberto. Ingeniería Sísmica.. Bogotá D.C.: Ecoe Ediciones, 1995. p 86-90. ISBN 958-9057-49-7.

SALCEDO HURTADO, Elkin de Jesús. Estudios de sismicidad histórica en la región de Bucaramanga, Colombia. En: Revista de la Académica Colombiana de Ciencias. Junio, 1999. vol 23, p. 234.

Servicio Geológico Colombiano. Terremoto de Quindío [en línea]. s.f.[citado en 25 de junio de 2012] Calendario de eventos. Sismo del 25 de enero de 1999. Disponible en versión HTML <http://seisan.ingeminas.gov.co/RSNC/index.php?option=com_jevents&task=icalrepeat.detail&evid=253&Itemid=0&year=2013&month=01&day=25&uid=c0f4c2eb856537df913ddd5afecd9f0e>

Bucaramanga, Colombia. En: Revista de la Académica Colombiana de Ciencias. Junio, 1999. vol 23, p. 244.

SRBULOV, Milutin. Ground Vibration Engineering: Simplified Analyses with Case Studies and Examples. Springer: 2010. (Serie Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering; vol. 12) ISBN 978-90-481-9081-2.

United States Geological Survey. Seismic Wave [online]. s.f. update, 18 july 2012 [cited 02 august 2012]. Earthquakes Hazards Program. Earthquake Glossary. Available from HTML: <<http://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=seismic%20wave>>

ANEXOS

Anexo A. Muestras empleadas para la estimación de las ecuaciones empíricas

A.1 Tabla de las muestra de la calle de la calle 40 N° 24-61, Barrio Bolívar

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
BOL-3A-001	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-002	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-003	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-004	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-005	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-006	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-007	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-008	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-009	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-010	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-011	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-012	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-013	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-014	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-015	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-016	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-017	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-018	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-019	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-020	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-021	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-022	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-023	0	-----	0	-----	----	-----
BOL-3A-024	0,322916	-0,490910436	362,4241703	2,559217153	28	1,447158031
BOL-3A-025	0,322916	-0,490910436	362,7965579	2,559663158	28	1,447158031
BOL-3A-026	0,322916	-0,490910436	356,6030335	2,552185033	28	1,447158031
BOL-3A-027	0,322916	-0,490910436	345,7534796	2,538766559	28	1,447158031
BOL-3A-028	0,322916	-0,490910436	339,1395494	2,530378439	28	1,447158031
BOL-3A-029	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-030	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-031	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-032	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-033	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
BOL-3A-034	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-035	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-036	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-037	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-038	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-039	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-040	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-041	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-042	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-043	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-044	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-045	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-046	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-047	0,968747	-0,013789629	394,3263108	2,595855756	30	1,477121255
BOL-3A-048	0,968747	-0,013789629	392,9008578	2,594282977	30	1,477121255
BOL-3A-049	0,968747	-0,013789629	386,5932952	2,587254318	30	1,477121255
BOL-3A-050	0,968747	-0,013789629	371,1834884	2,569588649	30	1,477121255
BOL-3A-051	0,968747	-0,013789629	351,9982744	2,546540534	30	1,477121255
BOL-3A-052	0,968747	-0,013789629	340,4259763	2,532022692	30	1,477121255
BOL-3A-053	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-054	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-055	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-056	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-057	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-058	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-059	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-060	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-061	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-062	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-063	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-064	0,968747	-0,013789629	338,0305921	2,528956006	30	1,477121255
BOL-3A-065	0,968747	-0,013789629	341,3267823	2,533170367	30	1,477121255
BOL-3A-066	0,968747	-0,013789629	352,1534549	2,546731953	30	1,477121255
BOL-3A-067	0,968747	-0,013789629	368,5344122	2,566478047	30	1,477121255
BOL-3A-068	0,968747	-0,013789629	379,3073746	2,578991286	30	1,477121255
BOL-3A-069	0,968747	-0,013789629	388,0064391	2,588838933	30	1,477121255
BOL-3A-070	1,614578	0,208059031	418,4382508	2,621631378	34	1,531478917
BOL-3A-071	1,614578	0,208059031	413,7176061	2,616704003	34	1,531478917
BOL-3A-072	1,614578	0,208059031	404,5523725	2,606974752	34	1,531478917

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
BOL-3A-073	1,614578	0,208059031	392,9526832	2,594340259	34	1,531478917
BOL-3A-074	1,614578	0,208059031	377,6797214	2,577123667	34	1,531478917
BOL-3A-075	1,614578	0,208059031	361,1226614	2,557654742	34	1,531478917
BOL-3A-076	1,614578	0,208059031	352,7093376	2,547416957	34	1,531478917
BOL-3A-077	1,614578	0,208059031	355,6643752	2,551040367	34	1,531478917
BOL-3A-078	1,614578	0,208059031	362,4228394	2,559215559	34	1,531478917
BOL-3A-079	1,614578	0,208059031	364,9887441	2,562279471	34	1,531478917
BOL-3A-080	1,614578	0,208059031	360,8412824	2,557316218	34	1,531478917
BOL-3A-081	1,614578	0,208059031	352,4004192	2,547036416	34	1,531478917
BOL-3A-082	1,614578	0,208059031	344,3073996	2,536946356	34	1,531478917
BOL-3A-083	1,614578	0,208059031	339,5739277	2,530934338	34	1,531478917
BOL-3A-084	1,614578	0,208059031	337,9609869	2,52886657	34	1,531478917
BOL-3A-085	1,614578	0,208059031	337,7155748	2,52855109	34	1,531478917
BOL-3A-086	1,614578	0,208059031	338,9347247	2,530116066	34	1,531478917
BOL-3A-087	1,614578	0,208059031	346,0331953	2,539117763	34	1,531478917
BOL-3A-088	1,614578	0,208059031	362,2359066	2,558991498	34	1,531478917
BOL-3A-089	1,614578	0,208059031	380,4443142	2,580291098	34	1,531478917
BOL-3A-090	1,614578	0,208059031	390,5513844	2,591678182	34	1,531478917
BOL-3A-091	1,614578	0,208059031	392,773365	2,594142029	34	1,531478917
BOL-3A-092	1,614578	0,208059031	392,773365	2,594142029	34	1,531478917
BOL-3A-093	2,260409	0,354187028	421,3199498	2,624612024	38	1,579783597
BOL-3A-094	2,260409	0,354187028	421,0965316	2,624381664	38	1,579783597
BOL-3A-095	2,260409	0,354187028	419,6806894	2,622918987	38	1,579783597
BOL-3A-096	2,260409	0,354187028	415,8589653	2,618946069	38	1,579783597
BOL-3A-097	2,260409	0,354187028	410,0518382	2,612838763	38	1,579783597
BOL-3A-098	2,260409	0,354187028	404,4830997	2,60690038	38	1,579783597
BOL-3A-099	2,260409	0,354187028	400,9012799	2,603037443	38	1,579783597
BOL-3A-100	2,260409	0,354187028	399,3834135	2,601390025	38	1,579783597
BOL-3A-101	2,260409	0,354187028	399,0922754	2,601073322	38	1,579783597
BOL-3A-102	2,260409	0,354187028	399,1047329	2,601086878	38	1,579783597
BOL-3A-103	2,260409	0,354187028	398,7530082	2,600703972	38	1,579783597
BOL-3A-104	2,260409	0,354187028	397,5209575	2,59936003	38	1,579783597
BOL-3A-105	2,260409	0,354187028	395,0212576	2,596620467	38	1,579783597
BOL-3A-106	2,260409	0,354187028	391,7977412	2,593061928	38	1,579783597
BOL-3A-107	2,260409	0,354187028	389,2208948	2,590196147	38	1,579783597
BOL-3A-108	2,260409	0,354187028	388,0692435	2,588909224	38	1,579783597
BOL-3A-109	2,260409	0,354187028	388,8145366	2,589742493	38	1,579783597
BOL-3A-110	2,260409	0,354187028	392,3415368	2,593664289	38	1,579783597
BOL-3A-111	2,260409	0,354187028	398,4668607	2,600392208	38	1,579783597

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
BOL-3A-112	2,260409	0,354187028	405,4505539	2,607937898	38	1,579783597
BOL-3A-113	2,260409	0,354187028	411,4326003	2,614298701	38	1,579783597
BOL-3A-114	2,260409	0,354187028	414,6103901	2,617640181	38	1,579783597
BOL-3A-115	2,260409	0,354187028	417,6214672	2,620782815	42	1,62324929
BOL-3A-116	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-117	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-118	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-119	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-120	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-121	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-122	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-123	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-124	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-125	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-126	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-127	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-128	3,810404	0,580971024	417,2065746	2,620351144	42	1,62324929
BOL-3A-129	3,810404	0,580971024	416,5960587	2,619715157	42	1,62324929
BOL-3A-130	3,810404	0,580971024	415,3574523	2,618422007	42	1,62324929
BOL-3A-131	3,810404	0,580971024	414,3277328	2,617344004	42	1,62324929
BOL-3A-132	3,810404	0,580971024	414,6051638	2,617634707	42	1,62324929
BOL-3A-133	3,810404	0,580971024	415,9057593	2,618994934	42	1,62324929
BOL-3A-134	3,810404	0,580971024	416,9550306	2,620089218	42	1,62324929
BOL-3A-135	3,810404	0,580971024	417,2947069	2,620442876	42	1,62324929
BOL-3A-136	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-137	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-138	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-139	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-140	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-141	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-142	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-143	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-144	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-145	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-146	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-147	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-148	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-149	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
BOL-3A-150	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-151	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-152	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-153	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-154	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-155	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-156	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-157	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-158	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-159	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-160	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-161	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-162	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-163	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-164	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-165	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-166	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-167	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-168	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-169	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-170	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-171	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-172	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-173	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-174	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-175	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-176	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-177	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-178	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-179	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-180	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-181	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-182	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-183	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-184	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-185	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-186	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
BOL-3A-226	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-227	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-228	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-229	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-230	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----

A.2 Tabla de las muestra de la carrera 33 N° 86-20 y N°91-34, Barrio Pedregosa

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
PED-4A-001	0	-----	-----	2.496109359	-----	-----
PED-4A-002	0	-----	-----	2.477121272	-----	-----
PED-4A-003	0	-----	-----	2.477121272	-----	-----
PED-4A-004	0	-----	-----	2.477121272	-----	-----
PED-4A-005	0	-----	-----	2.500774466	-----	-----
PED-4A-006	0	-----	-----	2.502877921	-----	-----
PED-4A-007	0	-----	-----	2.577052122	-----	-----
PED-4A-008	0	-----	-----	2.531270756	-----	-----
PED-4A-009	0	-----	-----	2.536801597	-----	-----
PED-4A-010	0	-----	-----	2.510912334	-----	-----
PED-4A-011	0	-----	-----	2.498275583	-----	-----
PED-4A-012	0	-----	-----	2.528846426	-----	-----
PED-4A-013	0	-----	-----	2.483230633	-----	-----
PED-4A-014	0	-----	-----	2.652118709	-----	-----
PED-4A-015	0	-----	-----	2.509056978	-----	-----
PED-4A-016	0	-----	-----	2.493369433	-----	-----
PED-4A-017	0	-----	-----	2.495188188	-----	-----
PED-4A-018	0	-----	-----	2.627393049	-----	-----
PED-4A-019	0	-----	-----	2.496826519	-----	-----
PED-4A-020	0	-----	-----	2.496980442	-----	-----
PED-4A-021	0	-----	-----	2.644791766	-----	-----
PED-4A-022	0	-----	-----	2.540812278	-----	-----
PED-4A-023	0	-----	-----	2.495893112	-----	-----
PED-4A-024	0	-----	-----	2.505357654	-----	-----
PED-4A-025	0.704153	-0.152332966	186,0521093	2.477121272	10	1
PED-4A-026	0.717339	-0.144275557	196,499426	2.50084796	10	1
PED-4A-027	0.718071	-0.143832612	197,4360328	2.50291309	10	1

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
PED-4A-028	0.718313	-0.143686274	186,0521093	2.477121272	10	1
PED-4A-029	0.719045	-0.143243929	186,0521093	2.477121272	10	1
PED-4A-030	0.721289	-0.141890691	194,3733894	2.496123482	10	1
PED-4A-031	0.725427	-0.139406284	194,821094	2.497122652	10	1
PED-4A-032	0.730781	-0.136212753	188,6892459	2.483233823	10	1
PED-4A-033	0.731411	-0.135838512	293,0032621	2.674359129	10	1
PED-4A-034	0.742214	-0.129470858	194,3843684	2.496148012	10	1
PED-4A-035	0.752148	-0.123696695	286,3941562	2.664450826	10	1
PED-4A-036	0.755212	-0.121931118	194,87863	2.497250892	10	1
PED-4A-037	0.770339	-0.113318115	268,8258752	2.636957742	10	1
PED-4A-038	0.773557	-0.11150768	249,3259578	2.60425417	10	1
PED-4A-039	0.775647	-0.110335883	193,5368291	2.494250295	10	1
PED-4A-040	0.776123	-0.110069446	231,6131062	2.572249805	10	1
PED-4A-041	0.776379	-0.10992622	194,2447133	2.495835882	10	1
PED-4A-042	0.777158	-0.109490678	218,2023603	2.546346118	10	1
PED-4A-043	0.784756	-0.105265355	219,8977712	2.549707502	10	1
PED-4A-044	0.787671	-0.103655144	210,0239508	2.529755498	10	1
PED-4A-045	0.788054	-0.103444022	199,2728539	2.506934815	10	1
PED-4A-046	0.79248	-0.101011689	214,8466936	2.539615348	10	1
PED-4A-047	0.793213	-0.100610177	206,2474721	2.521875308	10	1
PED-4A-048	0.796082	-0.099042196	211,5440536	2.532887496	10	1
PED-4A-049	2.112478	0.324792195	186,0521093	2.477121272	17	1.230448921
PED-4A-050	2.152031	0.332848523	200,8702321	2.510402255	18	1.255272505
PED-4A-051	2.154229	0.333291868	200,1751563	2.50889685	18	1.255272505
PED-4A-052	2.15502	0.333451305	186,0521093	2.477121272	18	1.255272505
PED-4A-053	2.157156	0.333881553	186,0521093	2.477121272	18	1.255272505
PED-4A-054	2.163855	0.335228155	195,5357059	2.498712748	18	1.255272505
PED-4A-055	2.176172	0.337693218	200,2327481	2.509021782	18	1.255272505
PED-4A-056	2.192268	0.340893645	188,938983	2.483808247	18	1.255272505
PED-4A-057	2.194241	0.341284326	293,6234283	2.675277379	18	1.255272505
PED-4A-058	2.226528	0.347628161	200,4192195	2.50942604	18	1.255272505
PED-4A-059	2.25636	0.353408392	288,3978567	2.667478703	18	1.255272505
PED-4A-060	2.265649	0.355192629	202,4527323	2.513810316	18	1.255272505
PED-4A-061	2.31105	0.363809342	274,6470119	2.646261552	18	1.255272505
PED-4A-062	2.320676	0.365614511	261,543577	2.625030733	18	1.255272505
PED-4A-063	2.326917	0.366780892	206,8790229	2.52320313	19	1.278753601
PED-4A-064	2.32843	0.367063186	255,1752622	2.614325244	19	1.278753601
PED-4A-065	2.329114	0.367190746	205,1116042	2.519476905	19	1.278753601
PED-4A-066	2.331418	0.367620145	254,095471	2.612483598	19	1.278753601

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
PED-4A-067	2.354214	0.371845938	240,066038	2.587817399	19	1.278753601
PED-4A-068	2.363049	0.373472727	257,8643539	2.618877985	19	1.278753601
PED-4A-069	2.364165	0.373677784	209,7949511	2.529281706	19	1.278753601
PED-4A-070	2.377502	0.376120891	253,4737897	2.611419732	19	1.278753601
PED-4A-071	2.379639	0.376511078	255,5512909	2.614964753	19	1.278753601
PED-4A-072	2.388245	0.378078877	221,1509661	2.552175515	19	1.278753601
PED-4A-073	3.520803	0.546641726	190,3365829	2.487008942	25	1.397940009
PED-4A-074	3.586724	0.554697959	217,8685648	2.545681247	25	1.397940009
PED-4A-075	3.590325	0.555133763	215,9192033	2.541777943	25	1.397940009
PED-4A-076	3.591726	0.555303198	193,2197231	2.493538129	25	1.397940009
PED-4A-077	3.595327	0.555738396	191,3957849	2.489419043	25	1.397940009
PED-4A-078	3.606421	0.557076423	208,0562545	2.52566745	25	1.397940009
PED-4A-079	3.626917	0.559537617	217,6103072	2.545166136	26	1.414973348
PED-4A-080	3.653755	0.562739423	198,4583432	2.505156035	26	1.414973348
PED-4A-081	3.65707	0.563133273	301,3178152	2.686511484	26	1.414973348
PED-4A-082	3.710842	0.569472463	219,2343008	2.548395178	26	1.414973348
PED-4A-083	3.760632	0.575260837	301,9372781	2.68740341	26	1.414973348
PED-4A-084	3.776025	0.577034861	224,8587085	2.559396386	26	1.414973348
PED-4A-085	3.851699	0.585652341	302,1623224	2.687726984	27	1.431363764
PED-4A-086	3.867795	0.587463448	300,6788893	2.685589611	27	1.431363764
PED-4A-087	3.878186	0.588628634	242,2508683	2.591752016	27	1.431363764
PED-4A-088	3.880737	0.588914211	300,4603878	2.685273898	27	1.431363764
PED-4A-089	3.881787	0.589031701	233,6381909	2.576030509	27	1.431363764
PED-4A-090	3.88574	0.589473738	297,7609833	2.681354464	27	1.431363764
PED-4A-091	3.923733	0.593699447	283,9287048	2.660695975	27	1.431363764
PED-4A-092	3.938428	0.59532291	306,3759523	2.693741348	27	1.431363764
PED-4A-093	3.940276	0.595526643	248,912132	2.603532739	27	1.431363764
PED-4A-094	3.962463	0.59796522	304,7095599	2.691372754	27	1.431363764
PED-4A-095	3.966064	0.598359718	309,6129053	2.698305729	27	1.431363764
PED-4A-096	3.980408	0.59992759	262,8439212	2.627184611	27	1.431363764
PED-4A-097	4.929067	0.692764721	192,1617782	2.491153683	33	1.51851394
PED-4A-098	5.021477	0.700831478	246,515843	2.59933151	33	1.51851394
PED-4A-099	5.026482	0.701264132	230,9646439	2.571032177	33	1.51851394
PED-4A-100	5.028433	0.701432668	195,9325091	2.499593174	33	1.51851394
PED-4A-101	5.033437	0.701864637	193,1789132	2.493446393	33	1.51851394
PED-4A-102	5.048987	0.703204252	213,5205105	2.536926273	33	1.51851394
PED-4A-103	5.077722	0.70566892	256,4346675	2.616463411	33	1.51851394
PED-4A-104	5.115303	0.708871364	201,8520842	2.512519912	34	1.531478917

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
PED-4A-105	5.119839	0.709256304	343,9843232	2.744025324	34	1.531478917
PED-4A-106	5.195217	0.715603692	263,0993881	2.627606512	34	1.531478917
PED-4A-107	5.264844	0.721385507	345,1799269	2.745532206	34	1.531478917
PED-4A-108	5.286401	0.723160103	269,8457092	2.638602191	35	1.544068044
PED-4A-109	5.39241	0.731782905	348,4741945	2.749657297	35	1.544068044
PED-4A-110	5.414915	0.733591644	351,2059988	2.753048599	35	1.544068044
PED-4A-111	5.429517	0.734761197	291,0341059	2.67143056	35	1.544068044
PED-4A-112	5.433044	0.735043222	350,1873852	2.751787171	35	1.544068044
PED-4A-113	5.434521	0.735161271	279,5487865	2.653944285	35	1.544068044
PED-4A-114	5.44	0.7355989	315,3014849	2.70621269	35	1.544068044
PED-4A-115	5.493191	0.7398247	309,4814936	2.698121358	36	1.556302501
PED-4A-116	5.513745	0.741446677	324,3751554	2.718534257	36	1.556302501
PED-4A-117	5.516326	0.741649924	300,2526061	2.68497346	36	1.556302501
PED-4A-118	5.547485	0.744096137	344,734311	2.744971184	36	1.556302501
PED-4A-119	5.55249	0.744487785	335,3315392	2.732961076	36	1.556302501
PED-4A-120	5.572571	0.746055611	305,5848041	2.692618428	36	1.556302501
PED-4A-121	8.309011	0.919549334	267,5144044	2.634833846	51	1.707570176
PED-4A-122	8.464775	0.927615419	368,6436446	2.774093425	52	1.716003344
PED-4A-123	8.473198	0.928047355	330,7770898	2.727022096	52	1.716003344
PED-4A-124	8.476492	0.928216156	271,1981933	2.640773466	52	1.716003344
PED-4A-125	8.484976	0.928650618	267,5144044	2.634833846	52	1.716003344
PED-4A-126	8.511145	0.929987989	303,3218481	2.689390367	52	1.716003344
PED-4A-127	8.559595	0.932453216	400,2567173	2.809825303	52	1.716003344
PED-4A-128	8.622932	0.935654961	283,6816846	2.660317971	53	1.72427587
PED-4A-129	8.630581	0.936040033	344,5938801	2.744794234	53	1.72427587
PED-4A-130	8.757595	0.942384857	409,7546746	2.820010591	53	1.72427587
PED-4A-131	8.875012	0.948168949	345,792145	2.746301798	54	1.73239376
PED-4A-132	8.91134	0.949943014	406,9457238	2.817023163	54	1.73239376
PED-4A-133	9.090042	0.95856589	348,4741945	2.749657297	55	1.740362689
PED-4A-134	9.127988	0.96037506	351,2059988	2.753048599	55	1.740362689
PED-4A-135	9.1526	0.961544483	398,1619715	2.807546452	56	1.748188027
PED-4A-136	9.158569	0.961827622	350,1873852	2.751787171	56	1.748188027
PED-4A-137	9.161023	0.961943973	402,6543192	2.812419036	56	1.748188027
PED-4A-138	9.170286	0.962382881	380,8260168	2.788213284	56	1.748188027
PED-4A-139	9.259915	0.966607	386,8900893	2.795074279	56	1.748188027
PED-4A-140	9.294629	0.968232059	372,5571904	2.778679624	56	1.748188027
PED-4A-141	9.298918	0.968432418	394,4363563	2.803463612	56	1.748188027

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
PED-4A-142	9.35144	0.970878492	352,6642032	2.754848053	57	1.755874856
PED-4A-143	9.359924	0.971272322	361,8876568	2.766060444	57	1.755874856
PED-4A-144	9.393738	0.972838443	391,1330323	2.799811169	57	1.755874856
PED-4A-145	11.688955	1.067775687	302,0086582	2.687506068	-----	-----
PED-4A-146	11.908074	1.075841525	378,1257069	2.785122878	-----	-----
PED-4A-147	11.919976	1.076275381	352,5619577	2.754722123	-----	-----
PED-4A-148	11.924551	1.076442035	304,1547302	2.690581249	-----	-----
PED-4A-149	11.936453	1.076875292	302,0086582	2.687506068	-----	-----
PED-4A-150	11.973364	1.078216186	330,4727923	2.726622384	-----	-----
PED-4A-151	12.041406	1.0806772	400,2567173	2.809825303	-----	-----
PED-4A-152	12.130562	1.083880922	313,4401744	2.703641334	-----	-----
PED-4A-153	12.141323	1.084266013	350,0070685	2.751563489	-----	-----
PED-4A-154	12.320034	1.090611906	409,7546746	2.820010591	-----	-----
PED-4A-155	12.485242	1.096396965	350,0070685	2.751563489	-----	-----
PED-4A-156	12.53634	1.098170762	406,9457238	2.817023163	-----	-----
PED-4A-157	12.787673	1.106791522	350,0070685	2.751563489	-----	-----
PED-4A-158	12.841062	1.108600943	351,2059988	2.753048599	-----	-----
PED-4A-159	12.875684	1.10977031	398,1619715	2.807546452	-----	-----
PED-4A-160	12.884094	1.110053885	350,1873852	2.751787171	-----	-----
PED-4A-161	12.887524	1.110169487	402,6543192	2.812419036	-----	-----
PED-4A-162	12.900571	1.110608933	380,8260168	2.788213284	-----	-----
PED-4A-163	13.026638	1.114832345	386,8900893	2.795074279	-----	-----
PED-4A-164	13.075452	1.116456711	372,5571904	2.778679624	-----	-----
PED-4A-165	13.081572	1.116659936	394,4363563	2.803463612	-----	-----
PED-4A-166	13.155396	1.119103926	352,6642032	2.754848053	-----	-----
PED-4A-167	13.167297	1.119496632	361,8876568	2.766060444	-----	-----
PED-4A-168	13.214966	1.12106605	391,1330323	2.799811169	-----	-----
PED-4A-169	15.068899	1.178081522	384,2746513	2.792128411	-----	-----
PED-4A-170	15.351372	1.186147196	395,0615125	2.804151396	-----	-----
PED-4A-171	15.366692	1.186580387	392,0435973	2.80082104	-----	-----
PED-4A-172	15.37261	1.186747609	384,2746513	2.792128411	-----	-----
PED-4A-173	15.387991	1.187181924	384,2746513	2.792128411	-----	-----
PED-4A-174	15.435522	1.188521321	390,6450176	2.799268964	-----	-----
PED-4A-175	15.523218	1.190981757	404,7926098	2.814719249	-----	-----
PED-4A-176	15.638191	1.194186513	386,3980819	2.794521636	-----	-----
PED-4A-177	15.652065	1.194571643	378,7304208	2.785816864	-----	-----
PED-4A-178	15.882412	1.200916458	409,7546746	2.820010591	-----	-----
PED-4A-179	16.09541	1.206702044	378,7304208	2.785816864	-----	-----
PED-4A-180	16.161279	1.208475728	406,9457238	2.817023163	-----	-----

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
PED-4A-181	16.485305	1.217096987	378,7304208	2.785816864	-----	-----
PED-4A-182	16.554136	1.218906519	378,7304208	2.785816864	-----	-----
PED-4A-183	16.598767	1.220075829	398,1619715	2.807546452	-----	-----
PED-4A-184	16.609619	1.22035967	378,7304208	2.785816864	-----	-----
PED-4A-185	16.614087	1.22047648	402,6543192	2.812419036	-----	-----
PED-4A-186	16.630918	1.220916222	380,8260168	2.788213284	-----	-----
PED-4A-187	16.793423	1.225139227	386,8900893	2.795074279	-----	-----
PED-4A-188	16.856274	1.226761582	378,7304208	2.785816864	-----	-----
PED-4A-189	16.864165	1.226964843	394,4363563	2.803463612	-----	-----
PED-4A-190	16.959412	1.229410791	378,7304208	2.785816864	-----	-----
PED-4A-191	16.974731	1.229802901	378,7304208	2.785816864	-----	-----
PED-4A-192	17.036133	1.231371022	391,1330323	2.799811169	-----	-----
PED-4A-193	18.448904	1.265970571	771,1801922	3.09464254	-----	-----
PED-4A-194	18.794609	1.274033295	773,3918221	3.095886249	-----	-----
PED-4A-195	18.813408	1.274467474	772,0444396	3.095128973	-----	-----
PED-4A-196	18.82073	1.274636464	771,1801922	3.09464254	-----	-----
PED-4A-197	18.839468	1.275068635	771,1801922	3.09464254	-----	-----
PED-4A-198	18.897681	1.276408514	771,5664047	3.094859983	-----	-----
PED-4A-199	19.00509	1.278869931	780,9676981	3.100119745	-----	-----
PED-4A-200	19.14582	1.282073972	771,1801922	3.09464254	-----	-----
PED-4A-201	19.162808	1.282459148	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-202	19.44479	1.288803257	799,5764395	3.110346663	-----	-----
PED-4A-203	19.705579	1.2945892	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-204	19.786218	1.29636279	821,7682945	3.122236055	-----	-----
PED-4A-205	20.182937	1.304984365	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-206	20.267209	1.306793946	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-207	20.32179	1.307961959	816,5000097	3.119442868	-----	-----
PED-4A-208	20.335144	1.308247252	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-209	20.340588	1.308363503	827,4096324	3.125207246	-----	-----
PED-4A-210	20.361204	1.308803455	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-211	20.560146	1.313026194	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-212	20.637158	1.314649889	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-213	20.646819	1.314853151	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-214	20.763367	1.31729778	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-215	20.782166	1.317690809	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-216	20.8573	1.319258088	809,8525517	3.115892629	-----	-----
PED-4A-217	21.828848	1.339030817	986,3578359	3.201521173	-----	-----
PED-4A-218	22.237908	1.347093929	986,4047074	3.20154181	-----	-----
PED-4A-219	22.260125	1.347527599	986,3578359	3.201521173	-----	-----

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
PED-4A-220	22.268789	1.3476966	986,3578359	3.201521173	-----	-----
PED-4A-221	22.291006	1.348129669	986,3578359	3.201521173	-----	-----
PED-4A-222	22.3599	1.349469857	986,3578359	3.201521173	-----	-----
PED-4A-223	22.486963	1.351930805	985,355856	3.201079776	-----	-----
PED-4A-224	22.653389	1.355133183	986,3578359	3.201521173	-----	-----
PED-4A-225	22.67355	1.355519523	1083,800404	3.242435983	-----	-----
PED-4A-226	23.007229	1.361864315	983,2788535	3.200163373	-----	-----
PED-4A-227	23.315808	1.36765047	1083,800404	3.242435983	-----	-----
PED-4A-228	23.411218	1.369424009	985,769497	3.201262049	-----	-----
PED-4A-229	23.880569	1.37804467	1083,800404	3.242435983	-----	-----
PED-4A-230	23.980283	1.379854304	1083,800404	3.242435983	-----	-----
PED-4A-231	24.044873	1.381022488	1014,745729	3.213843906	-----	-----
PED-4A-232	24.060669	1.381307699	1083,512962	3.242320785	-----	-----
PED-4A-233	24.06709	1.381423582	997,3573577	3.20633747	-----	-----
PED-4A-234	24.091489	1.381863643	1068,729162	3.236354334	-----	-----
PED-4A-235	24.32687	1.386086234	1059,465675	3.232573565	-----	-----
PED-4A-236	24.418042	1.387710836	1075,335883	3.239030812	-----	-----
PED-4A-237	24.429412	1.387913014	1032,257786	3.221274841	-----	-----
PED-4A-238	24.567322	1.390357818	1082,311592	3.241838984	-----	-----
PED-4A-239	24.589539	1.390750387	1079,708944	3.240793373	-----	-----
PED-4A-240	24.678467	1.392318178	1047,311211	3.227562426	-----	-----

A.3 Tabla de las muestra de la carrera 26 con 8E, Barrio La Cumbre

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
CUM-4A-001	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-002	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-003	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-004	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-005	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-006	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-007	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-008	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-009	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-010	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-011	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----
CUM-4A-012	0	-----	-----	2.657217492	-----	-----

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
CUM-4A-013	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-014	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-015	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-016	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-017	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-018	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-019	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-020	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-021	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-022	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-023	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-024	0	-----	-----	2.657217492	----	-----
CUM-4A-025	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-026	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-027	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-028	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-029	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-030	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-031	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-032	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-033	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-034	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-035	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-036	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-037	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-038	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-039	0.65625	-0.182930684	279,0781454	2.653212502	13	1.113943352
CUM-4A-040	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-041	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-042	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-043	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-044	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-045	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-046	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-047	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-048	0.65625	-0.182930684	281,66366	2.657217492	13	1.113943352
CUM-4A-049	1.96875	0.294190571	721,681233	3.065832086	18	1.255272505
CUM-4A-050	1.96875	0.294190571	711,339175	3.059563401	18	1.255272505

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
CUM-4A-051	1.96875	0.294190571	686,449745	3.044095422	18	1.255272505
CUM-4A-052	1.96875	0.294190571	650,671319	3.020848338	18	1.255272505
CUM-4A-053	1.96875	0.294190571	609,912900	2.992754494	18	1.255272505
CUM-4A-054	1.96875	0.294190571	567,068201	2.961121969	18	1.255272505
CUM-4A-055	1.96875	0.294190571	523,603965	2.926489601	18	1.255272505
CUM-4A-056	1.96875	0.294190571	480,342482	2.889037672	18	1.255272505
CUM-4A-057	1.96875	0.294190571	435,145463	2.846121134	18	1.255272505
CUM-4A-058	1.96875	0.294190571	385,86338	2.793920238	18	1.255272505
CUM-4A-059	1.96875	0.294190571	337,678979	2.7359907	18	1.255272505
CUM-4A-060	1.96875	0.294190571	302,402263	2.688071712	18	1.255272505
CUM-4A-061	1.96875	0.294190571	285,936027	2.663755554	18	1.255272505
CUM-4A-062	1.96875	0.294190571	281,959474	2.657673366	18	1.255272505
CUM-4A-063	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-064	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-065	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-066	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-067	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-068	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-069	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-070	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-071	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-072	1.96875	0.294190571	281,66366	2.657217492	18	1.255272505
CUM-4A-073	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-074	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-075	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-076	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-077	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-078	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-079	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-080	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-081	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-082	3.28125	0.516039321	1052,51414	3.229714613	24	1.380211242
CUM-4A-083	3.28125	0.516039321	1050,80302	3.229007986	24	1.380211242
CUM-4A-084	3.28125	0.516039321	1042,35934	3.22550414	24	1.380211242
CUM-4A-085	3.28125	0.516039321	1024,28438	3.217907226	24	1.380211242
CUM-4A-086	3.28125	0.516039321	1000,77301	3.207822262	24	1.380211242
CUM-4A-087	3.28125	0.516039321	977,011029	3.19738614	24	1.380211242
CUM-4A-088	3.28125	0.516039321	953,964168	3.187018737	24	1.380211242
CUM-4A-089	3.28125	0.516039321	932,256853	3.177022259	24	1.380211242

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
CUM-4A-090	3.28125	0.516039321	915,784407	3.169279919	24	1.380211242
CUM-4A-091	3.28125	0.516039321	908,081222	3.165611369	24	1.380211242
CUM-4A-092	3.28125	0.516039321	905,052291	3.164160346	24	1.380211242
CUM-4A-093	3.28125	0.516039321	897,651186	3.160594283	24	1.380211242
CUM-4A-094	3.28125	0.516039321	884,806138	3.154334801	24	1.380211242
CUM-4A-095	3.28125	0.516039321	875,912230	3.149947264	24	1.380211242
CUM-4A-096	3.28125	0.516039321	875,912230	3.149947264	24	1.380211242
CUM-4A-097	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-098	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-099	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-100	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-101	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-102	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-103	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-104	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-105	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-106	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-107	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-108	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-109	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-110	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-111	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-112	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-113	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-114	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-115	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-116	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-117	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-118	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-119	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-120	4.59375	0.662167356	1052,51414	3.229714613	30	1.477121255
CUM-4A-121	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-122	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-123	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-124	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-125	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-126	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
CUM-4A-127	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-128	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-129	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-130	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-131	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-132	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-133	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-134	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-135	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-136	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-137	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-138	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-139	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-140	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-141	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-142	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-143	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-144	7.74375	0.888951324	1052,51414	3.229714613	43	1.633468456
CUM-4A-145	10.89375	1.037177404	1530,39444	3.392290054	57	1.755874856
CUM-4A-146	10.89375	1.037177404	1478,42827	3.377286935	57	1.755874856
CUM-4A-147	10.89375	1.037177404	1391,51089	3.350973284	57	1.755874856
CUM-4A-148	10.89375	1.037177404	1302,57373	3.322288989	57	1.755874856
CUM-4A-149	10.89375	1.037177404	1219,51632	3.293674294	57	1.755874856
CUM-4A-150	10.89375	1.037177404	1144,58884	3.266136181	57	1.755874856
CUM-4A-151	10.89375	1.037177404	1088,74834	3.244414183	57	1.755874856
CUM-4A-152	10.89375	1.037177404	1060,74260	3.233096685	57	1.755874856
CUM-4A-153	10.89375	1.037177404	1053,21367	3.230003162	57	1.755874856
CUM-4A-154	10.89375	1.037177404	1056,55141	3.231377308	57	1.755874856
CUM-4A-155	10.89375	1.037177404	1081,64740	3.241572385	57	1.755874856
CUM-4A-156	10.89375	1.037177404	1150,55613	3.268394487	57	1.755874856
CUM-4A-157	10.89375	1.037177404	1263,19958	3.308958635	57	1.755874856
CUM-4A-158	10.89375	1.037177404	1389,66899	3.35039804	57	1.755874856
CUM-4A-159	10.89375	1.037177404	1495,77827	3.382353896	57	1.755874856
CUM-4A-160	10.89375	1.037177404	1559,55513	3.400487406	57	1.755874856
CUM-4A-161	10.89375	1.037177404	1568,83591	3.403064198	57	1.755874856
CUM-4A-162	10.89375	1.037177404	1520,13688	3.389369372	57	1.755874856
CUM-4A-163	10.89375	1.037177404	1422,20031	3.360447445	57	1.755874856
CUM-4A-164	10.89375	1.037177404	1296,84885	3.320376035	57	1.755874856
CUM-4A-165	10.89375	1.037177404	1176,38818	3.278037326	57	1.755874856

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
CUM-4A-166	10.89375	1.037177404	1093,76867	3.246412153	57	1.755874856
CUM-4A-167	10.89375	1.037177404	1061,20895	3.23328758	57	1.755874856
CUM-4A-168	10.89375	1.037177404	1061,20895	3.23328758	57	1.755874856
CUM-4A-169	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-170	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-171	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-172	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-173	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-174	14.04375	1.147483121	-----	3.521534386	-----	-----
CUM-4A-175	14.04375	1.147483121	-----	3.517814544	-----	-----
CUM-4A-176	14.04375	1.147483121	-----	3.510534273	-----	-----
CUM-4A-177	14.04375	1.147483121	-----	3.504147495	-----	-----
CUM-4A-178	14.04375	1.147483121	-----	3.504476557	-----	-----
CUM-4A-179	14.04375	1.147483121	-----	3.511209612	-----	-----
CUM-4A-180	14.04375	1.147483121	-----	3.518284225	-----	-----
CUM-4A-181	14.04375	1.147483121	-----	3.52165748	-----	-----
CUM-4A-182	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-183	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-184	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-185	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-186	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-187	14.04375	1.147483121	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-188	14.04375	1.147483121	-----	3.522215154	-----	-----
CUM-4A-189	14.04375	1.147483121	-----	3.520763003	-----	-----
CUM-4A-190	14.04375	1.147483121	-----	3.516162404	-----	-----
CUM-4A-191	14.04375	1.147483121	-----	3.511595286	-----	-----
CUM-4A-192	14.04375	1.147483121	-----	3.511595286	-----	-----
CUM-4A-193	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-194	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-195	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-196	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-197	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-198	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-199	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-200	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-201	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-202	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-203	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-204	17.19375	1.235370608	-----	3.522302193	-----	-----

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
CUM-4A-205	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-206	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-207	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-208	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-209	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-210	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-211	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-212	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-213	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-214	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-215	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-216	17.19375	1.235370608	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-217	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-218	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-219	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-220	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-221	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-222	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-223	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-224	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-225	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-226	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-227	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-228	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-229	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-230	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-231	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-232	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-233	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-234	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-235	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-236	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-237	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-238	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-239	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----
CUM-4A-240	20.34375	1.30843101	----	3.522302193	-----	-----

A.4 Tabla de las muestra de la la calle 34 Nª 25-38, Barrio Antonia Santos

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
ANT-3A-001	0	-----	208,850416	2.527322019	-----	-----
ANT-3A-002	0	-----	218,784674	2.547503569	-----	-----
ANT-3A-003	0	-----	234,648303	2.577904092	-----	-----
ANT-3A-004	0	-----	248,350408	2.602551553	-----	-----
ANT-3A-005	0	-----	248,984085	2.603658262	-----	-----
ANT-3A-006	0	-----	242,078019	2.591442031	-----	-----
ANT-3A-007	0	-----	236,734436	2.58174811	-----	-----
ANT-3A-008	0	-----	230,913835	2.570936628	-----	-----
ANT-3A-009	0	-----	227,188886	2.563873756	-----	-----
ANT-3A-010	0	-----	227,781235	2.565004617	-----	-----
ANT-3A-011	0	-----	230,010996	2.569235273	-----	-----
ANT-3A-012	0	-----	225,515229	2.56066255	-----	-----
ANT-3A-013	0	-----	213,273823	2.536424229	-----	-----
ANT-3A-014	0	-----	204,74722	2.518704687	-----	-----
ANT-3A-015	0	-----	204,884157	2.518995052	-----	-----
ANT-3A-016	0	-----	214,189988	2.53828584	-----	-----
ANT-3A-017	0	-----	230,014101	2.569241136	-----	-----
ANT-3A-018	0	-----	186,052109	2.477121272	-----	-----
ANT-3A-019	0	-----	186,052109	2.477121272	-----	-----
ANT-3A-020	0	-----	252,03076	2.608940222	-----	-----
ANT-3A-021	0	-----	201,131946	2.510967729	-----	-----
ANT-3A-022	0	-----	194,009319	2.495309265	-----	-----
ANT-3A-023	0	-----	196,206772	2.500200667	-----	-----
ANT-3A-024	0	-----	195,834163	2.499375131	-----	-----
ANT-3A-025	0.625	-0.204119983	354,236371	2.756779825	21	1.322219295
ANT-3A-026	0.627717	-0.20223611	368,893825	2.77438806	21	1.322219295
ANT-3A-027	0.630435	-0.200359684	390,477602	2.799082802	21	1.322219295
ANT-3A-028	0.633152	-0.198492017	396,443088	2.805667525	21	1.322219295
ANT-3A-029	0.63587	-0.196631664	379,0291	2.786159228	21	1.322219295
ANT-3A-030	0.638587	-0.194779927	354,136122	2.756656901	21	1.322219295
ANT-3A-031	0.641304	-0.192936051	336,502819	2.734475381	21	1.322219295
ANT-3A-032	0.644022	-0.191099297	327,452585	2.722635097	21	1.322219295
ANT-3A-033	0.646739	-0.189270949	323,425001	2.717260262	21	1.322219295
ANT-3A-034	0.649457	-0.187449598	322,131218	2.715519488	21	1.322219295
ANT-3A-035	0.652174	-0.185636519	324,240934	2.718354516	21	1.322219295
ANT-3A-036	0.654891	-0.183830978	322,146262	2.715539771	21	1.322219295

Muetra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
ANT-3A-037	0.657609	-0.182032252	313,369829	2.703543855	21	1.322219295
ANT-3A-038	0.660326	-0.180241602	312,565355	2.702427513	21	1.322219295
ANT-3A-039	0.663043	-0.178458306	322,91525	2.71657523	21	1.322219295
ANT-3A-040	0.665761	-0.176681649	338,143854	2.736588172	21	1.322219295
ANT-3A-041	0.668478	-0.174912881	350,675326	2.752391884	21	1.322219295
ANT-3A-042	0.671196	-0.17315064	353,887826	2.756352297	21	1.322219295
ANT-3A-043	0.673913	-0.171396166	326,591221	2.72149118	21	1.322219295
ANT-3A-044	0.67663	-0.169648751	186,052109	2.477121272	21	1.322219295
ANT-3A-045	0.679348	-0.167907699	217,563195	2.545072102	21	1.322219295
ANT-3A-046	0.682065	-0.166174236	203,135258	2.515271985	21	1.322219295
ANT-3A-047	0.684783	-0.16444703	200,473041	2.509542651	21	1.322219295
ANT-3A-048	0.6875	-0.162727297	200,473041	2.509542651	21	1.322219295
ANT-3A-049	1.875	0.273001272	354,856537	2.757539484	25	1.397940009
ANT-3A-050	1.883152	0.274885376	369,513991	2.775117561	25	1.397940009
ANT-3A-051	1.891304	0.276761341	391,097768	2.799772011	25	1.397940009
ANT-3A-052	1.899457	0.278629466	398,076027	2.807452698	25	1.397940009
ANT-3A-053	1.907609	0.280489363	387,380655	2.795624603	25	1.397940009
ANT-3A-054	1.915761	0.282341328	379,374245	2.786554518	25	1.397940009
ANT-3A-055	1.923913	0.284185429	384,616062	2.792514091	25	1.397940009
ANT-3A-056	1.932065	0.286021733	395,878592	2.805048691	25	1.397940009
ANT-3A-057	1.940217	0.287850306	406,640317	2.816697109	25	1.397940009
ANT-3A-058	1.94837	0.289671434	415,846027	2.826419231	25	1.397940009
ANT-3A-059	1.956522	0.291484736	422,248442	2.83305473	25	1.397940009
ANT-3A-060	1.964674	0.293290498	417,453941	2.828095239	25	1.397940009
ANT-3A-061	1.972826	0.295088783	395,044841	2.804133069	25	1.397940009
ANT-3A-062	1.980978	0.296879652	364,963534	2.769736147	25	1.397940009
ANT-3A-063	1.98913	0.298663167	344,31324	2.7444440397	25	1.397940009
ANT-3A-064	1.997283	0.300439605	342,68141	2.742377219	25	1.397940009
ANT-3A-065	2.005435	0.30220859	352,82759	2.755049212	25	1.397940009
ANT-3A-066	2.013587	0.303970399	357,823145	2.761155103	25	1.397940009
ANT-3A-067	2.021739	0.305725089	340,46686	2.739561519	25	1.397940009
ANT-3A-068	2.029891	0.307472718	301,096818	2.68619284	25	1.397940009
ANT-3A-069	2.038043	0.309213343	266,991291	2.633983769	25	1.397940009
ANT-3A-070	2.046196	0.310947231	252,334263	2.609462898	25	1.397940009
ANT-3A-071	2.054348	0.312674014	249,051306	2.603775498	25	1.397940009
ANT-3A-072	2.0625	0.314393957	249,051306	2.603775498	25	1.397940009
ANT-3A-073	3.125	0.494850022	388,596294	2.796985328	28	1.447158031
ANT-3A-074	3.138587	0.496734172	399,646865	2.809163084	29	1.462397998
ANT-3A-075	3.152174	0.498610183	416,516909	2.827119311	29	1.462397998

Muetra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
ANT-3A-076	3.165761	0.500478125	434,619153	2.845595535	29	1.462397998
ANT-3A-077	3.179348	0.502338067	455,609564	2.866079506	29	1.462397998
ANT-3A-078	3.192935	0.504190078	475,197513	2.884360833	29	1.462397998
ANT-3A-079	3.206522	0.506034224	488,192937	2.896078165	29	1.462397998
ANT-3A-080	3.220109	0.507870573	494,448711	2.901607923	29	1.462397998
ANT-3A-081	3.233696	0.509699189	495,7887	2.902783298	29	1.462397998
ANT-3A-082	3.247283	0.511520139	498,169557	2.904863858	29	1.462397998
ANT-3A-083	3.26087	0.513333485	505,032744	2.91080621	29	1.462397998
ANT-3A-084	3.274457	0.515139292	508,016688	2.913364653	29	1.462397998
ANT-3A-085	3.288043	0.516937488	491,613884	2.899110814	29	1.462397998
ANT-3A-086	3.30163	0.518728402	457,482186	2.867860861	29	1.462397998
ANT-3A-087	3.315217	0.520511961	429,246441	2.840193377	29	1.462397998
ANT-3A-088	3.328804	0.522288225	427,417771	2.838339249	29	1.462397998
ANT-3A-089	3.342391	0.524057253	442,974996	2.853865886	29	1.462397998
ANT-3A-090	3.355978	0.525819105	439,44574	2.850391932	29	1.462397998
ANT-3A-091	3.369565	0.527573838	410,256551	2.820542199	29	1.462397998
ANT-3A-092	3.383152	0.52932151	384,651475	2.792554076	29	1.462397998
ANT-3A-093	3.396739	0.531062178	367,319883	2.772531111	29	1.462397998
ANT-3A-094	3.410326	0.532795896	348,799229	2.750062191	29	1.462397998
ANT-3A-095	3.423913	0.534522721	339,538885	2.738376192	29	1.462397998
ANT-3A-096	3.4375	0.536242707	339,538885	2.738376192	29	1.462397998
ANT-3A-097	4.375	0.640978057	483,414811	2.891806626	32	1.505149978
ANT-3A-098	4.394022	0.642862227	487,93174	2.895845744	32	1.505149978
ANT-3A-099	4.413043	0.644738159	495,811101	2.90280292	32	1.505149978
ANT-3A-100	4.432065	0.646606121	499,97723	2.9064369	32	1.505149978
ANT-3A-101	4.451087	0.648466083	499,289825	2.90583939	32	1.505149978
ANT-3A-102	4.470109	0.650318113	499,25456	2.905808714	32	1.505149978
ANT-3A-103	4.48913	0.652162182	502,220207	2.908380857	32	1.505149978
ANT-3A-104	4.508152	0.653998551	508,436982	2.913723806	32	1.505149978
ANT-3A-105	4.527174	0.655827187	516,458771	2.920522331	33	1.51851394
ANT-3A-106	4.546196	0.657648156	523,977166	2.926799035	33	1.51851394
ANT-3A-107	4.565217	0.659461426	532,174465	2.933540706	33	1.51851394
ANT-3A-108	4.584239	0.661267252	543,655348	2.942810338	33	1.51851394
ANT-3A-109	4.603261	0.6630656	557,276112	2.953557101	33	1.51851394
ANT-3A-110	4.622283	0.664856532	565,443802	2.959876122	33	1.51851394
ANT-3A-111	4.641304	0.666640015	559,626768	2.955385153	33	1.51851394
ANT-3A-112	4.660326	0.668416298	536,313314	2.936905252	33	1.51851394
ANT-3A-113	4.679348	0.670185345	503,81655	2.909759104	33	1.51851394

Muetra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
ANT-3A-114	4.69837	0.671947215	481,536348	2.890115749	33	1.51851394
ANT-3A-115	4.717391	0.673701874	475,611487	2.88473901	33	1.51851394
ANT-3A-116	4.736413	0.675449564	460,519919	2.874871357	33	1.51851394
ANT-3A-117	4.755435	0.67719025	435,928476	2.851038176	33	1.51851394
ANT-3A-118	4.774457	0.678923986	418,49549	2.83331372	33	1.51851394
ANT-3A-119	4.793478	0.680650738	415,070648	2.82974496	33	1.51851394
ANT-3A-120	4.8125	0.682370743	415,070648	2.82974496	33	1.51851394
ANT-3A-121	7.375	0.867762025	602,448897	2.991543151	41	1.612783857
ANT-3A-122	7.407065	0.869646156	605,351026	2.99363022	41	1.612783857
ANT-3A-123	7.439131	0.871522207	611,493789	2.998014987	41	1.612783857
ANT-3A-124	7.471196	0.87339013	613,691412	2.999572982	41	1.612783857
ANT-3A-125	7.503261	0.875250054	609,699368	2.996738682	41	1.612783857
ANT-3A-126	7.535326	0.877102046	604,263016	2.992848951	41	1.612783857
ANT-3A-127	7.567391	0.878946174	600,5491	2.990171457	41	1.612783857
ANT-3A-128	7.599456	0.880782505	598,970231	2.989028175	41	1.612783857
ANT-3A-129	7.631522	0.882611161	598,572521	2.988739712	41	1.612783857
ANT-3A-130	7.663587	0.884432092	598,527045	2.988706716	42	1.62324929
ANT-3A-131	7.695652	0.886245421	598,527045	2.988706716	42	1.62324929
ANT-3A-132	7.727717	0.888051209	598,527045	2.988706716	42	1.62324929
ANT-3A-133	7.759783	0.889849577	598,625356	2.988778045	42	1.62324929
ANT-3A-134	7.791848	0.891640472	599,404849	2.989343189	42	1.62324929
ANT-3A-135	7.823914	0.893424068	602,080149	2.991277245	42	1.62324929
ANT-3A-136	7.855978	0.895200259	607,2487	2.994989531	42	1.62324929
ANT-3A-137	7.888043	0.896969269	613,189788	2.999217851	42	1.62324929
ANT-3A-138	7.920109	0.898731159	616,219227	3.001358182	42	1.62324929
ANT-3A-139	7.952174	0.900485874	612,531087	2.998751072	42	1.62324929
ANT-3A-140	7.984239	0.902233529	604,096052	2.992728935	43	1.633468456
ANT-3A-141	8.016304	0.903974178	598,338479	2.98856987	43	1.633468456
ANT-3A-142	8.048369	0.90570788	597,064904	2.987644481	43	1.633468456
ANT-3A-143	8.080435	0.907434741	597,064904	2.987644481	43	1.633468456
ANT-3A-144	8.1125	0.90915471	597,064904	2.987644481	43	1.633468456
ANT-3A-145	10.375	1.015988105	736,474964	3.078780925	49	1.69019608
ANT-3A-146	10.420109	1.017872262	736,474964	3.078780925	50	1.698970004
ANT-3A-147	10.465218	1.01974828	736,474964	3.078780925	50	1.698970004
ANT-3A-148	10.510326	1.021616187	736,474964	3.078780925	50	1.698970004
ANT-3A-149	10.555435	1.023476136	736,474964	3.078780925	50	1.698970004
ANT-3A-150	10.600543	1.025328112	736,474964	3.078780925	50	1.698970004
ANT-3A-151	10.645653	1.027172306	736,474964	3.078780925	50	1.698970004

Muetra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
ANT-3A-152	10.690761	1.029008621	736,474964	3.078780925	50	1.698970004
ANT-3A-153	10.735869	1.030837204	736,474964	3.078780925	50	1.698970004
ANT-3A-154	10.780977	1.03265812	736,474964	3.078780925	51	1.707570176
ANT-3A-155	10.826088	1.034471553	736,474964	3.078780925	51	1.707570176
ANT-3A-156	10.871196	1.036277326	736,474964	3.078780925	51	1.707570176
ANT-3A-157	10.916305	1.038075661	736,474964	3.078780925	51	1.707570176
ANT-3A-158	10.961412	1.039866502	736,474964	3.078780925	51	1.707570176
ANT-3A-159	11.006522	1.041650106	736,474964	3.078780925	51	1.707570176
ANT-3A-160	11.05163	1.043426337	736,474964	3.078780925	51	1.707570176
ANT-3A-161	11.096739	1.045195371	736,474964	3.078780925	51	1.707570176
ANT-3A-162	11.141848	1.046957229	734,371735	3.07753889	52	1.716003344
ANT-3A-163	11.186956	1.04871193	728,956692	3.074324664	52	1.716003344
ANT-3A-164	11.232065	1.050459608	724,43637	3.071623183	52	1.716003344
ANT-3A-165	11.277174	1.052200281	723,22786	3.070898085	52	1.716003344
ANT-3A-166	11.322283	1.053934006	723,22786	3.070898085	52	1.716003344
ANT-3A-167	11.367392	1.055660837	723,22786	3.070898085	52	1.716003344
ANT-3A-168	11.4125	1.057380791	723,22786	3.070898085	52	1.716003344
ANT-3A-169	13.375	1.126293791	785,028808	3.106508531	58	1.763427994
ANT-3A-170	13.433151	1.128177897	785,028808	3.106508531	58	1.763427994
ANT-3A-171	13.491304	1.130053928	785,028808	3.106508531	58	1.763427994
ANT-3A-172	13.549457	1.131921891	785,028808	3.106508531	59	1.770852012
ANT-3A-173	13.607609	1.133781822	785,028808	3.106508531	59	1.770852012
ANT-3A-174	13.66576	1.135633789	785,028808	3.106508531	59	1.770852012
ANT-3A-175	13.723913	1.137477956	785,028808	3.106508531	59	1.770852012
ANT-3A-176	13.782064	1.139314262	785,028808	3.106508531	59	1.770852012
ANT-3A-177	13.840218	1.141142931	785,028808	3.106508531	59	1.770852012
ANT-3A-178	13.898369	1.142963838	785,028808	3.106508531	60	1.77815125
ANT-3A-179	13.956522	1.144777205	785,028808	3.106508531	60	1.77815125
ANT-3A-180	14.014674	1.146583	785,028808	3.106508531	60	1.77815125
ANT-3A-181	14.072826	1.148381318	785,028808	3.106508531	60	1.77815125
ANT-3A-182	14.130978	1.15017222	785,028808	3.106508531	60	1.77815125
ANT-3A-183	14.189131	1.151955798	785,028808	3.106508531	60	1.77815125
ANT-3A-184	14.247283	1.153732051	785,028808	3.106508531		-----
ANT-3A-185	14.305435	1.155501068	786,878223	3.107530463		-----
ANT-3A-186	14.363586	1.157262879	791,813685	3.11024594		-----
ANT-3A-187	14.42174	1.159017662	796,136287	3.112610356	-----	-----
ANT-3A-188	14.479891	1.160765293	797,372843	3.113284377	-----	-----
ANT-3A-189	14.538043	1.162505949	797,372843	3.113284377	-----	-----
ANT-3A-190	14.596195	1.164239657	797,372843	3.113284377	-----	-----

Muetra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
ANT-3A-191	14.654348	1.165966501	797,372843	3.113284377	-----	-----
ANT-3A-192	14.7125	1.167686476	797,372843	3.113284377	-----	-----
ANT-3A-193	16.375	1.214181309	1281,96823	3.319500199	-----	-----
ANT-3A-194	16.446196	1.216065462	1281,96823	3.319500199	-----	-----
ANT-3A-195	16.517391	1.21794145	1281,96823	3.319500199	-----	-----
ANT-3A-196	16.588587	1.219809395	1281,96823	3.319500199	-----	-----
ANT-3A-197	16.659782	1.221669314	1281,97262	3.319501688	-----	-----
ANT-3A-198	16.730978	1.223521328	1281,98156	3.319504714	-----	-----
ANT-3A-199	16.802174	1.225365478	1281,98595	3.319506203	-----	-----
ANT-3A-200	16.873369	1.227201804	1281,98595	3.319506203	-----	-----
ANT-3A-201	16.944565	1.229030424	1281,98595	3.319506203	-----	-----
ANT-3A-202	17.01576	1.230851351	1281,98595	3.319506203	-----	-----
ANT-3A-203	17.086958	1.232664752	1281,98595	3.319506203	-----	-----
ANT-3A-204	17.158154	1.234470561	1281,98595	3.319506203	-----	-----
ANT-3A-205	17.229347	1.236268818	1281,98595	3.319506203	-----	-----
ANT-3A-206	17.300543	1.238059734	1281,98595	3.319506203	-----	-----
ANT-3A-207	17.37174	1.239843321	1288,3272	3.321649114	-----	-----
ANT-3A-208	17.442936	1.241619587	1305,75162	3.32748351	-----	-----
ANT-3A-209	17.51413	1.243388569	1323,97615	3.333503097	-----	-----
ANT-3A-210	17.585325	1.245150399	1333,51636	3.336621286	-----	-----
ANT-3A-211	17.656523	1.246905184	1335,91537	3.337401882	-----	-----
ANT-3A-212	17.727718	1.248652835	1335,91537	3.337401882	-----	-----
ANT-3A-213	17.798912	1.250393456	1335,91537	3.337401882	-----	-----
ANT-3A-214	17.870108	1.252127177	1335,91537	3.337401882	-----	-----
ANT-3A-215	17.941305	1.253854029	1335,91537	3.337401882	-----	-----
ANT-3A-216	18.012501	1.255574018	1335,91537	3.337401882	-----	-----
ANT-3A-217	19.375	1.287241711	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-218	19.459238	1.28912583	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-219	19.543478	1.291001854	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-220	19.627718	1.29286981	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-221	19.711956	1.294729721	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-222	19.796194	1.296581701	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-223	19.880436	1.298425905	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-224	19.964674	1.300262223	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-225	20.048912	1.30209081	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-226	20.133152	1.303911772	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-227	20.217392	1.305725132	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-228	20.301632	1.307530951	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-229	20.38587	1.30932925	1607,27221	3.417712372	-----	-----

Muetra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
ANT-3A-230	20.470108	1.311120134	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-231	20.554348	1.312903705	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-232	20.638588	1.314679981	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-233	20.722826	1.31644898	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-234	20.807064	1.318210803	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-235	20.891304	1.319965549	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-236	20.975544	1.321713233	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-237	21.059782	1.323453871	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-238	21.14402	1.325187561	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-239	21.228262	1.326914439	1607,27221	3.417712372	-----	-----
ANT-3A-240	21.3125	1.328634396	1607,27221	3.417712372	-----	-----

Anexo B. Tabla comparativa de las ecuaciones de diversos autores en donde se reemplaza los datos obtenidos en campo

B.1 Datos Bolivar (Parte 1)

N	Vs (m/s)	2012	1970	1972	1973	1977	1978
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Ohba y Toriumi	Fujiwara	Ohsaki y Iwasaki	Imai	Ohta y Goto
30	394,3263108	361,1034727	241,0942624	289,4527568	241,0942624	286,3065312	278,7345699
33	418,4382508	372,3575033	248,3239498	298,900764	248,3239498	295,6518426	288,134651
35	421,0965316	379,4796849	252,8950797	304,8868956	252,8950797	301,5729076	294,0954584
42	417,3263057	402,4249442	267,6002816	324,2073364	267,6002816	320,6833437	313,3598795
48	417,3263057	420,1054343	278,9099897	339,1299332	278,9099897	335,4437383	328,2650067
53	679,358006	420,1054343	278,9099897	339,1299332	278,9099897	335,4437383	328,2650067

B.1 Datos Bolivar (Parte 2)

N	Vs (m/s)	2012	1982	1983	1987	1995	1996
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Imai Y Tonouchi	Seed et al.	Jinan	Sisman	Iyisan
27	362,4241703	349,0581263	273,0360273	290,9845357	226,4626074	176,1446121	282,0921048
30	337,7155748	361,1034727	282,2200135	306,7246322	231,27952	185,8684527	297,852875
33	337,7155748	372,3575033	290,793779	321,6955082	235,7299037	195,1263645	312,8674785
35	410,0518382	379,4796849	296,2164004	331,3004679	238,5221275	201,0705872	322,5123427
42	417,3263057	402,4249442	343,3229019	1459,611834	430,1020296	255,5346144	411,028798
48	417,3263057	420,1054343	337,4382867	1459,611834	429,652823	248,458888	399,5154489

B.1 Datos Bolivar (Parte 3)

N	Vs (m/s)	2012	1997	2001	2007	2012	2012
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Jafari et al.	Kiku et al.	Hasancebi y Ulusay	C-G. Sun et al.	Anbazzhagan et al.
27	362,4241703	349,0581263	362,3113009	178,8046969	248,371951	251,0346232	370,3333063
30	394,3263108	361,1034727	396,2559052	184,3911658	256,5640815	262,0335635	390,7770884
33	418,4382508	372,3575033	429,6942377	189,5949538	264,2072939	272,3978942	410,2412834
35	421,3199498	379,4796849	451,7316485	192,8806108	269,0391406	279,0000406	422,7386493
42	417,3263057	402,4249442	527,4539848	203,4274225	284,5792896	300,4906987	463,9320658
48	417,3263057	420,1054343	590,8506703	211,5159611	296,527387	317,2734682	496,6269506

B.2 Datos la Pedregosa (parte 1)

N	Vs (m/s)	2012	1970	1972	1973	1977	1978
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Ohba y Toriumi	Fujiwara	Ohsaki y Iwasaki	Imai	Ohta y Goto
10	186,0521093	196,3358071	218,9930424	260,7259573	218,9930424	257,8919795	250,216377
17	186,0521093	230,2153027	227,8456223	272,2034406	227,8456223	269,2447075	261,5988085
18	261,543577	234,1969654	227,8456223	272,2034406	227,8456223	269,2447075	261,5988085
19	206,8790229	238,0266543	227,8456223	272,2034406	227,8456223	269,2447075	261,5988085
26	224,8587085	261,5119363	238,5737546	286,1646292	238,5737546	283,0541441	275,4654539
27	302,1623224	264,4896252	238,5737546	286,1646292	238,5737546	283,0541441	275,4654539
33	256,4346675	280,9012643	250,6327102	301,9230169	250,6327102	298,6412449	291,1436361
34	345,1799269	283,4282838	250,6327102	301,9230169	250,6327102	298,6412449	291,1436361
35	269,8457092	285,9037984	250,6327102	301,9230169	250,6327102	298,6412449	291,1436361
51	267,5144044	320,0888637	248,3239498	298,900764	248,3239498	295,6518426	288,134651
52	400,2567173	321,9589594	248,3239498	298,900764	248,3239498	295,6518426	288,134651
53	283,6816846	323,8040473	248,3239498	298,900764	248,3239498	295,6518426	288,134651
55	351,2059988	327,4223482	248,3239498	298,900764	248,3239498	295,6518426	288,134651
56	398,1619715	329,1970389	248,3239498	298,900764	248,3239498	295,6518426	288,134651
57	391,1330323	330,9496824	248,3239498	298,900764	248,3239498	295,6518426	288,134651

B.2 Datos la Pedregosa (parte 2)

N	Vs (m/s)	2012	1982	1983	1987	1995	1996
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Imai Y Tonouchi	Seed et al	Jinan	Sisman	Iyisan
10	186,0521093	196,3358071	252,3182087	256,6242389	215,3977001	154,955032	247,7835011
17	186,0521093	230,2153027	266,5169883	280	223,011208	169,3648369	271,1092113
18	200,8702321	234,1969654	266,5169883	280	223,011208	169,3648369	271,1092113
19	221,1509661	238,0266543	266,5169883	280	223,011208	169,3648369	271,1092113
25	190,3365829	258,4529625	276,1718163	296,3241468	228,113196	179,4421399	287,4357437
26	224,8587085	261,5119363	279,2316905	301,5692292	229,717908	182,682448	292,6877836
27	302,1623224	264,4896252	279,2316905	301,5692292	229,717908	182,682448	292,6877836
28	262,8439212	267,3910837	279,2316905	301,5692292	229,717908	182,682448	292,6877836
33	192,1617782	280,9012643	287,9975727	316,783838	234,2833154	192,0880433	307,9389452
34	345,1799269	283,4282838	290,793779	321,6955082	235,7299037	195,1263645	312,8674785
35	269,8457092	285,9037984	290,793779	321,6955082	235,7299037	195,1263645	312,8674785
36	305,5848041	288,3302856	290,793779	321,6955082	235,7299037	195,1263645	312,8674785
51	267,5144044	320,0888637	311,3048345	358,5749573	246,203044	217,9684373	349,9481477
52	368,6436446	321,9589594	311,3048345	358,5749573	246,203044	217,9684373	349,9481477
53	409,7546746	323,8040473	313,6692976	362,9214791	247,3952366	220,6637436	354,3266865
54	345,792145	325,6249245	313,6692976	362,9214791	247,3952366	220,6637436	354,3266865
55	351,2059988	327,4223482	313,6692976	362,9214791	247,3952366	220,6637436	354,3266865
56	398,1619715	329,1970389	313,6692976	362,9214791	247,3952366	220,6637436	354,3266865
57	361,8876568	330,9496824	345,2362884	422,7907284	263,0315067	257,8517125	414,799911

B.2 Datos la Pedregosa (parte 3)

|

N	Vs (m/s)	2012	1997	2001	2007	2012	2012
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Jafari et al.	Kiku et al.	Hasancebi y Ulusay	C-G. Sun et al.	Anbazhagan et al.
10	186,0521093	196,3358071	155,7480726	133,7890912	182,912131	167,5593135	223,1501858
17	186,0521093	230,2153027	244,5143005	156,2110634	215,3876397	207,9511294	292,5002238
18	200,8702321	234,1969654	256,6872576	158,8401451	219,2130684	212,8455045	301,1523319
19	221,1509661	238,0266543	268,7591393	161,3677543	222,8941234	217,5811601	309,5719404
25	190,3365829	258,4529625	339,3686245	174,8312997	242,5537716	243,2933038	356,0792424
27	309,6129053	264,4896252	350,8730618	176,8450553	245,5015852	247,2081161	363,2734516
28	262,8439212	267,3910837	362,3113009	178,8046969	248,371951	251,0346232	370,3333063
33	256,4346675	280,9012643	429,6942377	189,5949538	264,2072939	272,3978942	410,2412834
34	201,8520842	283,4282838	440,7372528	191,2548898	266,6478068	275,7277593	416,5350009
35	315,3014849	285,9037984	462,6790194	194,4737702	271,3836503	282,2173374	428,8560372
36	309,4814936	288,3302856	462,6790194	194,4737702	271,3836503	282,2173374	428,8560372
51	267,5144044	320,0888637	622,0958877	215,2936373	302,1162766	325,1993239	512,2217819
52	400,2567173	321,9589594	632,4490185	216,5178371	303,9285788	327,7796093	517,3196297
53	283,6816846	323,8040473	642,7723255	217,7254805	305,7169212	330,3306343	522,3696621
54	345,792145	325,6249245	653,0664551	218,9170976	307,4820639	332,8532736	527,3732173
55	351,2059988	327,4223482	663,3320277	220,093192	309,2247292	335,3483602	532,331572
56	398,1619715	329,1970389	673,5696399	221,2542428	310,9456043	337,8166877	537,2459454
57	361,8876568	330,9496824	683,779865	222,400706	312,6453437	340,2590136	542,1175029

B.3 Datos la Cumbre (parte 1)

N	Vs (m/s)	2012	1970	1972	1973	1977	1978
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Ohba y Toriumi	Fujiwara	Ohsaki y Iwasaki	Imai	Ohta y Goto
13	281,66366	340,4937888	218,3668639	186,0380271	215,9933111	208,3554789	217,0450806
18	721,6812333	474,3769743	243,6770686	205,7850225	241,0284048	233,3390741	240,3960353
24	875,9122302	635,9693319	268,4843748	224,9804448	265,5660664	257,908794	263,1225468
30	1052,514141	798,3392406	289,4527568	241,0942624	286,3065312	278,7345699	282,2200135
44	1052,514141	1179,449078	271,4873609	329,3300646	271,4873609	325,75039	318,4741374
57	1530,394443	1535,456071	294,1714298	359,3500037	294,1714298	355,4440254	348,4954308

B.3 Datos la Cumbre (parte 2)

N	Vs (m/s)	2012	1982	1983	1987	1995	1996
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Imai Y Tonouchi	Seed et al	Jinan	Sisman	Iyisan
13	281,66366	340,4937888	217,0450806	201,9108714	195,8719258	121,3346812	193,4648179
18	721,6812333	474,3769743	240,3960353	237,5878785	208,8988174	143,2395082	228,837841
24	875,9122302	635,9693319	263,1225468	274,3428512	221,2032228	165,8752449	265,4582517
30	1052,514141	798,3392406	282,2200135	306,7246322	231,27952	185,8684527	297,852875
44	1052,514141	1179,449078	318,2847822	371,4619765	249,7137177	225,9616351	362,9349651
57	1530,394443	1535,456071	345,2362884	422,7907284	263,0315067	257,8517125	414,799911

B.3 Datos la Cumbre (parte 3)

N	Vs (m/s)	2012	1997	2001	2007	2012	2012
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Jafari et al.	Kiku et al.	Hasancebi y Ulusay	C-G. Sun et al.	Anbazhagan et al.
13	281,66366	340,4937888	194,659019	144,4415574	198,3065513	186,4418986	255,0987688
18	721,6812333	474,3769743	256,6872576	158,8401451	219,2130684	212,8455045	301,1523319
24	875,9122302	635,9693319	327,7949332	172,7596781	239,5231927	239,2844891	348,742588
30	1052,514141	798,3392406	396,2559052	184,3911658	256,5640815	262,0335635	390,7770884
44	1052,514141	1179,449078	548,7284224	206,2096026	288,6861401	306,2342853	475,0705597
57	1530,394443	1535,456071	548,7284224	206,2096026	288,6861401	306,2342853	475,0705597

B. 4 Datos Antonia Santos (parte 1)

N	Vs (m/s)	2012	1970	1972	1973	1977	1978
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Ohba y Toriumi	Fujiwara	Ohsaki y Iwasaki	Imai	Ohta y Goto
21	200,4730406	299,0790744	215,8575619	256,6703659	215,8575619	253,8804706	246,1982452
25	354,856537	354,807121	227,8456223	272,2034406	227,8456223	269,2447075	261,5988085
28	399,6468645	396,4842954	235,9925406	282,800442	235,9925406	279,7265242	272,121987
29	339,5388848	410,3563488	238,5737546	286,1646292	238,5737546	283,0541441	275,4654539
32	483,4148109	451,9163955	245,9663969	295,8171646	245,9663969	292,6017606	285,0656122
33	415,0706478	465,7520554	248,3239498	298,900764	248,3239498	295,6518426	288,134651
41	602,4488975	576,1549516	265,6086911	321,5851509	265,6086911	318,0896601	310,7430475
42	604,0960524	589,9231288	267,6002816	324,2073364	267,6002816	320,6833437	313,3598795
43	598,3384787	603,6847507	269,5594163	326,7884488	269,5594163	323,2364005	315,936397
49	736,4749645	686,1250532	280,6984864	341,4946516	280,6984864	337,7827533	330,6289473
50	736,4749645	699,844773	282,4619724	343,8275866	282,4619724	340,0903302	332,9616385
51	736,4749645	713,5590057	284,2012872	346,1297883	284,2012872	342,3675079	335,2641062
52	723,2278604	727,2678609	285,9172266	348,4022525	285,9172266	344,6152715	337,5373233
58	785,0288081	809,4137034	295,7617206	361,4623445	295,7617206	357,533406	350,6110346
59	785,0288081	823,0876596	297,3332033	363,5506749	297,3332033	359,5990372	352,7029877
60	785,0288081	836,7569812	298,8864135	365,6156681	298,8864135	361,6415848	354,7719488

B. 4 Datos Antonia Santos (parte 2)

N	Vs (m/s)	2012	1982	1983	1987	1995	1996
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Imai Y Tonouchi	Seed et al	Jinan	Sisman	Iyisan
21	200,4730406	299,0790744	252,3182087	256,6242389	215,3977001	154,955032	247,7835011
25	354,856537	354,807121	266,5169883	280	223,011208	169,3648369	271,1092113
28	399,6468645	396,4842954	276,1718163	296,3241468	228,113196	179,4421399	287,4357437
29	339,5388848	410,3563488	279,2316905	301,5692292	229,717908	182,682448	292,6877836
32	483,4148109	451,9163955	287,9975727	316,783838	234,2833154	192,0880433	307,9389452
33	415,0706478	465,7520554	290,793779	321,6955082	235,7299037	195,1263645	312,8674785
41	602,4488975	576,1549516	311,3048345	358,5749573	246,203044	217,9684373	349,9481477
42	604,0960524	589,9231288	313,6692976	362,9214791	247,3952366	220,6637436	354,3266865
43	598,3384787	603,6847507	315,99545	367,2165574	248,5651558	223,3277837	358,6550515
49	736,4749645	686,1250532	329,2253768	392	255,1644757	238,7117763	383,6616642
50	736,4749645	699,844773	331,3205058	395,9797975	256,2012311	241,1840291	387,6821018
51	736,4749645	713,5590057	333,3870833	399,919992	257,2216729	243,6321701	391,663806
52	723,2278604	727,2678609	335,4260471	403,8217429	258,2263682	246,0569005	395,6078989
58	785,0288081	809,4137034	347,1267836	426,4832939	263,9520877	260,1489758	418,5391363
59	785,0288081	823,0876596	348,995049	430,1441619	264,860157	262,4269117	422,2472862
60	785,0288081	836,7569812	350,8417163	433,7741348	265,7560912	264,6860064	425,9251394

B.4 Datos Antonia Santos (parte 3)

N	Vs (m/s)	2012	1997	2001	2007	2012	2012
medida in situ	Medidas in situ	Este estudio	Jafari et al.	Kiku et al.	Hasancebi y Ulusay	C-G. Sun et al.	Anbazhagan et al.
21	200,4730406	299,0790744	292,6234197	166,1532106	229,8719882	226,6270916	325,7835063
25	354,856537	354,807121	339,3686245	174,8312997	242,5537716	243,2933038	356,0792424
28	399,6468645	396,4842954	373,6861549	180,7136047	251,1696631	254,7779807	377,2661575
29	339,5388848	410,3563488	385,0002212	182,5748359	253,8990599	258,4428714	384,0787077
32	483,4148109	451,9163955	418,6009045	187,8990124	261,7150531	269,0076395	403,8533984
33	415,0706478	465,7520554	429,6942377	189,5949538	264,2072939	272,3978942	410,2412834
41	602,4488975	576,1549516	516,7600827	202,0010328	282,474948	297,5579802	458,2653487
42	604,0960524	589,9231288	527,4539848	203,4274225	284,5792896	300,4906987	463,9320658
43	598,3384787	603,6847507	538,1097586	204,8299659	286,6492394	303,382296	469,5330477
49	736,4749645	686,1250532	601,2974317	212,7933046	298,4165479	319,9472465	501,8769541
50	736,4749645	699,844773	611,7122596	214,0523228	300,2792143	322,5888588	507,0747148
51	736,4749645	713,5590057	622,0958877	215,2936373	302,1162766	325,1993239	512,2217819
52	723,2278604	727,2678609	632,4490185	216,5178371	303,9285788	327,7796093	517,3196297
58	785,0288081	809,4137034	693,9632549	223,533016	314,324571	342,6760607	546,9473589
59	785,0288081	823,0876596	704,1203411	224,6515871	315,9838811	345,06852	551,7365803
60	785,0288081	836,7569812	714,2516357	225,7568147	317,6238419	347,4370519	556,4861892

Anexo C. Pasos de la obtención de las ecuaciones empíricas

En el subtítulo 3.7 se explica el procedimiento matemático empleado para la obtención de una ecuación empírica en general, a continuación se va a mostrar cómo se obtuvo las ecuaciones empíricas postuladas en este estudio con los datos que se obtiene hasta el momento.

Tratamiento de datos calle 40 con 25, Barrio Bolívar

Se tomaron los valores obtenidos por ensayo de refracción sísmica con el software Seismodule Controller Software (SCS) y a partir de los datos tomados por dicho ensayo, como este no mide valores de velocidades por medio del mismo software se calcularon velocidades de onda (V_s) en m/s teniendo la siguiente tabla de datos

C.1 Tabla de los datos del ensayo de refracción sísmica

$x[m]$	$z[m]$	$V_p [m/s]$
-2.000.000	0.000000	544.550.002
-2.000.000	-0.322916	584.391.415
-2.000.000	-0.968747	635.832.071
-2.000.000	-1.614.578	674.711.406
-2.000.000	-2.260.409	679.358.006
-2.000.000	-3.810.404	679.358.006
-2.000.000	-5.360.399	679.358.006
-2.000.000	-6.910.394	679.358.006
-2.000.000	-8.460.389	679.358.006
-2.000.000	-10.010.384	679.358.006
-1.000.000	0.000000	544.550.002
-1.000.000	-0.322916	584.991.872
-1.000.000	-0.968747	633.533.597
-1.000.000	-1.614.578	667.099.595
-1.000.000	-2.260.409	678.997.755
-1.000.000	-3.810.404	679.358.006
-1.000.000	-5.360.399	679.358.006
-1.000.000	-6.910.394	679.358.006

x[m]	z[m]	Vp [m/s]
-1.000.000	-8.460.389	679.358.006
-1.000.000	-10.010.384	679.358.006
0.000000	0.000000	544.550.002
0.000000	-0.322916	575.005.114
0.000000	-0.968747	623.362.958
0.000000	-1.614.578	652.321.100
0.000000	-2.260.409	676.714.778
0.000000	-3.810.404	679.358.006
0.000000	-5.360.399	679.358.006
0.000000	-6.910.394	679.358.006
0.000000	-8.460.389	679.358.006
0.000000	-10.010.384	679.358.006
1.500.000	0.000000	544.550.002
1.500.000	-0.322916	557.510.734
1.500.000	-0.968747	598.515.391
1.500.000	-1.614.578	633.617.163
1.500.000	-2.260.409	670.552.433
1.500.000	-3.810.404	679.358.006
1.500.000	-5.360.399	679.358.006
1.500.000	-6.910.394	679.358.006
1.500.000	-8.460.389	679.358.006
1.500.000	-10.010.384	679.358.006
3.000.000	0.000000	544.550.002
3.000.000	-0.322916	546.846.092
3.000.000	-0.968747	567.580.163
3.000.000	-1.614.578	608.990.252
3.000.000	-2.260.409	661.188.722
3.000.000	-3.810.404	679.358.006
3.000.000	-5.360.399	679.358.006
3.000.000	-6.910.394	679.358.006
3.000.000	-8.460.389	679.358.006
3.000.000	-10.010.384	679.358.006
4.500.000	0.000000	544.550.002
4.500.000	-0.322916	544.550.002
4.500.000	-0.968747	548.920.393
4.500.000	-1.614.578	582.292.795
4.500.000	-2.260.409	652.209.401
4.500.000	-3.810.404	679.358.006
4.500.000	-5.360.399	679.358.006

x[m]	z[m]	Vp [m/s]
4.500.000	-6.910.394	679.358.006
4.500.000	-8.460.389	679.358.006
4.500.000	-10.010.384	679.358.006
6.000.000	0.000000	544.550.002
6.000.000	-0.322916	544.550.002
6.000.000	-0.968747	544.550.002
6.000.000	-1.614.578	568.726.718
6.000.000	-2.260.409	646.433.890
6.000.000	-3.810.404	679.358.006
6.000.000	-5.360.399	679.358.006
6.000.000	-6.910.394	679.358.006
6.000.000	-8.460.389	679.358.006
6.000.000	-10.010.384	679.358.006
7.500.000	0.000000	544.550.002
7.500.000	-0.322916	544.550.002
7.500.000	-0.968747	544.550.002
7.500.000	-1.614.578	573.491.573
7.500.000	-2.260.409	643.986.404
7.500.000	-3.810.404	679.358.006
7.500.000	-5.360.399	679.358.006
7.500.000	-6.910.394	679.358.006
7.500.000	-8.460.389	679.358.006
7.500.000	-10.010.384	679.358.006
9.000.000	0.000000	544.550.002
9.000.000	-0.322916	544.550.002
9.000.000	-0.968747	544.550.002
9.000.000	-1.614.578	584.389.269
9.000.000	-2.260.409	643.516.958
9.000.000	-3.810.404	679.358.006
9.000.000	-5.360.399	679.358.006
9.000.000	-6.910.394	679.358.006
9.000.000	-8.460.389	679.358.006
9.000.000	-10.010.384	679.358.006
10.500.000	0.000000	544.550.002
10.500.000	-0.322916	544.550.002
10.500.000	-0.968747	544.550.002
10.500.000	-1.614.578	588.526.666
10.500.000	-2.260.409	643.537.045
10.500.000	-3.810.404	679.358.006

x[m]	z[m]	Vp [m/s]
10.500.000	-5.360.399	679.358.006
10.500.000	-6.910.394	679.358.006
10.500.000	-8.460.389	679.358.006
10.500.000	-10.010.384	679.358.006
12.000.000	0.000000	544.550.002
12.000.000	-0.322916	544.550.002
12.000.000	-0.968747	544.550.002
12.000.000	-1.614.578	581.839.085
12.000.000	-2.260.409	642.969.906
12.000.000	-3.810.404	679.358.006
12.000.000	-5.360.399	679.358.006
12.000.000	-6.910.394	679.358.006
12.000.000	-8.460.389	679.358.006
12.000.000	-10.010.384	679.358.006
13.500.000	0.000000	544.550.002
13.500.000	-0.322916	544.550.002
13.500.000	-0.968747	544.550.002
13.500.000	-1.614.578	568.228.602
13.500.000	-2.260.409	640.983.284
13.500.000	-3.810.404	679.358.006
13.500.000	-5.360.399	679.358.006
13.500.000	-6.910.394	679.358.006
13.500.000	-8.460.389	679.358.006
13.500.000	-10.010.384	679.358.006
15.000.000	0.000000	544.550.002
15.000.000	-0.322916	544.550.002
15.000.000	-0.968747	544.550.002
15.000.000	-1.614.578	555.179.000
15.000.000	-2.260.409	636.952.639
15.000.000	-3.810.404	679.163.098
15.000.000	-5.360.399	679.358.006
15.000.000	-6.910.394	679.358.006
15.000.000	-8.460.389	679.358.006
15.000.000	-10.010.384	679.358.006
16.500.000	0.000000	544.550.002
16.500.000	-0.322916	544.550.002
16.500.000	-0.968747	544.550.002
16.500.000	-1.614.578	547.546.506
16.500.000	-2.260.409	631.754.875

x[m]	z[m]	Vp [m/s]
16.500.000	-3.810.404	678.169.250
16.500.000	-5.360.399	679.358.006
16.500.000	-6.910.394	679.358.006
16.500.000	-8.460.389	679.358.006
16.500.000	-10.010.384	679.358.006
18.000.000	0.000000	544.550.002
18.000.000	-0.322916	544.550.002
18.000.000	-0.968747	544.550.002
18.000.000	-1.614.578	544.945.717
18.000.000	-2.260.409	627.599.835
18.000.000	-3.810.404	676.152.945
18.000.000	-5.360.399	679.358.006
18.000.000	-6.910.394	679.358.006
18.000.000	-8.460.389	679.358.006
18.000.000	-10.010.384	679.358.006
19.500.000	0.000000	544.550.002
19.500.000	-0.322916	544.550.002
19.500.000	-0.968747	544.550.002
19.500.000	-1.614.578	544.550.002
19.500.000	-2.260.409	625.742.853
19.500.000	-3.810.404	674.476.683
19.500.000	-5.360.399	679.358.006
19.500.000	-6.910.394	679.358.006
19.500.000	-8.460.389	679.358.006
19.500.000	-10.010.384	679.358.006
21.000.000	0.000000	544.550.002
21.000.000	-0.322916	544.550.002
21.000.000	-0.968747	544.550.002
21.000.000	-1.614.578	546.515.822
21.000.000	-2.260.409	626.944.602
21.000.000	-3.810.404	674.928.308
21.000.000	-5.360.399	679.358.006
21.000.000	-6.910.394	679.358.006
21.000.000	-8.460.389	679.358.006
21.000.000	-10.010.384	679.358.006
22.500.000	0.000000	544.550.002
22.500.000	-0.322916	544.550.002
22.500.000	-0.968747	545.057.952
22.500.000	-1.614.578	557.961.762

x[m]	z[m]	Vp [m/s]
22.500.000	-2.260.409	632.631.719
22.500.000	-3.810.404	677.045.524
22.500.000	-5.360.399	679.358.006
22.500.000	-6.910.394	679.358.006
22.500.000	-8.460.389	679.358.006
22.500.000	-10.010.384	679.358.006
24.000.000	0.000000	544.550.002
24.000.000	-0.322916	544.550.002
24.000.000	-0.968747	550.372.899
24.000.000	-1.614.578	584.087.849
24.000.000	-2.260.409	642.508.507
24.000.000	-3.810.404	678.753.614
24.000.000	-5.360.399	679.358.006
24.000.000	-6.910.394	679.358.006
24.000.000	-8.460.389	679.358.006
24.000.000	-10.010.384	679.358.006
25.500.000	0.000000	544.550.002
25.500.000	-0.322916	544.550.002
25.500.000	-0.968747	567.830.384
25.500.000	-1.614.578	613.448.024
25.500.000	-2.260.409	653.769.374
25.500.000	-3.810.404	679.306.567
25.500.000	-5.360.399	679.358.006
25.500.000	-6.910.394	679.358.006
25.500.000	-8.460.389	679.358.006
25.500.000	-10.010.384	679.358.006
27.000.000	0.000000	544.550.002
27.000.000	-0.322916	544.550.002
27.000.000	-0.968747	594.243.884
27.000.000	-1.614.578	629.745.185
27.000.000	-2.260.409	663.415.134
27.000.000	-3.810.404	679.358.006
27.000.000	-5.360.399	679.358.006
27.000.000	-6.910.394	679.358.006
27.000.000	-8.460.389	679.358.006
27.000.000	-10.010.384	679.358.006
28.000.000	0.000000	544.550.002
28.000.000	-0.322916	544.550.002
28.000.000	-0.968747	611.614.764

x[m]	z[m]	Vp [m/s]
28.000.000	-1.614.578	633.328.021
28.000.000	-2.260.409	668.539.166
28.000.000	-3.810.404	679.358.006
28.000.000	-5.360.399	679.358.006
28.000.000	-6.910.394	679.358.006
28.000.000	-8.460.389	679.358.006
28.000.000	-10.010.384	679.358.006
29.000.000	0.000000	544.550.002
29.000.000	-0.322916	544.550.002
29.000.000	-0.968747	625.641.584
29.000.000	-1.614.578	633.328.021
29.000.000	-2.260.409	673.394.382
29.000.000	-3.810.404	679.358.006
29.000.000	-5.360.399	679.358.006
29.000.000	-6.910.394	679.358.006
29.000.000	-8.460.389	679.358.006
29.000.000	-10.010.384	679.358.006

Para el procesamiento los datos los pasamos a software Excel, como x de la tabla anterior son las distancias que hay entre los geófonos y el obturador, no tomamos estos datos; como z es la profundidad se multiplica por (-1) ya que se requieren los valores de profundidad positivos. Ahora creamos una nueva tabla en donde la profundidad z se va a llamar H; se ordenan los datos de menor a mayor con respecto a la variable profundidad H.

C.2 Tabla de los datos ordenados tomados de la refracción sísmica

H [m]	Vp [m]
0,000000	544,550002
0,000000	544,550002
0,000000	544,550002
0,000000	544,550002
0,000000	544,550002
0,000000	544,550002
0,000000	544,550002
0,000000	544,550002

H [m]	Vp [m]
1,614578	557,961762
1,614578	584,087849
1,614578	613,448024
1,614578	629,745185
1,614578	633,328021
1,614578	633,328021
2,260409	679,358006
2,260409	678,997755
2,260409	676,714778
2,260409	670,552433
2,260409	661,188722
2,260409	652,209401
2,260409	646,43389
2,260409	643,986404
2,260409	643,516958
2,260409	643,537045
2,260409	642,969906
2,260409	640,983284
2,260409	636,952639
2,260409	631,754875
2,260409	627,599835
2,260409	625,742853
2,260409	626,944602
2,260409	632,631719
2,260409	642,508507
2,260409	653,769374
2,260409	663,415134
2,260409	668,539166
2,260409	673,394382
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006
3,810404	679,358006

El cálculo de la velocidad de onda de corte Vs a partir del valor de la onda de compresión Vp tomados de la refracción sísmica, se empleó la siguiente ecuación y se tomaron los valores de los coeficientes de Poisson (μ) como se muestra en el apéndice D para cada miembro de la Formación bucaramanga.

$$v_s = \frac{v_p}{\left[2(1 + \mu_s)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

C.3 Tabla de los datos ordenados con las Vs calculadas

[illegible]

H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]
0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109
0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109
0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109
0,968747	-0,013789629	338,0305921	2,528956006
0,968747	-0,013789629	341,3267823	2,533170367
0,968747	-0,013789629	352,1534549	2,546731953
0,968747	-0,013789629	368,5344122	2,566478047
0,968747	-0,013789629	379,3073746	2,578991286
0,968747	-0,013789629	388,0064391	2,588838933
1,614578	0,208059031	418,4382508	2,621631378
1,614578	0,208059031	413,7176061	2,616704003
1,614578	0,208059031	404,5523725	2,606974752
1,614578	0,208059031	392,9526832	2,594340259
1,614578	0,208059031	377,6797214	2,577123667
1,614578	0,208059031	361,1226614	2,557654742
1,614578	0,208059031	352,7093376	2,547416957
1,614578	0,208059031	355,6643752	2,551040367
1,614578	0,208059031	362,4228394	2,559215559
1,614578	0,208059031	364,9887441	2,562279471
1,614578	0,208059031	360,8412824	2,557316218
1,614578	0,208059031	352,4004192	2,547036416
1,614578	0,208059031	344,3073996	2,536946356
1,614578	0,208059031	339,5739277	2,530934338
1,614578	0,208059031	337,9609869	2,52886657
1,614578	0,208059031	337,7155748	2,52855109
1,614578	0,208059031	338,9347247	2,530116066
1,614578	0,208059031	346,0331953	2,539117763
1,614578	0,208059031	362,2359066	2,558991498
1,614578	0,208059031	380,4443142	2,580291098
1,614578	0,208059031	390,5513844	2,591678182
1,614578	0,208059031	392,773365	2,594142029
1,614578	0,208059031	392,773365	2,594142029
2,260409	0,354187028	421,3199498	2,624612024
2,260409	0,354187028	421,0965316	2,624381664
2,260409	0,354187028	419,6806894	2,622918987
2,260409	0,354187028	415,8589653	2,618946069
2,260409	0,354187028	410,0518382	2,612838763
2,260409	0,354187028	404,4830997	2,60690038
2,260409	0,354187028	400,9012799	2,603037443

H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024
10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024

Como la función logaritmo no está definida para valores menores o iguales en los reales, entonces los valores que debemos tomar para la profundidad tiene que ser $H \geq 0$, en este caso se toman los valores que están sombreados de la tabla anterior. Los ensayos SPT de este mismo sitio y el histograma de la distribución del valor de los golpes de N se muestran en la Figura 24 y Figura 25.

C.4 Tablas del sondeo 1, sondeo 2 y sondeo 3 respectivamente de la calle 40 con 25

SONDEO 1				
profundidad	N° de golpes			
	6"	12"	18"	Gol/pie
0,0-0,5	4	8	12	20
0,5-1,0	12	11	13	24
1,0-1,5	10	15	15	30
1,5-2,0	22	21	19	40
2,0-2,5	19	20	21	41
2,5-3,0	22	22	23	45
3,0-3,5	17	20	21	41
3,5-4,0	22	21	22	43
4,0-4,5	16	17	17	34
4,5-5,0	17	18	18	36

5,0-5,5	16	16	21	37
5,5-6,0	22	22	26	48
6,0-6,5	17	18	22	40
6,5-7,0	26	25	85	R
SONDEO 2				
profundidad	N° de golpes			
	6"	12"	18"	Gol/pie
0,0-0,5	6	8	8	16
0,5-1,0	9	31	92	R
1,0-1,5				
1,5-2,0				
2,0-2,5				
2,5-3,0				
3,0-3,5				
3,5-4,0				
4,0-4,5				
4,5-5,0				
5,0-5,5				
5,5-6,0				
6,0-6,5				
6,5-7,0				

SONDEO 3				
profundidad	N° de golpes			
	6"	12"	18"	Gol/pie
0,0-0,5	3	3	4	7
0,5-1,0	8	16	16	32
1,0-1,5	10	17	19	36
1,5-2,0	20	20	19	39
2,0-2,5	17	17	17	34
2,5-3,0	18	19	19	38
3,0-3,5	17	28	26	54
3,5-4,0	27	29	27	56
4,0-4,5	26	26	27	53
4,5-5,0	28	31	35	66
5,0-5,5	27	30	23	53
5,5-6,0	23	25	30	55
6,0-6,5				
6,5-7,0				

Para los cálculos se tomaron los datos los valores promedio de los tres sondeo teniendo los siguientes resultados:

Profundidad (m)	N prom	N prom redondeado
0,0-0,5	14,33333333	14
0,5-1,0	28	28
1,0-1,5	33	33
1,5-2,0	39,5	40
2,0-2,5	37,5	38
2,5-3,0	41,5	42
3,0-3,5	47,5	48
3,5-4,0	49,5	50
4,0-4,5	43,5	44
4,5-5,0	51	51
5,0-5,5	45	45
5,5-6,0	51,5	52
6,0-6,5	40	40
6,5-7,0	-----	-----

Se realiza una gráfica de tendencia lineal de los valores de N promedio para corregirlo y se establece una función de los números de golpes en función de la profundidad como se puede observar en la Figura 34 y se le asigna el valor del número de golpes de N corregido reemplazando el valor de la profundidad en dicha función. Después, se tienen los siguientes datos con su respectiva codificación:

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N corregido	log (N correg)
BOL-3A-001	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----
BOL-3A-002	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----
BOL-3A-003	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----
BOL-3A-004	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----
BOL-3A-005	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----
BOL-3A-006	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----
BOL-3A-007	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----
BOL-3A-008	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----
BOL-3A-009	0	-----	337,7155748	2,52855109	-----	-----

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N corregido	log (N correg)
BOL-3A-010	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-011	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-012	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-013	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-014	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-015	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-016	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-017	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-018	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-019	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-020	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-021	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-022	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-023	0	-----	337,7155748	2,52855109	----	-----
BOL-3A-024	0,322916	-0,490910436	362,4241703	2,559217153	28	1,447158031
BOL-3A-025	0,322916	-0,490910436	362,7965579	2,559663158	28	1,447158031
BOL-3A-026	0,322916	-0,490910436	356,6030335	2,552185033	28	1,447158031
BOL-3A-027	0,322916	-0,490910436	345,7534796	2,538766559	28	1,447158031
BOL-3A-028	0,322916	-0,490910436	339,1395494	2,530378439	28	1,447158031
BOL-3A-029	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-030	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-031	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-032	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-033	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-034	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-035	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-036	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-037	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-038	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-039	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-040	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-041	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-042	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-043	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-044	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-045	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-046	0,322916	-0,490910436	337,7155748	2,52855109	28	1,447158031
BOL-3A-047	0,968747	-0,013789629	394,3263108	2,595855756	30	1,477121255
BOL-3A-048	0,968747	-0,013789629	392,9008578	2,594282977	30	1,477121255

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N corregido	log (N correg)
BOL-3A-049	0,968747	-0,013789629	386,5932952	2,587254318	30	1,477121255
BOL-3A-050	0,968747	-0,013789629	371,1834884	2,569588649	30	1,477121255
BOL-3A-051	0,968747	-0,013789629	351,9982744	2,546540534	30	1,477121255
BOL-3A-052	0,968747	-0,013789629	340,4259763	2,532022692	30	1,477121255
BOL-3A-053	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-054	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-055	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-056	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-057	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-058	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-059	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-060	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-061	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-062	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-063	0,968747	-0,013789629	337,7155748	2,52855109	30	1,477121255
BOL-3A-064	0,968747	-0,013789629	338,0305921	2,528956006	30	1,477121255
BOL-3A-065	0,968747	-0,013789629	341,3267823	2,533170367	30	1,477121255
BOL-3A-066	0,968747	-0,013789629	352,1534549	2,546731953	30	1,477121255
BOL-3A-067	0,968747	-0,013789629	368,5344122	2,566478047	30	1,477121255
BOL-3A-068	0,968747	-0,013789629	379,3073746	2,578991286	30	1,477121255
BOL-3A-069	0,968747	-0,013789629	388,0064391	2,588838933	30	1,477121255
BOL-3A-070	1,614578	0,208059031	418,4382508	2,621631378	34	1,531478917
BOL-3A-071	1,614578	0,208059031	413,7176061	2,616704003	34	1,531478917
BOL-3A-072	1,614578	0,208059031	404,5523725	2,606974752	34	1,531478917
BOL-3A-073	1,614578	0,208059031	392,9526832	2,594340259	34	1,531478917
BOL-3A-074	1,614578	0,208059031	377,6797214	2,577123667	34	1,531478917
BOL-3A-075	1,614578	0,208059031	361,1226614	2,557654742	34	1,531478917
BOL-3A-076	1,614578	0,208059031	352,7093376	2,547416957	34	1,531478917
BOL-3A-077	1,614578	0,208059031	355,6643752	2,551040367	34	1,531478917
BOL-3A-078	1,614578	0,208059031	362,4228394	2,559215559	34	1,531478917
BOL-3A-079	1,614578	0,208059031	364,9887441	2,562279471	34	1,531478917
BOL-3A-080	1,614578	0,208059031	360,8412824	2,557316218	34	1,531478917
BOL-3A-081	1,614578	0,208059031	352,4004192	2,547036416	34	1,531478917
BOL-3A-082	1,614578	0,208059031	344,3073996	2,536946356	34	1,531478917
BOL-3A-083	1,614578	0,208059031	339,5739277	2,530934338	34	1,531478917
BOL-3A-084	1,614578	0,208059031	337,9609869	2,52886657	34	1,531478917
BOL-3A-085	1,614578	0,208059031	337,7155748	2,52855109	34	1,531478917
BOL-3A-086	1,614578	0,208059031	338,9347247	2,530116066	34	1,531478917
BOL-3A-087	1,614578	0,208059031	346,0331953	2,539117763	34	1,531478917

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N corregido	log (N correg)
BOL-3A-088	1,614578	0,208059031	362,2359066	2,558991498	34	1,531478917
BOL-3A-089	1,614578	0,208059031	380,4443142	2,580291098	34	1,531478917
BOL-3A-090	1,614578	0,208059031	390,5513844	2,591678182	34	1,531478917
BOL-3A-091	1,614578	0,208059031	392,773365	2,594142029	34	1,531478917
BOL-3A-092	1,614578	0,208059031	392,773365	2,594142029	34	1,531478917
BOL-3A-093	2,260409	0,354187028	421,3199498	2,624612024	38	1,579783597
BOL-3A-094	2,260409	0,354187028	421,0965316	2,624381664	38	1,579783597
BOL-3A-095	2,260409	0,354187028	419,6806894	2,622918987	38	1,579783597
BOL-3A-096	2,260409	0,354187028	415,8589653	2,618946069	38	1,579783597
BOL-3A-097	2,260409	0,354187028	410,0518382	2,612838763	38	1,579783597
BOL-3A-098	2,260409	0,354187028	404,4830997	2,60690038	38	1,579783597
BOL-3A-099	2,260409	0,354187028	400,9012799	2,603037443	38	1,579783597
BOL-3A-100	2,260409	0,354187028	399,3834135	2,601390025	38	1,579783597
BOL-3A-101	2,260409	0,354187028	399,0922754	2,601073322	38	1,579783597
BOL-3A-102	2,260409	0,354187028	399,1047329	2,601086878	38	1,579783597
BOL-3A-103	2,260409	0,354187028	398,7530082	2,600703972	38	1,579783597
BOL-3A-104	2,260409	0,354187028	397,5209575	2,59936003	38	1,579783597
BOL-3A-105	2,260409	0,354187028	395,0212576	2,596620467	38	1,579783597
BOL-3A-106	2,260409	0,354187028	391,7977412	2,593061928	38	1,579783597
BOL-3A-107	2,260409	0,354187028	389,2208948	2,590196147	38	1,579783597
BOL-3A-108	2,260409	0,354187028	388,0692435	2,588909224	38	1,579783597
BOL-3A-109	2,260409	0,354187028	388,8145366	2,589742493	38	1,579783597
BOL-3A-110	2,260409	0,354187028	392,3415368	2,593664289	38	1,579783597
BOL-3A-111	2,260409	0,354187028	398,4668607	2,600392208	38	1,579783597
BOL-3A-112	2,260409	0,354187028	405,4505539	2,607937898	38	1,579783597
BOL-3A-113	2,260409	0,354187028	411,4326003	2,614298701	38	1,579783597
BOL-3A-114	2,260409	0,354187028	414,6103901	2,617640181	38	1,579783597
BOL-3A-115	2,260409	0,354187028	417,6214672	2,620782815	42	1,62324929
BOL-3A-116	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-117	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-118	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-119	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-120	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-121	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-122	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-123	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-124	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-125	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-126	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N corregido	log (N correg)
BOL-3A-127	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-128	3,810404	0,580971024	417,2065746	2,620351144	42	1,62324929
BOL-3A-129	3,810404	0,580971024	416,5960587	2,619715157	42	1,62324929
BOL-3A-130	3,810404	0,580971024	415,3574523	2,618422007	42	1,62324929
BOL-3A-131	3,810404	0,580971024	414,3277328	2,617344004	42	1,62324929
BOL-3A-132	3,810404	0,580971024	414,6051638	2,617634707	42	1,62324929
BOL-3A-133	3,810404	0,580971024	415,9057593	2,618994934	42	1,62324929
BOL-3A-134	3,810404	0,580971024	416,9550306	2,620089218	42	1,62324929
BOL-3A-135	3,810404	0,580971024	417,2947069	2,620442876	42	1,62324929
BOL-3A-136	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-137	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-138	3,810404	0,580971024	417,3263057	2,620475761	42	1,62324929
BOL-3A-139	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-140	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-141	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-142	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-143	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-144	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-145	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-146	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-147	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-148	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-149	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-150	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-151	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-152	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-153	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-154	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-155	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-156	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-157	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-158	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-159	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-160	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-161	5,360399	0,729197118	417,3263057	2,620475761	49	1,69019608
BOL-3A-162	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-163	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-164	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-165	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N corregido	log (N correg)
BOL-3A-166	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-167	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-168	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-169	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-170	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-171	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-172	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-173	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-174	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-175	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-176	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-177	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-178	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-179	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-180	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-181	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-182	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-183	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-184	6,910394	0,83950281	421,3199498	2,624612024	55	1,740362689
BOL-3A-185	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-186	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-187	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-188	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-189	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-190	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-191	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-192	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-193	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-194	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-195	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-196	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-197	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-198	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-199	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-200	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-201	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-202	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-203	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-204	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N corregido	log (N correg)
BOL-3A-205	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-206	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-207	8,460389	0,927390332	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-208	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-209	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-210	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-211	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-212	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-213	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-214	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-215	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-216	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-217	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-218	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-219	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-220	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-221	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-222	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-223	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-224	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-225	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-226	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-227	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-228	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-229	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----
BOL-3A-230	10,010384	1,000450737	421,3199498	2,624612024	-----	-----

Como se va a hacer una correlación de Vs con N, para el procesamiento se toma los valores de los logaritmos de cada variable como se había explicado anteriormente disponiendo los datos así para efectuar el procedimiento de mínimos cuadrados lineal de la forma matricial:

		log (N correg)	log (Vs)
Muestra		log X	log Y
BOL-3A-024	1	1,447158031	2,559217153
BOL-3A-025	1	1,447158031	2,559663158

		log (N correg)	log (Vs)
Muestra		log X	log Y
BOL-3A-026	1	1,447158031	2,552185033
BOL-3A-027	1	1,447158031	2,538766559
BOL-3A-028	1	1,447158031	2,530378439
BOL-3A-029	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-030	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-031	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-032	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-033	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-034	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-035	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-036	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-037	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-038	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-039	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-040	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-041	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-042	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-043	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-044	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-045	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-046	1	1,447158031	2,52855109
BOL-3A-047	1	1,447158031	2,595855756
BOL-3A-048	1	1,447158031	2,594282977
BOL-3A-049	1	1,447158031	2,587254318
BOL-3A-050	1	1,477121255	2,569588649
BOL-3A-051	1	1,477121255	2,546540534
BOL-3A-052	1	1,477121255	2,532022692
BOL-3A-053	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-054	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-055	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-056	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-057	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-058	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-059	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-060	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-061	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-062	1	1,477121255	2,52855109
BOL-3A-063	1	1,477121255	2,52855109

		log (N correg)	log (Vs)
Muestra		log X	log Y
BOL-3A-064	1	1,477121255	2,528956006
BOL-3A-065	1	1,477121255	2,533170367
BOL-3A-066	1	1,477121255	2,546731953
BOL-3A-067	1	1,477121255	2,566478047
BOL-3A-068	1	1,477121255	2,578991286
BOL-3A-069	1	1,477121255	2,588838933
BOL-3A-070	1	1,477121255	2,621631378
BOL-3A-071	1	1,477121255	2,616704003
BOL-3A-072	1	1,477121255	2,606974752
BOL-3A-073	1	1,531478917	2,594340259
BOL-3A-074	1	1,531478917	2,577123667
BOL-3A-075	1	1,531478917	2,557654742
BOL-3A-076	1	1,531478917	2,547416957
BOL-3A-077	1	1,531478917	2,551040367
BOL-3A-078	1	1,531478917	2,559215559
BOL-3A-079	1	1,531478917	2,562279471
BOL-3A-080	1	1,531478917	2,557316218
BOL-3A-081	1	1,531478917	2,547036416
BOL-3A-082	1	1,531478917	2,536946356
BOL-3A-083	1	1,531478917	2,530934338
BOL-3A-084	1	1,531478917	2,52886657
BOL-3A-085	1	1,531478917	2,52855109
BOL-3A-086	1	1,531478917	2,530116066
BOL-3A-087	1	1,531478917	2,539117763
BOL-3A-088	1	1,531478917	2,558991498
BOL-3A-089	1	1,531478917	2,580291098
BOL-3A-090	1	1,531478917	2,591678182
BOL-3A-091	1	1,531478917	2,594142029
BOL-3A-092	1	1,531478917	2,594142029
BOL-3A-093	1	1,531478917	2,624612024
BOL-3A-094	1	1,531478917	2,624381664
BOL-3A-095	1	1,531478917	2,622918987
BOL-3A-096	1	1,579783597	2,618946069
BOL-3A-097	1	1,579783597	2,612838763
BOL-3A-098	1	1,579783597	2,60690038
BOL-3A-099	1	1,579783597	2,603037443
BOL-3A-100	1	1,579783597	2,601390025
BOL-3A-101	1	1,579783597	2,601073322

		log (N correg)	log (Vs)
Muestra		log X	log Y
BOL-3A-102	1	1,579783597	2,601086878
BOL-3A-103	1	1,579783597	2,600703972
BOL-3A-104	1	1,579783597	2,59936003
BOL-3A-105	1	1,579783597	2,596620467
BOL-3A-106	1	1,579783597	2,593061928
BOL-3A-107	1	1,579783597	2,590196147
BOL-3A-108	1	1,579783597	2,588909224
BOL-3A-109	1	1,579783597	2,589742493
BOL-3A-110	1	1,579783597	2,593664289
BOL-3A-111	1	1,579783597	2,600392208
BOL-3A-112	1	1,579783597	2,607937898
BOL-3A-113	1	1,579783597	2,614298701
BOL-3A-114	1	1,579783597	2,617640181
BOL-3A-115	1	1,579783597	2,620782815
BOL-3A-116	1	1,579783597	2,620475761
BOL-3A-117	1	1,579783597	2,620475761
BOL-3A-118	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-119	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-120	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-121	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-122	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-123	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-124	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-125	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-126	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-127	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-128	1	1,62324929	2,620351144
BOL-3A-129	1	1,62324929	2,619715157
BOL-3A-130	1	1,62324929	2,618422007
BOL-3A-131	1	1,62324929	2,617344004
BOL-3A-132	1	1,62324929	2,617634707
BOL-3A-133	1	1,62324929	2,618994934
BOL-3A-134	1	1,62324929	2,620089218
BOL-3A-135	1	1,62324929	2,620442876
BOL-3A-136	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-137	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-138	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-139	1	1,62324929	2,620475761

		log (N correg)	log (Vs)
Muestra		log X	log Y
BOL-3A-140	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-141	1	1,62324929	2,620475761
BOL-3A-142	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-143	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-144	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-145	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-146	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-147	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-148	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-149	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-150	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-151	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-152	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-153	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-154	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-155	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-156	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-157	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-158	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-159	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-160	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-161	1	1,69019608	2,620475761
BOL-3A-162	1	1,69019608	2,624612024
BOL-3A-163	1	1,69019608	2,624612024
BOL-3A-164	1	1,69019608	2,624612024
BOL-3A-165	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-166	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-167	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-168	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-169	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-170	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-171	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-172	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-173	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-174	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-175	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-176	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-177	1	1,740362689	2,624612024

		log (N correg)	log (Vs)
Muestra		log X	log Y
BOL-3A-178	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-179	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-180	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-181	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-182	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-183	1	1,740362689	2,624612024
BOL-3A-184	1	1,740362689	2,624612024

Las celdas sombreadas de color verde es la matriz X y las sombreadas de color naranja es la matriz Y.

Para obtener los parámetros desconocidos se realiza las siguientes operaciones matriciales.

$$\begin{aligned}
 &X^T \\
 &X^T \cdot X \\
 &(X^T \cdot X) - 1 \\
 &(X^T \cdot X) - 1 \cdot X^T \\
 &[(X^T \cdot X) - 1 \cdot X^T] \cdot Y
 \end{aligned}$$

Se calcula el coeficiente de determinación:

$$r^2 = 1 - (\sum Sserr / \sum Sstos) = 0.71$$

Luego de arreglada la expresión se tiene la siguiente ecuación:

$$Vs = 120.78N^{0.32}$$

Anexo D. Análisis de sensibilidad

Los coeficientes de Poisson para los Miembros de la formación Bucaramanga los podemos determinar por medio de la siguiente tabla que indica los rangos de valores indicativos para diferentes tipos de suelos:

Valores Típicos de los coeficientes de los valores de Poisson para varios tipos de suelos

Type of soil	μ
Clay (saturated)	0.4 – 0.5
Clay (unsaturated)	0.1 – 0.3
Sandy clay	0.2 – 0.3
Silt	0.3 – 0.35
Sand (dense)	0.2 – 0.4
Course (void ratio = 0.4 – 0.7)	0.15
Fine grained (void ratio = 0.4 – 0.7)	0.25
Rock	0.1–0.4 (depends on type of rock)
Loess	0.1 – 0.3
Ice	0.36
Concrete	0.15

Fuente: Manual Praxis

Conforme a la anterior tabla de los rangos de valores que se asignan para los Miembros de la Formación Bucaramanga son:

- Limos rojos (Qblr)
Suelos limosos
- Gravoso (Qbg)
Suelos con cantos en matriz arenosa
- Finos (Qbf)
Suelos arcillosos limosos
- Órganos (Qbo)
Suelos con cantos en matriz arenosa

Los rangos de valores del coeficiente de Poisson para los Miembros de la Formación Bucaramanga se muestran a continuación:

Valores de Poisson tomados para los Miembros de la Formación Bucaramanga

Miembros Formación Bucaramanga	μ
Limos Rojos (Qblr)	0.3-0.35
Gravoso (Qbg)	0.2-0.4
Finos (Qbf)	0.1-0.3
Organos (Qbo)	0.2-0.4

Fuente: Autor

Con el fin de efectuar el análisis de sensibilidad, inicialmente se realizó la determinación del coeficiente de Poisson por medio de las velocidades de onda Vs determinadas por el ensayo de Down Hole en el barrio porvenir para el miembro Limos Rojos y las velocidades de onda Vp determinadas por el ensayo de refracción sísmica en el barrio Antonia Santos para el mismo miembro Y utilizando las ecuaciones teóricas del modulo de Poisson, a continuación de muestra los resultados de coeficientes de Poisson a diferentes profundidades.

Ecuación teórica del modulo de Poisson

$$\nu = \frac{0.5(V_P/V_S)^2 - 1}{(V_P/V_S)^2 - 1}$$

Determinación del Modulo de Poisson

PROFUNDIDAD	Ensayo de Refracción Sísmica en el barrio Antonia Santos	Ensayo de Down Hole en el Barrio El Porvenir	Coeficiente de Poisson
	Vp	Vs	
2	568,917	301,11	0,31
3	626,592696	342,47	0,29
8	974,024475	531,91	0,29
10	1198,894382	671,14	0,27
11	1198,894382	515,46	0,39
13	1277,934313	523,56	0,40
14	1277,934313	598,8	0,36
PROMEDIO			0,33

Fuente: Autor

Conociendo los coeficientes medios de Poisson se puede verificar que se encuentran dentro del rango analizado para las velocidades de onda Vs determinadas a continuación:

Para calcular la velocidad de onda de corte Vs se empleó la siguiente ecuación Teórica:

$$v_s = \frac{v_p}{\left[2(1 + \mu_s)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

Donde Vp es la onda de, Vs es la onda de corte y μ_s es el coeficiente de Poisson, evaluando la ecuación se obtuvieron las siguientes velocidades:

Velocidades de onda para el Barrio Bolívar

Muestra	Miembro	Vp [m]	μ_{min}	μ_{prom}	μ_{max}	Vs1 [m] de μ_{min}	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de μ_{max}
BOL-3A-116	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-117	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-118	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-119	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-120	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-121	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-122	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-123	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-124	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-125	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-126	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-127	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-128	Qblr	679,1631	0,3	0,325	0,35	421,199073	417,2065746	413,3254989
BOL-3A-129	Qblr	678,16925	0,3	0,325	0,35	420,5827147	416,5960587	412,7206623
BOL-3A-130	Qblr	676,15295	0,3	0,325	0,35	419,3322554	415,3574523	411,4935781
BOL-3A-131	Qblr	674,47668	0,3	0,325	0,35	418,2926818	414,3277328	410,4734375
BOL-3A-132	Qblr	674,92831	0,3	0,325	0,35	418,5727677	414,6051638	410,7482878
BOL-3A-133	Qblr	677,04552	0,3	0,325	0,35	419,8858094	415,9057593	412,0367844
BOL-3A-134	Qblr	678,75361	0,3	0,325	0,35	420,9451218	416,9550306	413,0762949

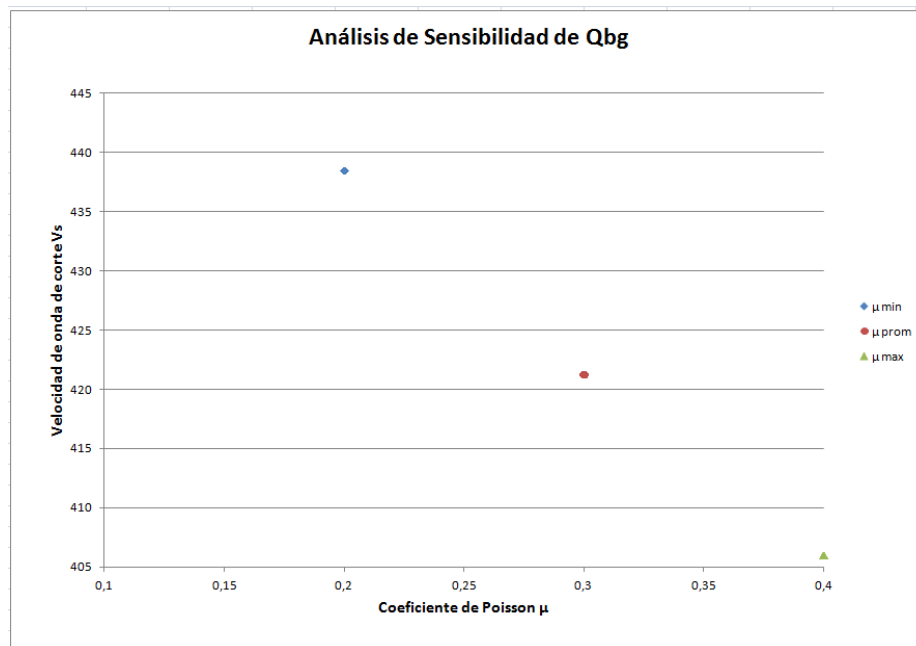
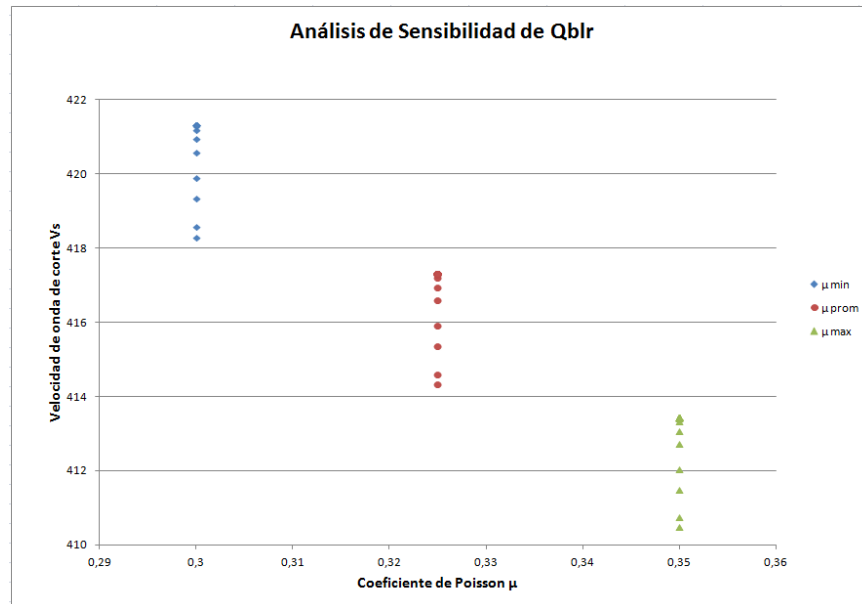
Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
BOL-3A-135	Qblr	679,30657	0,3	0,325	0,35	421,2880487	417,2947069	413,4128113
BOL-3A-136	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-137	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-138	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-139	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-140	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-141	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-142	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-143	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-144	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-145	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-146	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-147	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-148	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-149	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-150	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-151	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-152	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-153	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-154	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-155	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-156	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-157	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-158	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-159	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-160	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-161	Qblr	679,35801	0,3	0,325	0,35	421,3199498	417,3263057	413,4441161
BOL-3A-162	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-163	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-164	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-165	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-166	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-167	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-168	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-169	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-170	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-171	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-172	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624

Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
BOL-3A-211	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-212	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-213	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-214	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-215	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-216	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-217	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-218	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-219	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-220	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-221	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-222	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-223	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-224	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-225	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-226	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-227	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-228	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-229	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624
BOL-3A-230	Qbg	679,35801	0,2	0,3	0,4	438,5237072	421,3199498	405,9940624

Fuente: Autor

La siguiente es la gráfica de dispersión que toma las Vs al emplear los valores de μ máximo, mínimo y medio para los datos obtenidos del Barrio La Pedregosa.

Dispersión de sensibilidad Barrio Bolívar



Fuente: Autor

Para obtener el delta de error se graficaron las dispersión de los valores de velocidad para cada coeficiente de Poisson para estimar el delta de error

Valores extremos Valores extremos de las velocidades de onda determinadas Barrio Bolívar

MAXIMO		PROMEDIO	MINIMO
Qblr	421,3199498	417,1010455	410,4734375
Qbg	438,5237072	421,3199498	405,9940624

Fuente: Autor

Error relativo

ERROR AL MAXIMO		ERROR AL MINIMO
Qblr	4,21890429	6,627607987
Qbg	17,2037574	15,32588745

Fuente: Autor

Velocidades de onda para el Barrio La Pedregosa

Muestra	Miembro	Vp [m]	μ min	μ prom	μ max	Vs1 [m] de μ min	Vs2 [m] de μ prom	Vs3 [m] de μ max
PED-4A-117	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-118	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-119	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-120	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-121	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-122	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-123	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-124	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-125	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-126	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-127	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-128	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-129	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-130	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-131	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-132	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-133	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-134	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-135	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-136	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-137	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004

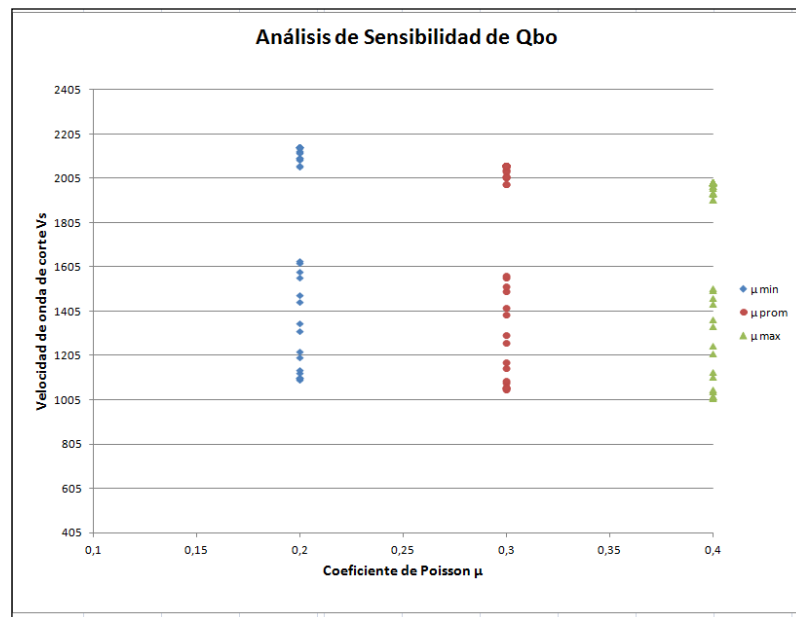
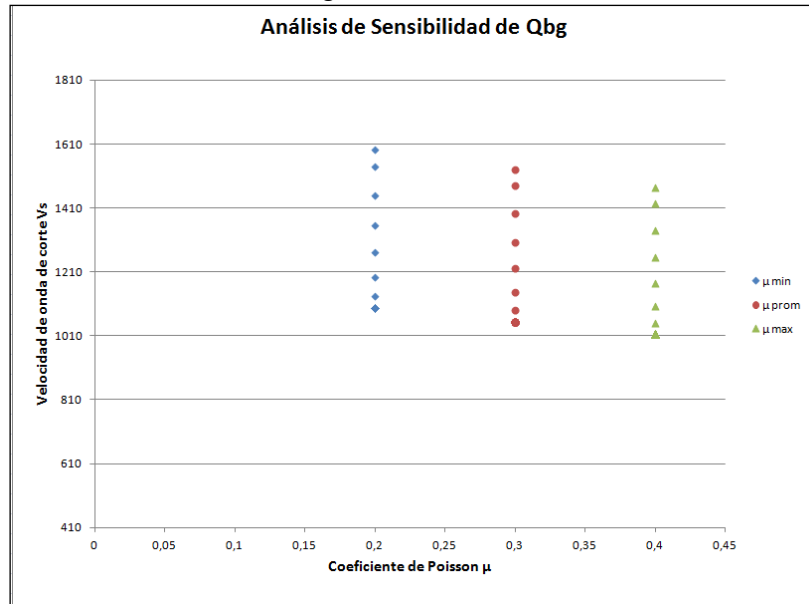
Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
PED-4A-138	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-139	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-140	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-141	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-142	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-143	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-144	Qbg	1697,128057	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
PED-4A-145	Qbg	2467,686892	0,2	0,3	0,4	1592,885039	1530,394443	1474,724986
PED-4A-146	Qbg	2383,893967	0,2	0,3	0,4	1538,796939	1478,428277	1424,649135
PED-4A-147	Qbg	2243,743896	0,2	0,3	0,4	1448,330457	1391,510893	1340,893448
PED-4A-148	Qbg	2100,337029	0,2	0,3	0,4	1355,761722	1302,57373	1255,191453
PED-4A-149	Qbg	1966,410995	0,2	0,3	0,4	1269,312839	1219,516329	1175,155339
PED-4A-150	Qbg	1845,594049	0,2	0,3	0,4	1191,325836	1144,58884	1102,953404
PED-4A-151	Qbg	1755,553961	0,2	0,3	0,4	1133,205209	1088,748348	1049,14416
PED-4A-152	Qbo	1710,396051	0,2	0,3	0,4	1104,055903	1060,742601	1022,157147
PED-4A-153	Qbo	1698,256016	0,2	0,3	0,4	1096,219545	1053,213671	1014,902088
PED-4A-154	Qbo	1703,637958	0,2	0,3	0,4	1099,693573	1056,55141	1018,118414
PED-4A-155	Qbo	1744,104028	0,2	0,3	0,4	1125,814309	1081,647401	1042,301516
PED-4A-156	Qbo	1855,216026	0,2	0,3	0,4	1197,536795	1150,556137	1108,703635
PED-4A-157	Qbo	2036,848068	0,2	0,3	0,4	1314,779774	1263,199548	1217,249542
PED-4A-158	Qbo	2240,773916	0,2	0,3	0,4	1446,413343	1389,66899	1339,118546
PED-4A-159	Qbo	2411,870003	0,2	0,3	0,4	1556,855392	1495,778278	1441,368015
PED-4A-160	Qbo	2514,707088	0,2	0,3	0,4	1623,236445	1559,555131	1502,824928
PED-4A-161	Qbo	2529,671907	0,2	0,3	0,4	1632,896195	1568,835918	1511,768118
PED-4A-162	Qbo	2451,147079	0,2	0,3	0,4	1582,208636	1520,136887	1464,840557
PED-4A-163	Qbo	2293,229103	0,2	0,3	0,4	1480,273021	1422,200316	1370,466516
PED-4A-164	Qbo	2091,105938	0,2	0,3	0,4	1349,803079	1296,84885	1249,674821
PED-4A-165	Qbo	1896,868944	0,2	0,3	0,4	1224,423638	1176,38818	1133,596015
PED-4A-166	Qbo	1763,648987	0,2	0,3	0,4	1138,430526	1093,76867	1053,981863
PED-4A-167	Qbo	1711,148024	0,2	0,3	0,4	1104,5413	1061,208955	1022,606537
PED-4A-168	Qbo	1711,148024	0,2	0,3	0,4	1104,5413	1061,208955	1022,606537
PED-4A-169	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-170	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-171	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-172	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-173	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-174	Qbo	3323,030949	0,2	0,3	0,4	2145,007254	2060,856309	1985,89083
PED-4A-175	Qbo	3294,689894	0,2	0,3	0,4	2126,713182	2043,279933	1968,95381

Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
PED-4A-176	Qbo	3239,919901	0,2	0,3	0,4	2091,359303	2009,313025	1936,222479
PED-4A-177	Qbo	3192,621946	0,2	0,3	0,4	2060,828605	1979,980079	1907,956544
PED-4A-178	Qbo	3195,041895	0,2	0,3	0,4	2062,390675	1981,480867	1909,40274
PED-4A-179	Qbo	3244,961977	0,2	0,3	0,4	2094,613949	2012,439988	1939,235696
PED-4A-180	Qbo	3298,254967	0,2	0,3	0,4	2129,014426	2045,490897	1971,084349
PED-4A-181	Qbo	3323,97294	0,2	0,3	0,4	2145,615307	2061,440507	1986,453777
PED-4A-182	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-183	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-184	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-185	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-186	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-187	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-188	Qbo	3328,243971	0,2	0,3	0,4	2148,372245	2064,089288	1989,006206
PED-4A-189	Qbo	3317,133904	0,2	0,3	0,4	2141,200728	2057,199117	1982,366672
PED-4A-190	Qbo	3282,180071	0,2	0,3	0,4	2118,638126	2035,52167	1961,477761
PED-4A-191	Qbo	3247,844934	0,2	0,3	0,4	2096,47489	2014,227922	1940,958592
PED-4A-192	Qbo	3247,844934	0,2	0,3	0,4	2096,47489	2014,227922	1940,958592
PED-4A-193	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-194	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-195	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-196	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-197	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-198	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-199	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-200	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-201	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-202	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-203	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-204	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-205	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-206	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-207	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-208	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-209	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-210	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-211	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-212	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-213	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872

Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
PED-4A-214	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-215	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-216	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-217	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-218	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-219	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-220	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-221	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-222	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-223	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-224	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-225	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-226	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-227	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-228	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-229	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-230	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-231	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-232	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-233	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-234	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-235	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-236	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-237	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-238	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-239	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872
PED-4A-240	Qbo	3328,911066	0,2	0,3	0,4	2148,802853	2064,503003	1989,404872

Fuente: Autor

Dispersión de los datos Barrio La Pedregosa



Fuente: Autor

Valores extremos de las velocidades de onda determinadas Barrio La Pedregosa

	Máximo	Promedio	Mínimo
Qbg	1592,885039	1102,185304	1014,228004
Qbo	2148,802853	1904,457692	1014,902088

Fuente: Autor

Errores relativos

Error desde el promedio al máximo		Error desde el promedio al mínimo	
Qbg	490,70		87,96
Qbo	244,35		889,56

Fuente: Autor

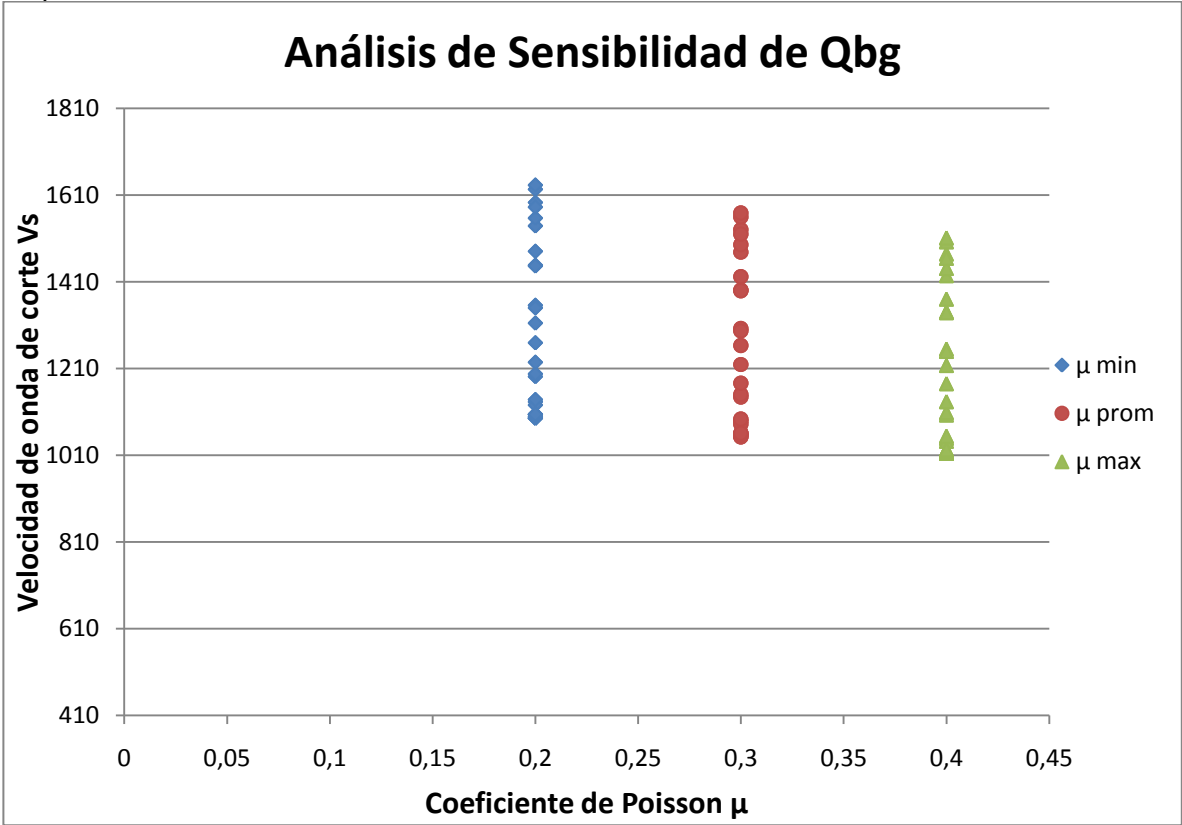
Velocidades de onda para el Barrio La Cumbre

Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
CUM-4A-116	Qbg	1697,1281	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
CUM-4A-117	Qbg	1697,1281	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
CUM-4A-118	Qbg	1697,1281	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
CUM-4A-119	Qbg	1697,1281	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
CUM-4A-120	Qbg	1697,1281	0,2	0,3	0,4	1095,49145	1052,514141	1014,228004
CUM-4A-121	Qbg	2467,6869	0,2	0,3	0,4	1592,885039	1530,394443	1474,724986
CUM-4A-122	Qbg	2383,894	0,2	0,3	0,4	1538,796939	1478,428277	1424,649135
CUM-4A-123	Qbg	2243,7439	0,2	0,3	0,4	1448,330457	1391,510893	1340,893448
CUM-4A-124	Qbg	2100,337	0,2	0,3	0,4	1355,761722	1302,57373	1255,191453
CUM-4A-125	Qbg	1966,411	0,2	0,3	0,4	1269,312839	1219,516329	1175,155339
CUM-4A-126	Qbg	1845,594	0,2	0,3	0,4	1191,325836	1144,58884	1102,953404
CUM-4A-127	Qbg	1755,554	0,2	0,3	0,4	1133,205209	1088,748348	1049,14416
CUM-4A-128	Qbg	1710,3961	0,2	0,3	0,4	1104,055903	1060,742601	1022,157147
CUM-4A-129	Qbg	1698,256	0,2	0,3	0,4	1096,219545	1053,213671	1014,902088
CUM-4A-130	Qbg	1703,638	0,2	0,3	0,4	1099,693573	1056,55141	1018,118414
CUM-4A-131	Qbg	1744,104	0,2	0,3	0,4	1125,814309	1081,647401	1042,301516
CUM-4A-132	Qbg	1855,216	0,2	0,3	0,4	1197,536795	1150,556137	1108,703635
CUM-4A-133	Qbg	2036,8481	0,2	0,3	0,4	1314,779774	1263,199548	1217,249542
CUM-4A-134	Qbg	2240,7739	0,2	0,3	0,4	1446,413343	1389,66899	1339,118546
CUM-4A-135	Qbg	2411,87	0,2	0,3	0,4	1556,855392	1495,778278	1441,368015
CUM-4A-136	Qbg	2514,7071	0,2	0,3	0,4	1623,236445	1559,555131	1502,824928
CUM-4A-137	Qbg	2529,6719	0,2	0,3	0,4	1632,896195	1568,835918	1511,768118
CUM-4A-138	Qbg	2451,1471	0,2	0,3	0,4	1582,208636	1520,136887	1464,840557
CUM-4A-139	Qbg	2293,2291	0,2	0,3	0,4	1480,273021	1422,200316	1370,466516
CUM-4A-140	Qbg	2091,1059	0,2	0,3	0,4	1349,803079	1296,84885	1249,674821
CUM-4A-141	Qbg	1896,8689	0,2	0,3	0,4	1224,423638	1176,38818	1133,596015
CUM-4A-142	Qbg	1763,649	0,2	0,3	0,4	1138,430526	1093,76867	1053,981863
CUM-4A-143	Qbg	1711,148	0,2	0,3	0,4	1104,5413	1061,208955	1022,606537
CUM-4A-144	Qbg	1711,148	0,2	0,3	0,4	1104,5413	1061,208955	1022,606537
CUM-4A-145	Qbg	2467,6869	0,2	0,3	0,4	1592,885039	1530,394443	1474,724986
CUM-4A-146	Qbg	2383,894	0,2	0,3	0,4	1538,796939	1478,428277	1424,649135
CUM-4A-147	Qbg	2243,7439	0,2	0,3	0,4	1448,330457	1391,510893	1340,893448

Muestra	Miembro	Vp [m]	μ_{min}	μ_{prom}	μ_{max}	Vs1 [m] de μ_{min}	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de μ_{max}
CUM-4A-148	Qbg	2100,337	0,2	0,3	0,4	1355,761722	1302,57373	1255,191453
CUM-4A-149	Qbg	1966,411	0,2	0,3	0,4	1269,312839	1219,516329	1175,155339
CUM-4A-150	Qbg	1845,594	0,2	0,3	0,4	1191,325836	1144,58884	1102,953404
CUM-4A-151	Qbg	1755,554	0,2	0,3	0,4	1133,205209	1088,748348	1049,14416
CUM-4A-152	Qbg	1710,3961	0,2	0,3	0,4	1104,055903	1060,742601	1022,157147
CUM-4A-153	Qbg	1698,256	0,2	0,3	0,4	1096,219545	1053,213671	1014,902088
CUM-4A-154	Qbg	1703,638	0,2	0,3	0,4	1099,693573	1056,55141	1018,118414
CUM-4A-155	Qbg	1744,104	0,2	0,3	0,4	1125,814309	1081,647401	1042,301516
CUM-4A-156	Qbg	1855,216	0,2	0,3	0,4	1197,536795	1150,556137	1108,703635
CUM-4A-157	Qbg	2036,8481	0,2	0,3	0,4	1314,779774	1263,199548	1217,249542
CUM-4A-158	Qbg	2240,7739	0,2	0,3	0,4	1446,413343	1389,66899	1339,118546
CUM-4A-159	Qbg	2411,87	0,2	0,3	0,4	1556,855392	1495,778278	1441,368015
CUM-4A-160	Qbg	2514,7071	0,2	0,3	0,4	1623,236445	1559,555131	1502,824928
CUM-4A-161	Qbg	2529,6719	0,2	0,3	0,4	1632,896195	1568,835918	1511,768118
CUM-4A-162	Qbg	2451,1471	0,2	0,3	0,4	1582,208636	1520,136887	1464,840557
CUM-4A-163	Qbg	2293,2291	0,2	0,3	0,4	1480,273021	1422,200316	1370,466516
CUM-4A-164	Qbg	2091,1059	0,2	0,3	0,4	1349,803079	1296,84885	1249,674821
CUM-4A-165	Qbg	1896,8689	0,2	0,3	0,4	1224,423638	1176,38818	1133,596015
CUM-4A-166	Qbg	1763,649	0,2	0,3	0,4	1138,430526	1093,76867	1053,981863
CUM-4A-167	Qbg	1711,148	0,2	0,3	0,4	1104,5413	1061,208955	1022,606537
CUM-4A-168	Qbg	1711,148	0,2	0,3	0,4	1104,5413	1061,208955	1022,606537

Fuente: Autor

Dispersión de los datos Barrio La Cumbre



Fuente: Autor

Valores extremos de las velocidades de onda determinadas Barrio La Cumbre

	Máximo	Promedio	Mínimo
Qbg	1632,896195	1249,002117	1014,228004

Fuente: Autor

Errores relativos Barrio La cumbre

Error desde el promedio al máximo		Error desde el promedio al mínimo
Qbg	383,89	234,77

Fuente: Autor

Velocidades de onda para el Barrio La Cumbre

Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
ANT-3A-116	Qblr	749,6721	0,3	0,325	0,35	464,9269091	460,5199195	456,23592
ANT-3A-117	Qblr	709,6401	0,3	0,325	0,35	440,1001352	435,9284758	431,873239
ANT-3A-118	Qblr	681,2613	0,3	0,325	0,35	422,5003233	418,4954905	414,602425
ANT-3A-119	Qblr	675,6861	0,3	0,325	0,35	419,0427062	415,0706478	411,209442
ANT-3A-120	Qblr	675,6861	0,3	0,325	0,35	419,0427062	415,0706478	411,209442
ANT-3A-121	Qblr	980,7158	0,3	0,325	0,35	608,21409	602,4488975	596,8446
ANT-3A-122	Qblr	985,4401	0,3	0,325	0,35	611,1439908	605,351026	599,719731
ANT-3A-123	Qblr	995,4398	0,3	0,325	0,35	617,3455371	611,4937886	605,805351
ANT-3A-124	Qblr	999,0172	0,3	0,325	0,35	619,5641904	613,6914116	607,98253
ANT-3A-125	Qblr	992,5187	0,3	0,325	0,35	615,5339447	609,699368	604,027623
ANT-3A-126	Qblr	983,6689	0,3	0,325	0,35	610,0455689	604,263016	598,641842
ANT-3A-127	Qblr	977,6231	0,3	0,325	0,35	606,2961118	600,5490995	594,962475
ANT-3A-128	Qblr	975,0529	0,3	0,325	0,35	604,702134	598,9702308	593,398294
ANT-3A-129	Qblr	974,4055	0,3	0,325	0,35	604,300618	598,5725208	593,004283
ANT-3A-130	Qblr	974,3314	0,3	0,325	0,35	604,2547072	598,5270452	592,959231
ANT-3A-131	Qblr	974,3314	0,3	0,325	0,35	604,2547072	598,5270452	592,959231
ANT-3A-132	Qblr	974,3314	0,3	0,325	0,35	604,2547072	598,5270452	592,959231
ANT-3A-133	Qblr	974,4915	0,3	0,325	0,35	604,3539585	598,6253557	593,056627
ANT-3A-134	Qblr	975,7604	0,3	0,325	0,35	605,1409112	599,4048489	593,828869
ANT-3A-135	Qblr	980,1155	0,3	0,325	0,35	607,8418128	602,080149	596,479282
ANT-3A-136	Qblr	988,5293	0,3	0,325	0,35	613,0598251	607,2487003	601,599752
ANT-3A-137	Qblr	998,2007	0,3	0,325	0,35	619,0577665	613,189788	607,485573
ANT-3A-138	Qblr	1003,132	0,3	0,325	0,35	622,1161958	616,2192267	610,48683
ANT-3A-139	Qblr	997,1284	0,3	0,325	0,35	618,3927618	612,5310867	606,832999
ANT-3A-140	Qblr	983,3971	0,3	0,325	0,35	609,8770076	604,0960524	598,476432
ANT-3A-141	Qblr	974,0245	0,3	0,325	0,35	604,0643362	598,3384787	592,772418
ANT-3A-142	Qblr	971,9512	0,3	0,325	0,35	602,7785742	597,0649042	591,510691
ANT-3A-143	Qblr	971,9512	0,3	0,325	0,35	602,7785742	597,0649042	591,510691
ANT-3A-144	Qblr	971,9512	0,3	0,325	0,35	602,7785742	597,0649042	591,510691
ANT-3A-145	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-146	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-147	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-148	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-149	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-150	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-151	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-152	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886

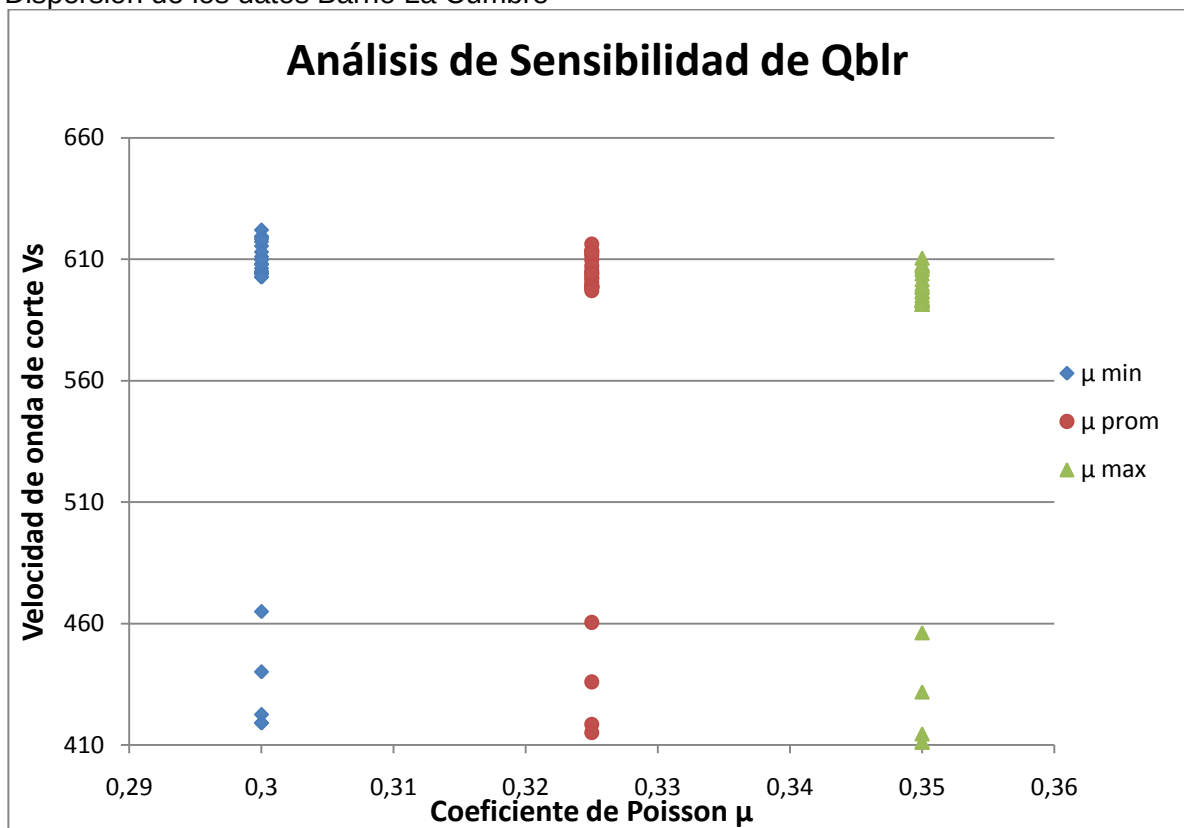
Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
ANT-3A-153	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-154	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-155	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-156	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-157	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-158	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-159	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-160	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-161	Qbo	1198,894	0,2	0,3	0,4	743,5227324	736,4749645	729,623886
ANT-3A-162	Qbo	1195,471	0,2	0,3	0,4	741,3993755	734,3717347	727,540221
ANT-3A-163	Qbo	1186,656	0,2	0,3	0,4	735,932513	728,9566919	722,175552
ANT-3A-164	Qbo	1179,297	0,2	0,3	0,4	731,3689334	724,43637	717,697281
ANT-3A-165	Qbo	1177,33	0,2	0,3	0,4	730,1488589	723,2278604	716,500013
ANT-3A-166	Qbo	1177,33	0,2	0,3	0,4	730,1488589	723,2278604	716,500013
ANT-3A-167	Qbo	1177,33	0,2	0,3	0,4	730,1488589	723,2278604	716,500013
ANT-3A-168	Qbo	1177,33	0,2	0,3	0,4	730,1488589	723,2278604	716,500013
ANT-3A-169	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-170	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-171	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-172	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-173	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-174	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-175	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-176	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-177	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-178	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-179	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-180	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-181	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-182	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-183	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-184	Qbo	1277,934	0,2	0,3	0,4	792,5412167	785,0288081	777,726056
ANT-3A-185	Qbo	1280,945	0,2	0,3	0,4	794,4083301	786,8782234	779,558267
ANT-3A-186	Qbo	1288,979	0,2	0,3	0,4	799,3910219	791,8136848	784,447816
ANT-3A-187	Qbo	1296,016	0,2	0,3	0,4	803,7549893	796,1362866	788,730207
ANT-3A-188	Qbo	1298,029	0,2	0,3	0,4	805,003379	797,372843	789,95526
ANT-3A-189	Qbo	1298,029	0,2	0,3	0,4	805,003379	797,372843	789,95526
ANT-3A-190	Qbo	1298,029	0,2	0,3	0,4	805,003379	797,372843	789,95526

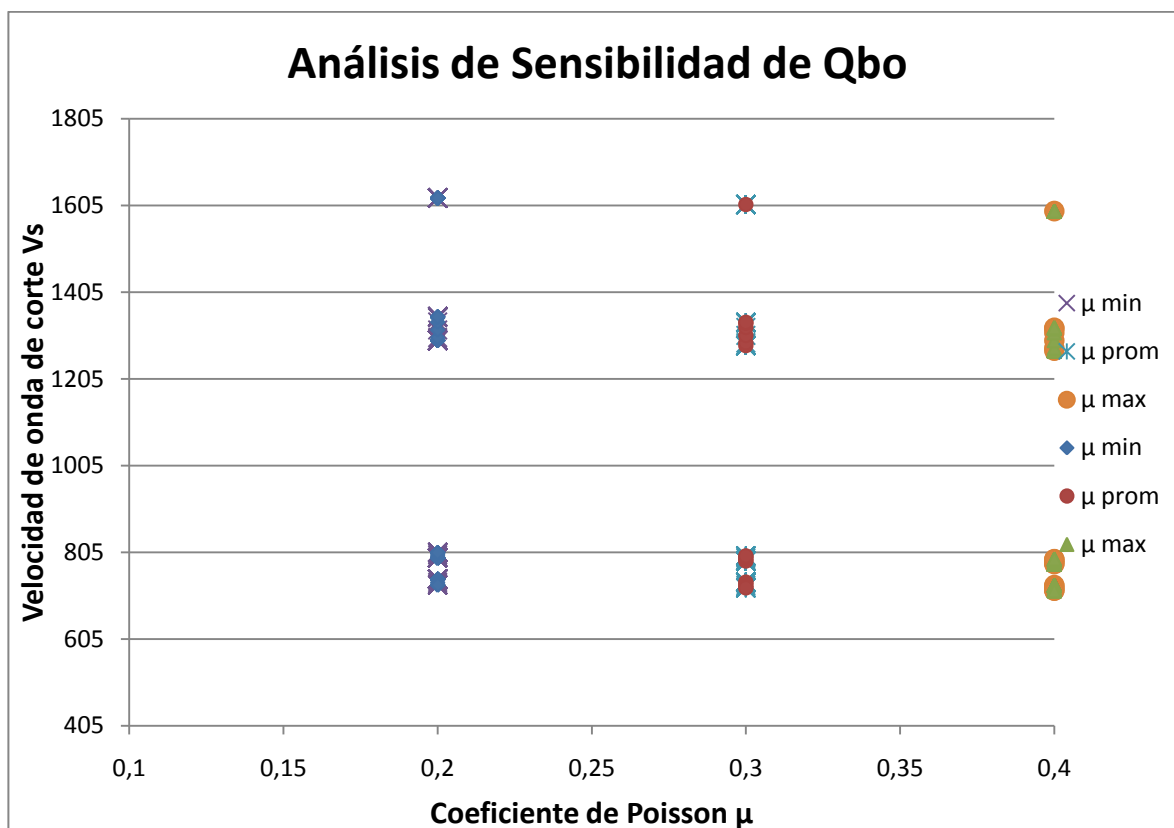
Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
ANT-3A-191	Qbo	1298,029	0,2	0,3	0,4	805,003379	797,372843	789,95526
ANT-3A-192	Qbo	1298,029	0,2	0,3	0,4	805,003379	797,372843	789,95526
ANT-3A-193	Qbo	2086,893	0,2	0,3	0,4	1294,236148	1281,96823	1270,04268
ANT-3A-194	Qbo	2086,893	0,2	0,3	0,4	1294,236148	1281,96823	1270,04268
ANT-3A-195	Qbo	2086,893	0,2	0,3	0,4	1294,236148	1281,96823	1270,04268
ANT-3A-196	Qbo	2086,893	0,2	0,3	0,4	1294,236148	1281,96823	1270,04268
ANT-3A-197	Qbo	2086,9	0,2	0,3	0,4	1294,240583	1281,972623	1270,04704
ANT-3A-198	Qbo	2086,915	0,2	0,3	0,4	1294,249603	1281,981557	1270,05589
ANT-3A-199	Qbo	2086,922	0,2	0,3	0,4	1294,254038	1281,985951	1270,06024
ANT-3A-200	Qbo	2086,922	0,2	0,3	0,4	1294,254038	1281,985951	1270,06024
ANT-3A-201	Qbo	2086,922	0,2	0,3	0,4	1294,254038	1281,985951	1270,06024
ANT-3A-202	Qbo	2086,922	0,2	0,3	0,4	1294,254038	1281,985951	1270,06024
ANT-3A-203	Qbo	2086,922	0,2	0,3	0,4	1294,254038	1281,985951	1270,06024
ANT-3A-204	Qbo	2086,922	0,2	0,3	0,4	1294,254038	1281,985951	1270,06024
ANT-3A-205	Qbo	2086,922	0,2	0,3	0,4	1294,254038	1281,985951	1270,06024
ANT-3A-206	Qbo	2086,922	0,2	0,3	0,4	1294,254038	1281,985951	1270,06024
ANT-3A-207	Qbo	2097,245	0,2	0,3	0,4	1300,655973	1288,327203	1276,3425
ANT-3A-208	Qbo	2125,61	0,2	0,3	0,4	1318,247135	1305,75162	1293,60483
ANT-3A-209	Qbo	2155,277	0,2	0,3	0,4	1336,646062	1323,976145	1311,65982
ANT-3A-210	Qbo	2170,807	0,2	0,3	0,4	1346,277575	1333,516362	1321,11129
ANT-3A-211	Qbo	2174,713	0,2	0,3	0,4	1348,699537	1335,915366	1323,48798
ANT-3A-212	Qbo	2174,713	0,2	0,3	0,4	1348,699537	1335,915366	1323,48798
ANT-3A-213	Qbo	2174,713	0,2	0,3	0,4	1348,699537	1335,915366	1323,48798
ANT-3A-214	Qbo	2174,713	0,2	0,3	0,4	1348,699537	1335,915366	1323,48798
ANT-3A-215	Qbo	2174,713	0,2	0,3	0,4	1348,699537	1335,915366	1323,48798
ANT-3A-216	Qbo	2174,713	0,2	0,3	0,4	1348,699537	1335,915366	1323,48798
ANT-3A-217	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-218	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-219	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-220	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-221	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-222	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-223	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-224	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-225	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-226	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-227	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-228	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051

Muestra	Miembro	Vp [m]	$\mu_{\min}$	μ_{prom}	$\mu_{\max}$	Vs1 [m] de $\mu_{\min}$	Vs2 [m] de μ_{prom}	Vs3 [m] de $\mu_{\max}$
ANT-3A-229	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-230	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-231	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-232	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-233	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-234	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-235	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-236	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-237	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-238	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-239	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051
ANT-3A-240	Qbo	2616,45	0,2	0,3	0,4	1622,653155	1607,272209	1592,32051

Fuente: Autor

Dispersión de los datos Barrio La Cumbre





Fuente: Autor

Valores extremos de las velocidades de onda determinadas Barrio La Cumbre

	Máximo	Promedio	Mínimo
Qblr	622,1161958	577,4326484	411,209442
Qbo	1622,653155	1107,418909	716,500013

Fuente: Autor

Errores relativos Barrio La cumbre

	Error desde el promedio al máximo		Error desde el promedio al mínimo
Qblr	44,68		166,22
Qbo	515,23		390,92

Fuente: Autor

Anexo E. Comparación de los valores de onda de corte Vs para el Miembro Limos Rojos

Para realizar la comparación de la onda de corte Vs para los Limos Rojos se tomaron los datos de un ensayo Down Hole efectuado en el sector de la carrera 9 con calle 104, de los cuales se tienen los siguientes datos:

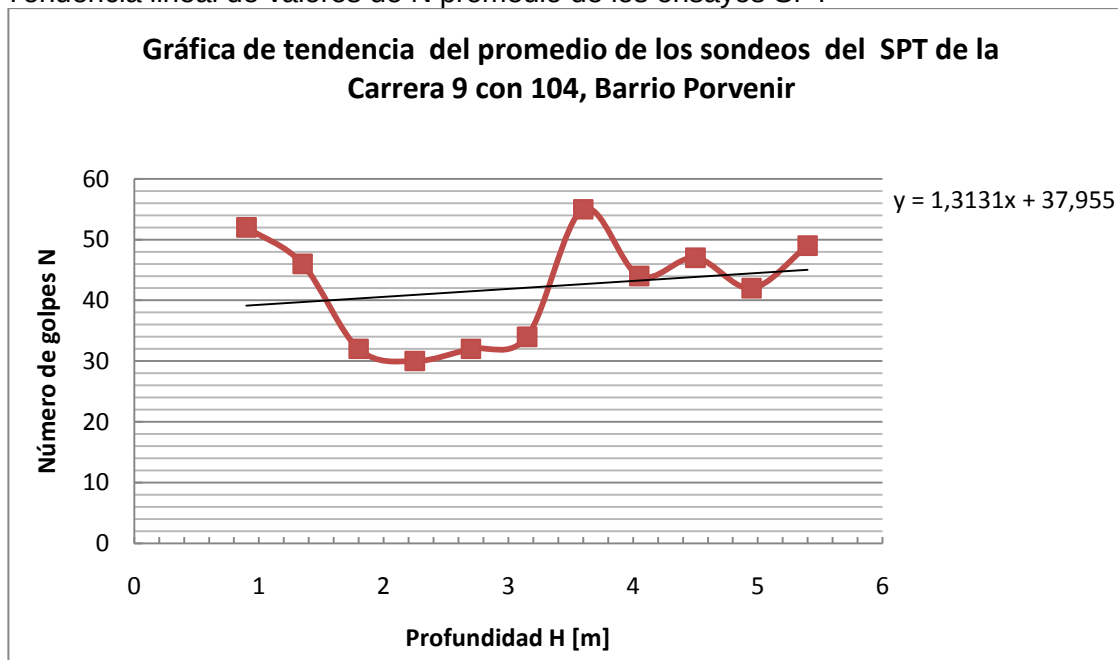
Tabla de datos del Ensayo de Down Hole realizado en la carrera 9 con calle 104

Muestra	H [m]	log (H) [m]	Vs [m]	log (Vs) [m]	N	log (N prom)
POR-3A-001	2	0,301029996	302	2,480006943	35	1,544068044
POR-3A-002	3	0,477121255	326	2,5132176	37	1,62324929
POR-3A-003	4	0,602059991	352	2,546542663	39	1,633468456
POR-3A-004	5	0,698970004	386	2,586587305	40	1,653212514
POR-3A-005	6	0,77815125	420	2,62324929	43	1,662757832
POR-3A-006	7	0,84509804	479	2,680335513	45	1,672097858
POR-3A-007	8	0,903089987	532	2,725911632	47	1,681241237
POR-3A-008	9	0,954242509	568	2,754348336	49	1,698970004
POR-3A-009	10	1	598	2,776701184	51	1,707570176
POR-3A-010	11	1,041392685	615	2,788875116	52	1,716003344
POR-3A-011	12	1,079181246	638	2,804820679	54	1,73239376
POR-3A-012	13	1,113943352	651	2,813580989	55	1,740362689
POR-3A-013	14	1,146128036	675	2,829303773	56	1,748188027
POR-3A-014	15	1,176091259	689	2,838219222	58	1,763427994

Fuente: Autor

Los valores de golpes de N se calcularon del promedio de los sondeos tomados y se estimó la tendencia lineal de los datos mediante la ecuación que se encuentra en la siguiente figura, se usó esta ecuación para estimar los N corregidos en función de la profundidad.

Tendencia lineal de valores de N promedio de los ensayos SPT



Fuente: Autor

Aplicando el método de mínimos cuadrados con estos datos se obtuvo la siguiente relación de velocidad de onda de corte $V_s = 0.194N^{2,025}$, con valor de $r^2 = 0.912$. Teniendo en cuenta los sondeos de los ensayos SPT y la clasificación de los suelos de acuerdo a la metodología USGS, se observa que los limos rojos se encuentra aproximadamente a los 7 m de profundidad, para esta profundidad el valor de los número de golpes N CORREGIDO sería de 45 y evaluada en la ecuación de velocidad de onda de corte V_s se obtiene el valor de 432 m/s

$$V_s(45) = 0.194N^{2,025} = 432 \text{ m/s}$$

Los valores de V_s obtenidos por INGEOMINAS, del ensayo Down Hole y los obtenidos en la evaluación de las ecuaciones de este trabajo se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla comparativa de rango de velocidades

Rango de las velocidad de onda de corte Vs (m/s)			
Miembro	INGEOMINAS	ESTE ESTUDIO	DOWN HOLE PORVENIR
Limos Rojos (Qblr)	300-575	409-420	432
Vs PROMEDIO	438	414	432

Fuente: Autor

Comparando los valores obtenidos de las ecuaciones de este estudio se puede observar que el valor de Vs de los Limos Rojos de INGEOMINAS tiene un rango amplio entre 300-575 m/s lo cual dificulta la precisión de un valor puntual, pero si comparamos su valor promedio es muy cercano al valor medido in situ por el Down Hole, es decir los Limos rojos de este sector se encuentra entre los valores medios de los medidos por INGEOMINAS; en las ecuaciones estimadas en este estudio el valor promedio es un poco menor a comparación de las dos primeras, con un error de 4.16% respecto al valor medido in situ. Esta ecuación maneja un perfil más conservador y permite estimar un valor más puntual de la Vs de onda de corte.