INFORME FINAL PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL ESCALONADO EN EL POZO PROFUNDO DE LAS INSTALACIONES DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO AGROPECUARIO LA GRANJA SENA EN EL MUNICIPIO DE ESPINAL TOLIMA

Realizado para:

CENTRO AGROPECUARIO LA GRANJA SENA ESPINAL TOLIMA

Preparado por:

Mario Rojas Rodríguez

Ing. de Petróleos

TP 02057 del CPIP

VILLAVICENCIO, FEBRERO DE 2026

Contenido

1. Resumen Ejecutivo 4
2. Introducción 5
3. Objetivos 5
3.1. Objetivo General 5
3.2. Objetivos Específicos 5
4. Ubicación 5
5. Descripción del Pozo Profundo 7
6. Equipos Utilizados 7
7. Método de Campo 7
8. Geología 8
9. Teorías Básicas 12
10. Análisis de Datos Medidos y Resultados Prueba de Bombeo Pozo 13
10.1. Transmisividad y Conductividad Hidráulica y Coeficiente de Almacenamiento 15
10.2. Datos de la Prueba 17
10.3. Parámetros de Explotación del Pozo 19
10.4. Características de Construcción del Pozo 19
11. Datos Prueba de Bombeo 20
11.1. Prueba de Bombeo Caudal Escalonado 20
11.2. Niveles de Recuperación 23
12. Análisis de Datos Medidos y Resultados Prueba de Bombeo Caudal Escalonado por Medio de Varios Métodos 25
12.1. Solución por medio del Método de Theis 31
12.2. Solución por medio de Método de Cooper – Jacob 37
12.3. Solución por medio de Método de Neuman 43
13. Eficiencia del Pozo Profundo 49
13.1. Eficiencia de cada Escalón. 52
14. Conclusiones 56
15. Recomendaciones 57

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación espacial del pozo PZ-SENA Espinal 6
Figura 2. Geología del área de trabajo 9
Figura 3. Gráfica de Abatimiento – Tiempo 25
Figura 4. Gráfica Caudal - Tiempo 27
Figura 5. Reporte de Datos 28
Figura 6. Gráfica Abatimiento – Tiempo (Theis) 31
Figura 7. Gráfica Caudal – Tiempo (Theis) 33
Figura 8. Reporte de Resultados Método de Theis 34
Figura 9. Gráfica Abatimiento – Tiempo (Cooper – Jacob) 37
Figura 10. Gráfica Caudal – Tiempo (Cooper – Jacob) 39
Figura 11. Reporte de Resultados Método de Cooper - Jacob 40
Figura 12. Gráfica Abatimiento – Tiempo (Neuman) 43
Figura 13. Gráfica Caudal – Tiempo (Neuman) 45
Figura 14. Reporte de Resultados Método de Neuman 46
Figura 15. Grafica de los valores s/Q en función de Q 51
Figura 16. Descensos - Caudal 55

Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenadas del pozo PZ – SENA Espinal 6
Tabla 2. Valores típicos de Permeabilidad “K” (cm/s), (m/día) 15
Tabla 3. Valores típicos de Transmisividad “T” (m²/día) 16
Tabla 4. Prueba de bombeo a Caudal Escalonado 20
Tabla 5. Nivel de Recuperación 23
Tabla 6. Datos para Eficiencia 50
Tabla 7. Determinación de Constantes 52
Tabla 8. Eficiencia del Pozo Profundo 53
Tabla 9. Cálculo de descensos con la ecuación matemática del pozo 54
Tabla 10. Cálculo de Abatimiento para varios Caudales 54
Tabla 11. Coeficientes de la Ecuación del Pozo en diferentes Caudales 55
Tabla 12. Datos Pozo Profundo SENA Espinal 56

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

1. Resumen Ejecutivo

En el mes de febrero se realizó una prueba de bombeo en pozo de captación de agua localizado en las instalaciones Centro Agropecuario La Granja SENA, en el municipio de Espinal, Tolima. La prueba fue realizada a caudal promedio de 3,98 l/s. A partir de la interpretación de la prueba de bombeo se determinaron las características hidráulicas de los acuíferos explotados (conductividad hidráulica, transmisividad y coeficiente de almacenamiento).

El acuífero captado es considerado como no-confinando y en estado de equilibrio. Presenta una baja transmisividad, permeabilidad y recarga, con moderado abatimiento y buena recuperación. La prueba de bombeo se calculó con el método Jacob – Cooper, Theis y Neuman. El acuífero explotado presenta una moderada Transmisividad, permeabilidad y recarga, presentando abatimientos bajos y una recuperación rápida. Con una Transmisividad media de 201,9 m2/día. y un Coeficiente de almacenamiento S= 0,007028 y una Conductividad Hidráulica k: 7,212 m/día.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

2. Introducción

Se realizó una prueba de bombeo a caudal escalonado en el pozo profundo que abastece de agua a las instalaciones del Centro Agropecuario La Granja SENA, en el municipio de Espinal, Tolima, con el objetivo de evaluar el comportamiento hidráulico del pozo y conocer las características hidrogeológicas del acuífero captado con el fin de determinar sus posibilidades de explotación. El presente informe presenta la metodología seguida para el desarrollo del trabajo, los resultados de la prueba de abatimiento y recuperación y su respectiva interpretación.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento hidráulico del pozo localizado en las instalaciones del Centro Agropecuario La Granja SENA, en el municipio de Espinal, Tolima y conocer las características hidrogeológicas del acuífero captado y determinar sus posibilidades de explotación.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar e interpretar la prueba a caudal escalonado, con el fin de conocer los valores de transmisividad, coeficiente de almacenamiento y conductividad hidráulica del acuífero captado, en los alrededores del pozo.
- Desarrollar las ecuaciones del pozo para conocer su capacidad de producción.

4. Ubicación

El pozo profundo de las instalaciones de la del Centro Agropecuario La Granja SENA, se encuentra localizado en el municipio de Espinal, departamento del Tolima, en dicho predio se localiza el pozo profundo denominado en el presente documento como PZ-SENA-Espinal

El Pozo PZ-SENA-Espinal se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Tabla 1.

Coordenadas del pozo PZ-SENA-Espinal

SITIO	COORDENADAS		Altura
Pozo profundo SENA Espinal	**Lat** 4°10´24.51´´N	**Lng** 74°55´41.52´´O	351 msnm

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S, tomada con GPS GARMIN MAP 76CSX

Figura 1.

Ubicación espacial del pozo PZ-SENA-Espinal



Fuente. Google Earth, modificado por el consultor

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

5. Descripción del Pozo Profundo

El pozo se encuentra ubicado al interior de las instalaciones del Centro Agropecuario La Granja SENA, en el municipio de Espinal, Tolima, este tiene una profundidad de 54 metros, se encuentra revestido en su totalidad en tubería de PVC de 6 in de diámetro, la tubería de descarga es de 2 in en PVC, el agua es extraída con un equipo de bombeo de 2 HP, instalada a una profundidad de 24 m. Cuenta con óptimas condiciones para la extracción del recurso hídrico, el control de este recurso por medio de macromedidor y válvula como regulador de presión.

El pozo profundo cuenta con las siguientes especificaciones técnicas físicas:

6. Profundidad de 61.70 metros aproximados.
7. Tubería de revestimiento 6 in de diámetro.
8. Profundidad de equipo de bombeo de 2 Hp a 24 metros.

9. Equipos Utilizados

Para la prueba de bombeo realizada se utilizó un equipo con las siguientes características:

- **Electrobomba:** Sumergible tipo lapicero 2 HP.
- **Profundidad de Instalación:** 24 metros.
- **Diámetro de la Tubería de Extracción:** 2 in PVC.

Para la realización de las pruebas de bombeo se utilizó el siguiente material:

- 2 sondas eléctricas con identificador análogo con cable de 120 m.
- 1 cronómetro y 1 metro.
- Formatos para toma de datos de prueba de bombeo.

10. Método de Campo

Prueba escalonada - variación del caudal: Es una prueba que permite estimar el rendimiento del pozo, este tipo de ensayo nos permite determinar entre otras cosas: el caudal de explotación del pozo, ecuación del pozo, curva característica del pozo y eficiencia del pozo. Esta prueba debe realizarse antes de la prueba de larga duración, ya que permite estimar el caudal constante con que será bombeado el pozo durante 72 horas.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Para realizar esta prueba se requiere referir todos los abatimientos o descensos a un mismo tiempo de bombeo, en este caso a 5 horas. Los caudales de los sucesivos escalones no deben ser excesivamente próximos, por ejemplo, los caudales deben ser crecientes en la proporción 1,2,4, 8…Ejemplo, sí Q1= 10 gpm, Q2 = 20 gpm, Q3 = 40 gpm, Q4 = 80 gpm, que tiene una proporción de 2. La distribución de los caudales en progresión geométrica es una buena norma, conviene establecerlos de forma que el último escalón quede alrededor del caudal de explotación del pozo o preferiblemente algo por encima.

Las pruebas realizadas tuvieron las siguientes características:

- Duración cada escalón: 300 minutos.
- Duración recuperación: 300 minutos.
- Aforo: macro medidor

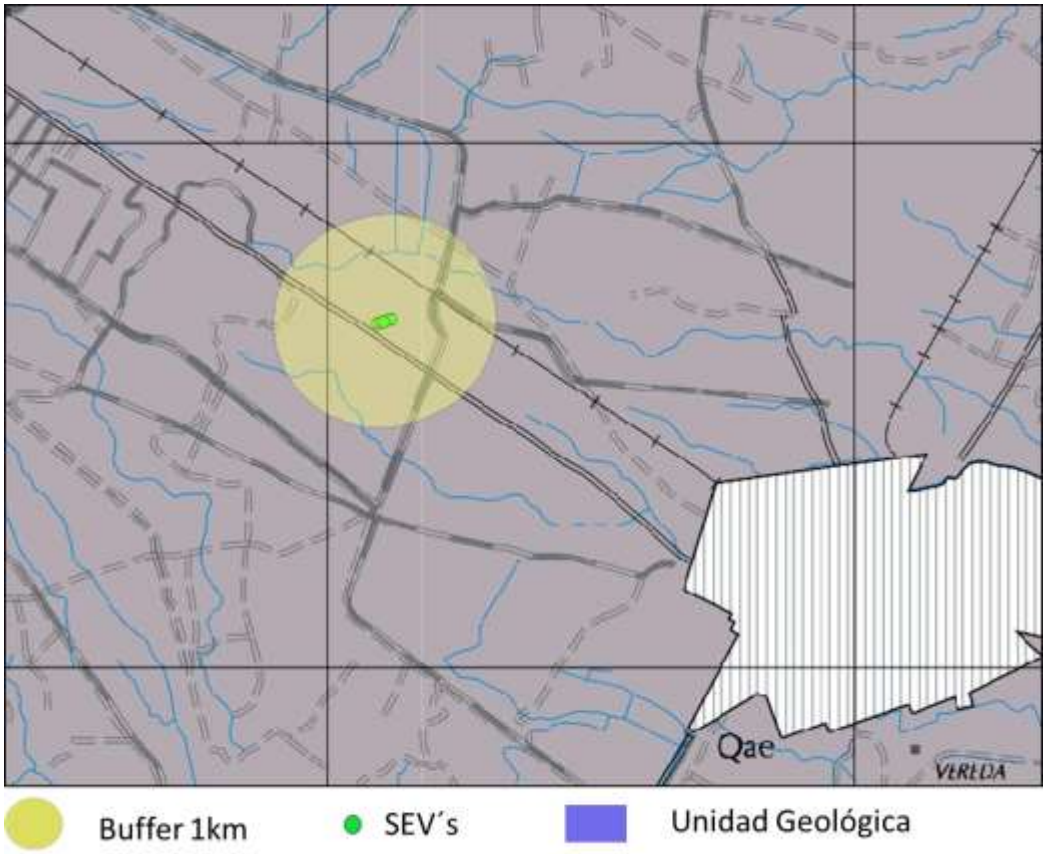
11. Geología

Se lleva a cabo una identificación de la geología presente en un radio de 1 km partiendo de los puntos de los sondeos eléctricos verticales SEVs, apoyados en la plancha geológica 264 del Espinal y en un buffer de 1km como se aprecia en la siguiente imagen, se estableen las condiciones geológicas de la zona estudiada.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 2.

Geología del área de estudio



Fuente: Ingeominas, (2000) adaptado por INGEQMA 2022

Los sondeos eléctricos verticales se llevaron a cabo sobre la formación Abanico del Espinal (Qae), la cual corresponde al periodo geológico Cuaternario.

Esta unidad se trata de un depósito de flujo de lodos volcánicos que ingresó al valle del río Magdalena por la localidad de Gualanday, con los flujos que lograron superar la barrera que lleva su mismo nombre, de composición mayoritariamente volcánica. Se presenta en mayor proporción una composición limo arenoso con material volcánico tipo ceniza, la cual ha cementado este material provocando una buena compactación. Por tal motivo, el material tiende a presentarse muy friable y su comportamiento tiende a parecerse a una arenisca fina poco litificada o muy meteorizada. Esta unidad abarca la mayor parte del municipio del Espinal y conforme sus condiciones de porosidad, permeabilidad, disposición de las rocas y

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

fracturas o espaciamiento intergranular se considera que "al igual que los depósitos del Abanico del Guamo, estos depósitos presentan las condiciones y características adecuadas para formar acuíferos libres de recarga directa". (CORCUENCAS, 2014)

Según la plancha Geológica 264 Espinal (2000), la zona de estudio se encuentra ubicada geológicamente sobre los depósitos del periodo Cuaternario, la unidad se describe a detalle a continuación, junto con las demás unidades que pueden tener influencia en el área de estudio:

ABANICO DE ESPINAL (Qae)

Según la plancha 264 Espinal (Ingeominas, 2000) el área de estudio se encuentra ubicada en inmediaciones a rocas del Cuaternario, las cuales Corresponden al Abanico de Espinal (Qae) constituido por depósitos de color gris claro a amarillento, conformados por cantos y fragmentos heterométricos, con diámetros generalmente entre 1 y 30 cm, ocasionalmente hasta de 1 m, dentro de una matriz limo arenosa. Se observan niveles de ceniza y orientaciones de flujo, principalmente en los niveles gruesos, y muestran en ocasiones gradaciones locales o disposición caótica de sus componentes. En general, la selección es regular a mala; presenta niveles plano paralelos lenticulares y superficies ondulosas. Los cantos y fragmentos son pumitas dacitas e ignimbritas y, en menor proporción, rocas intrusivas ácidas a intermedias y filitas. La Matriz es de cuarzo hialino, feldespatos, biotita fresca y alterada, líticos oscuros y accesorios. Los granos de la matriz son angulares a subangulares, y presentan una alta descomposición de feldespatos. Los fragmentos piroclásticos tienen formas angulosas y en menor proporción subredondeadas elipsoidales. Se encuentran cantos retrabajados provenientes de rocas intrusivas y metamórficas, subredondeados a redondeados con esfericidad notable; también fragmentos de rocas metamórficas como filitas aplanadas y alargadas con bordes redondeados, estos últimos en baja proporción.

ABANICO DE GUAMO (Qag)

El Abanico de Guamo se extiende de norte a sur, desde el Municipio de San Luis hasta los ríos Cucuana y Saldaña y se halla limitado al NE por la quebrada Guaduala (o Guaduas) que

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

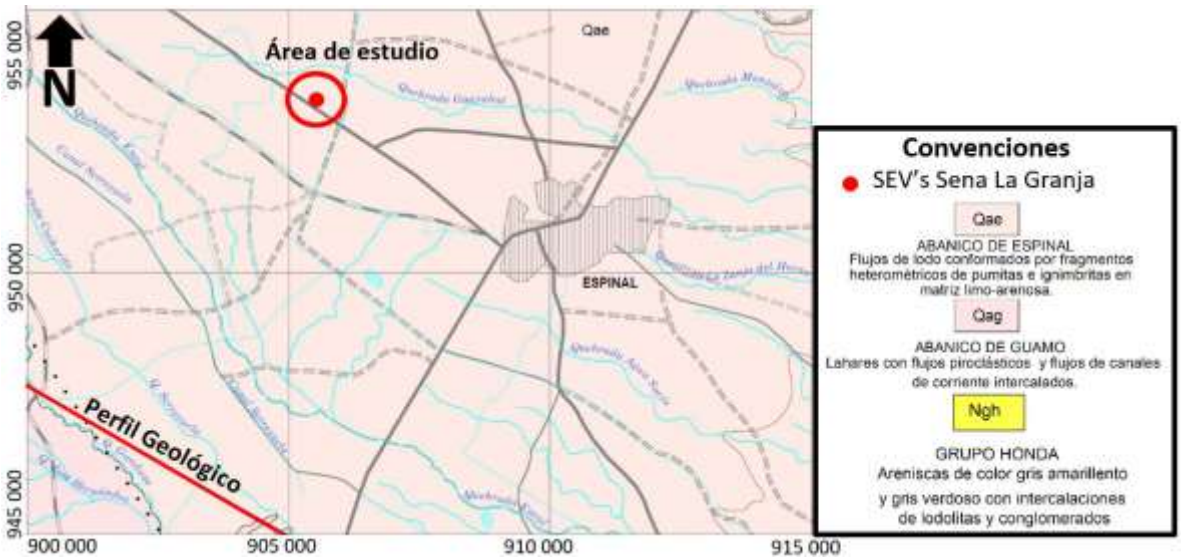
atraviesa la vía entre Espinal y Guamo. Se encuentra fuertemente disecado, forma valles profundos con escarpes de más de 50 m en el río Luisa al NW de Guamo, y constituye un paisaje de red dendrítica con alto grado de desarrollo. Su morfología es levemente ondulada a plana, con inclinación muy suave hacia el SE en dirección al río Magdalena. Presenta tres patrones de drenaje paralelos a subparalelos con direcciones NE, SE y S.

GRUPO HONDA (Ngh)

El Grupo Honda recibe su nombre por Hettner (1892) derivado de la población de Honda, en el departamento del Tolima. Se uso este nombre para designar una arenita típica, gris verdosa. Su localidad fue establecida en la cordillera de San Antonia, al este de la población de Honda (De Porta, 1966). Se puede encontrar un afloramiento al noreste de Girardot y también en las inmediaciones de Agua de Dios. En este caso, debido a la ubicación del área de estudio se centrará la atención en el afloramiento del sector de Agua de Dios, en el carreteable Girardot – Agua de Dios (poblado San Marcos), en este lugar se observan dos niveles de la unidad, los cuales se describen a continuación: el nivel inferior consta de capas gruesas de arenitas conglomeráticas, verdes amarillas, feldespáticas y líticas, con cantos de andesita y rocas metamórficas con mucha mica, en ocasiones calcáreas y con contenidos altos de minerales pesados, adicionalmente se pueden observar intercalaciones de capas delgadas a medias de lodolitas rojas a abigarradas, las cuales forman pequeños valles.

Finalmente, el nivel superior se encuentra representado por una sucesión alternante, mucho más marcada de arenitas de cuarzo feldespático, que se encuentran dispuestas bien sea en grano medio a conglomerático, algunas micáceas, amarillas o verdes algo calcáreas, con cantos de andesitas, en capas gruesas, con estratificación cruzada tangencial de bajo Angulo, intercalados con capas gruesas de arcillolitas fisiles, abigarradas. Es común encontrar niveles de concreciones de arenita bastante calcárea.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com



Fuente: Ingeominas, (2000). Adaptado por INGEQMA SAS.

12. Teorías Básicas

Para el análisis e interpretación de los datos obtenidos en las pruebas de bombeo es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Acuífero:** es un medio permeable que tiene la capacidad de almacenar y transmitir rápidamente agua.
- **Acuitardo:** medio poco permeable (semipermeable), pero que es capaz de transmitir lentamente agua.
- **Acuicludo:** medio impermeable a efectos prácticos, aunque no necesariamente seco
- **Acuifugo:** medio que no tiene la capacidad de almacenar ni de transmitir agua.
- **Acuífero Libre:** es el aquel que en el límite superior de la saturación está a presión atmosférica. Se le denomina también acuífero freático.
- **Acuífero Confinado:** aquel en el que el agua está en cualquier punto del mismo y se encuentra a mayor presión atmosférica y que por tanto al efectuar una perforación el agua asciende hasta el nivel superior al techo del acuífero.
- **Acuífero semiconfinado:** es un acuífero en condiciones similares al acuífero confinado pero que puede recibir recarga o perder agua a través del techo o base del acuífero semipermeable.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

- **Abatimiento (s):** significa el descenso que experimenta el nivel del agua cuando se está bombeando o cuando el pozo fluye naturalmente. El abatimiento es la diferencia, medida en metros, entre el nivel estático y el nivel dinámico.
- **Abatimiento residual (Δs):** una vez que el bombeo se ha detenido, el nivel de agua empieza a ascender tratando de alcanzar el nivel existente antes de empezar el bombeo. Durante este periodo de recuperación, la distancia que el agua se halla por debajo del nivel inicial estático recibe el nombre de abatimiento residual.
- **Permeabilidad (K):** facilidad con que un material deja pasar el agua a través de sí mismo.
- **Capacidad Específica:** la capacidad específica de un pozo es igual a la descarga por unidad de abatimiento, la cual se expresa por lo general en m^3 o litros por hora y por metro de abatimiento.
- **Transmisividad (T):** es el producto de la conductividad hidráulica media (Permeabilidad) por el espesor del acuífero. Por tanto, la transmisividad es el caudal de agua bajo un gradiente hidráulico igual a la unidad a través de una sección transversal de anchura unitaria y de altura el espesor del acuífero. Viene expresado en m^2 / día.
- **Coeficiente de almacenamiento (S):** se describe como la propiedad de un acuífero para almacenar agua el coeficiente de almacenamiento es una relación de iguales dimensiones, por consiguiente, es adimensional.
- **Radio de influencia (ro):** se entiende por radio de influencia la distancia radial a partir del centro del pozo de bombeo, para la cual el abatimiento causado es cero.
- **Perdida en el acuífero:** es el descenso en el borde exterior del tubo necesario para que el agua fluya al pozo en régimen laminar. Es función del diámetro del pozo y de las características del acuífero.

13. Análisis de Datos Medidos y Resultados Prueba de Bombeo Pozo

El análisis de los datos medidos en campo se realizó con ayuda del programa AQUATEST, el cual se utilizó para el cálculo de las constantes hidráulicas en el pozo. Los resultados obtenidos en la prueba fueron analizados aplicando criterios hidrogeológicos.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

La prueba de bombeo ejecutada se hizo a caudal escalonado, en el presente informe se presentan los resultados obtenidos y analizados. El radio de influencia (r0) hidráulica es igual a cero ya que el pozo más cercano está a una distancia de 200 ml y su influencia hidráulica en el comportamiento de los parámetros de los acuíferos subterráneos es nulo.

La instalación de la tubería para la medición de niveles piezométricos en el pozo objeto de la prueba de bombeo, facilitó la realización del ensayo y aseguró la toma de datos de una manera confiable. Las pruebas de bombeo en sus múltiples variantes de interpretación son la principal herramienta disponible para el estudio del comportamiento del agua en los acuíferos y pozos, predicción de caudales y abatimientos futuros, así como la obtención de valores representativos de las características de los acuíferos, tales que no tengan el carácter local y la dudosa validez de los ensayos de laboratorio.

La ejecución de las pruebas de bombeo responde en general a uno de los dos objetivos siguientes:

a) Estimar la cantidad de agua que puede extraerse de un pozo bajo condiciones previamente establecidas, o sea, con propósitos de aforo. En este tipo de pruebas, basta generalmente obtener información del pozo de bombeo y de dos pozos de observación o satélites.

b) Determinar las propiedades hidráulicas de un acuífero, para poder predecir posteriormente su comportamiento bajo situaciones diversas, evaluar la disponibilidad de recursos de agua subterránea, etcétera. En general, en este caso, es necesario obtener información de varios puntos seleccionados del acuífero, para lo cual se utilizarán varios pozos de bombeo con dos o más satélites cada uno. En la literatura rusa se denomina a este tipo de pruebas, aforos experimentales. Por otra parte, desde el punto de vista del caudal extraído, las pruebas de pozo pueden realizarse a caudal constante o con abatimiento escalonado; (http://www.unesco.org.uy/phi/libros/libroPIEB/frame1.html).

En las pruebas a caudal constante, éste debe mantenerse fijo durante toda la realización de la prueba, por lo que habrá necesidad de ir ajustándolo según pase el tiempo. Se denominan pruebas de pozo con abatimiento escalonado a aquellas en que el caudal extraído del pozo se mantiene constante durante un tiempo, para cambiar súbitamente a otro caudal que se

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

mantendrá constante durante otro tiempo, para volver a cambiar a un tercer caudal durante un tercer espacio de tiempo, y así sucesivamente. El número de escalones (de caudales diferentes) deberá ser como mínimo tres, y los espacios de tiempo entre los cambios de caudal no tienen que ser iguales, aunque sí es recomendable que duren lo suficiente para que pueda utilizarse la aproximación de Jacob de la ecuación de Theis para flujo permanente.

10.1. Transmisividad y Conductividad Hidráulica y Coeficiente de Almacenamiento

La Transmisividad es la cantidad de agua que fluye a través de un ancho unitario de formación acuífera y tiene una relación directa con la capacidad de producción de un pozo.

El valor de la transmisividad del nivel acuífero se determinó por medio de las pruebas de bombeo. Para el cálculo de la transmisividad del acuífero, se utilizó el método Cooper - Jacob teniendo en cuenta que se habla de acuíferos libres.

- El acuífero es homogéneo, isotrópico, de espesor uniforme sobre el área de influencia del bombeo.
- El nivel estático se encuentra horizontal antes de iniciar el bombeo.
- El pozo es bombeado a un caudal constante.
- El pozo presenta una penetración parcial.
- El agua extraída del almacenamiento es descargada instantáneamente con una declinación en la cabeza hidráulica.
- El diámetro del pozo es pequeño, por lo tanto, su almacenamiento en la tubería es despreciable.

En la tabla 2 se describen los valores según el tipo de permeabilidad (K):

Tabla 2.

Valores típicos de Permeabilidad "K" (cm/s), (m/día)

VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K)		
MATERIAL	**K (cm/s)**	**K (m/día)**
Grava Limpia	> 1	> 1000
Arena Gruesa Limpia	1 a 10-2	1000 a 10
Mezcla de arena	10-2 a 5x10-3	10 a 5
Arena Fina	5x10-3 a 10-3	5 a 1

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Arena limosa	2x10-4 a 10-4	2 a 0,1
Limos	5x10-4 a 10-5	0,5 a 0,001
Arcillas	< 10-6	< 0,001

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Transmisividad (T): se define como el caudal que se filtra a través de una franja vertical del terreno, de ancho unidad y de una altura igual al manto permeable saturado bajo un gradiente unidad a una temperatura fija.

$$Q = T * L * i$$

$$T = Q/L * I$$

En la tabla 3 se describen los valores típicos de transmisividad (T):

Tabla 3.

Valores típicos de Transmisividad "T" (m²/día)

T	<1	1	10	100	1000
Clasificación	Impermeable	Poco Permeable	Algo Permeable	Permeable	Muy Permeable
Calificación del Acuífero	Sin Acuífero	Acuífero muy pobre	Acuífero pobre	Acuífero regular a bueno	Acuífero excelente
Tipo de Materiales	Arcilla Compacta, pizarra, granito	Limo arenoso, limo, arcilla limosa	Arena Fina, arena limosa, caliza poco fracturada.	Arena limpia, grava y arena, arena fina, caliza fracturada	Grava limpia, dolomitas, calizas muy fracturadas

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Coeficiente de Almacenamiento (S): se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero de sección igual a la unidad y de altura igual a la del acuífero saturado.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

$$S\ cautivo\ =\ 10-3\ a\ 10-5$$

$$S\ libre\ =\ 0.05\ a\ 0.3$$

Para pozos en acuíferos libres, de régimen permanente, se realiza el cálculo de los descensos de la siguiente manera:

$$s\ =\ (Q\ /\ 2\ \pi\ T)\ ln\ R/r\ =\ (2{,}3\ Q\ /\ 2\ \pi\ T)\ Log\ R/r$$

$$Ho2-H2\ =\ (Q\ /\ \pi\ k)\ ln\ R/r\ =\ 0.73\ (Q\ /\ k)\ x\ Log\ R/r$$

Donde,

Ho = Espesor saturado inicial del acuífero

H = Espesor saturado del acuífero en el lugar considerado k = Permeabilidad del medio

r = Distancia del pozo de bombeo al pozo de observación

T = Transmisividad del acuífero

Q = Caudal de bombeo

El análisis de los datos medidos en campo se realizó con ayuda del programa AQUIFERTEST, el cual se utilizó para el cálculo de las constantes hidráulicas en el pozo. Los resultados obtenidos en la prueba fueron analizados aplicando criterios hidrogeológicos.

10.2. Datos de la Prueba

Una prueba de bombeo esencialmente consiste del bombeo de agua desde un pozo, normalmente a caudal constante y la medición de cambios en los niveles de agua (descensos) en el mismo pozo y en los puntos de observación, o sectores de afloramiento o cauce superficial de flujo de agua. Asimismo, esta prueba mide los cambios en el nivel de agua y flujos luego de que el bombeo finaliza, esta información servirá para verificar los resultados del bombeo.

- **Tiempo de Bombeo escalón** = 300 minutos
- **Tipo de Acuífero** = no confinado
- **Método de Interpretación** = Jacob – Cooper, Theis, Neuman

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Primer Escalón

- Nivel Estático = 2,40 m
- Nivel Dinámico = 2,83 m
- Abatimiento (SP) = 0,43 m

Regímenes de Caudales Primer Escalón

1. L/s

$$1\ L/s$$

2. m³/h

$$3{,}60\ m^3/h$$

3. m³/día

$$86{,}40\ m^3/día$$

Segundo Escalón

- Nivel Dinámico = 3,26 m
- Abatimiento (SP) = 0,86 m

Regímenes de Caudales Segundo Escalón

1. L/s

$$2\ L/s$$

2. m³/h

$$7{,}20\ m^3/h$$

3. m³/día

$$172{,}80\ m^3/día$$

Tercer Escalón

- Nivel Dinámico = 4,12 m
- Abatimiento (SP) = 1,72 m

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Regímenes de Caudales Tercer Escalón

1. L/s

$$3{,}98\ L/s$$

2. m³/h

$$14{,}328\ m^3/h$$

3. m³/día

$$343{,}872\ m^3/día$$

Radio del Pozo: Rp: 3 in = 0,0762 m

Diámetro: 6 in = 0,1524 m

Espesor Saturado = H: 28 m

$$H: Profundidad\ del\ Pozo - \#\ metros\ de\ filtro\ en\ el\ pozo$$

H: 61.70 m – 24 m = 37.7 m

10.3. Parámetros de Explotación del Pozo

Los parámetros independientes encontrados en el pozo según el análisis obtenido de los datos se tienen las siguientes condiciones particulares de explotación del pozo:

- Nivel estático: 2,40 m.
- Nivel dinámico Máximo: 4,12 m.
- Abatimiento: 1,72 m.
- Caudal actual máx.: 3,98 l/s.

10.4. Características de Construcción del Pozo

- Profundidad Construida: 61.70 m.
- Diámetro de perforación: 12 1/4”.
- Diámetro de revestimiento: 6”.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

11. Datos Prueba de Bombeo

11.1. Prueba de Bombeo Caudal Escalonado

Tabla 4.

Prueba de bombeo a Caudal Escalonado

MARIO ARTURO ROJAS

Ingeniero de Petróleos
T.P. 02057 del C.P.I.P.

Prueba de Bombeo Caudal Escalonado

CONSTRUNAL de aguas s.a.s

Pozo : **SENA ESPINAL** Municipio**: ESPINAL** Departamento : **TOLIMA**

Fecha: Enero 2026

Equipo utilizado 2 H.P **Tubería de descarga** 3 in

Método de medición Volumen Conocido **Aforador :** Mario Rojas

Caudal de aforo = 1 lps, 2 lps Y 3,98 lps Γpozo : 0,0762 m

Nivel Estatico Qest = 2,40

Bombeo			Recuperación						
Tiempo (seg)	Nivel agua (m)	Abatimiento (m)	Tiempo Acum. (seg)	t` (seg)	t /t'	Nivel agua (m)	Abatimiento Resd. (m)	Recuperación (m)	Observaciones
0	2,40	0,00	54000	0	0	16,68	14,28	0,00	
30	2,47	0,07	54030	30	1801	13,14	10,74	3,54	
60	2,51	0,11	54060	60	901	12,21	9,81	4,47	
90	2,56	0,16	54090	90	601	8,91	6,51	7,77	
120	2,57	0,17	54120	120	451	8,70	6,30	7,98	
150	2,61	0,21	54150	150	361	8,02	5,62	8,66	
180	2,65	0,25	54180	180	301	7,78	5,38	8,90	
210	2,69	0,29	54210	210	258	7,20	4,80	9,48	
240	2,72	0,32	54240	240	226	6,90	4,50	9,78	
270	2,75	0,35	54270	270	201	6,72	4,32	9,96	
300	2,76	0,36	54300	300	181	6,57	4,17	10,11	
330	2,77	0,37	54330	330	165	6,22	3,82	10,46	
360	2,78	0,38	54360	360	151	6,10	3,70	10,58	
390	2,79	0,39	54390	390	139	6,00	3,60	10,68	
420	2,80	0,40	54420	420	130	5,80	3,40	10,88	
450	2,81	0,41	54450	450	121	5,72	3,32	10,96	
480	2,82	0,42	54480	480	114	5,40	3,00	11,28	
510	2,83	0,43	54510	510	107	5,36	2,96	11,32	
540	2,83	0,43	54540	540	101	5,25	2,85	11,43	
570	2,83	0,43	54570	570	96	5,23	2,83	11,45	
600	2,83	0,43	54600	600	91	5,15	2,75	11,53	Q1=1 l/s
720	2,83	0,43	54720	720	76	4,93	2,53	11,75	
840	2,83	0,43	54840	840	65	4,83	2,43	11,85	
960	2,83	0,43	54960	960	57	4,77	2,37	11,91	
1080	2,83	0,43	55080	1080	51	4,70	2,30	11,98	
1200	2,83	0,43	55200	1200	46	4,62	2,22	12,06	
1500	2,83	0,43	55500	1500	37	4,57	2,17	12,11	
1800	2,83	0,43	55800	1800	31	4,53	2,13	12,15	
2100	2,83	0,43	56100	2100	27	4,51	2,11	12,17	
2400	2,83	0,43	56400	2400	24	4,49	2,09	12,19	
3000	2,83	0,43	57000	3000	19	4,48	2,08	12,20	
3600	2,83	0,43	57600	3600	16	4,47	2,07	12,21	
4800	2,83	0,43	58800	4800	12	4,46	2,06	12,22	
6000	2,83	0,43	60000	6000	10	4,45	2,05	12,23	
7200	2,83	0,43	61200	7200	9	4,45	2,05	12,23	
8400	2,83	0,43	62400	8400	7	4,45	2,05	12,23	
10800	2,83	0,43	64800	10800	6	4,45	2,05	12,23	
12600	2,83	0,43	66600	12600	5	4,45	2,05	12,23	
14400	2,83	0,43	68400	14400	5	4,45	2,05	12,23	
16200	2,83	0,43	70200	16200	4	4,45	2,05	12,23	
18000	2,83	0,43	72000	18000	4	4,45	2,05	12,23	

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

2do Escalon									
18030	2,89	0,49							Q2= 3,98 l/s
18060	2,95	0,55							
18090	3,02	0,62							
18120	3,07	0,67							
18150	3,10	0,70							
18180	3,12	0,72							
18210	3,14	0,74							
18240	3,15	0,75							
18270	3,16	0,76							
18300	3,17	0,77							
18330	3,18	0,78							
18360	3,19	0,79							
18390	3,20	0,80							
18420	3,21	0,81							
18450	3,22	0,82							
18480	3,23	0,83							
18510	3,24	0,84							
18540	3,25	0,85							
18570	3,26	0,86							
18600	3,26	0,86							
18720	3,26	0,86							
18840	3,26	0,86							
18960	3,26	0,86							
19080	3,26	0,86							
19200	3,26	0,86							
19500	3,26	0,86							
19800	3,26	0,86							
20100	3,26	0,86							
20400	3,26	0,86							
21000	3,26	0,86							
21600	3,26	0,86							
22800	3,26	0,86							
24000	3,26	0,86							
25200	3,26	0,86							
26400	3,26	0,86							
28800	3,26	0,86							
30600	3,26	0,86							
32400	3,26	0,86							
34200	3,26	0,86							
36000	3,26	0,86							

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

3er Escalon									
36030	3,50	1,10							Q3= 13,2 l/s
36060	3,66	1,26							
36090	3,69	1,29							
36120	3,74	1,34							
36150	3,78	1,38							
36180	3,80	1,40							
36210	3,81	1,41							
36240	3,82	1,42							
36270	3,83	1,43							
36300	3,84	1,44							
36330	3,85	1,45							
36360	3,86	1,46							
36390	3,87	1,47							
36420	3,88	1,48							
36450	3,89	1,49							
36480	3,90	1,50							
36510	3,91	1,51							
36540	3,92	1,52							
36570	3,93	1,53							
36600	3,94	1,54							
36720	3,95	1,55							
36840	3,96	1,56							
36960	3,97	1,57							
37080	3,98	1,58							
37200	3,99	1,59							
37500	4,00	1,60							
37800	4,01	1,61							
38100	4,02	1,62							
38400	4,03	1,63							
39000	4,04	1,64							
39600	4,05	1,65							
40800	4,06	1,66							
42000	4,07	1,67							
43200	4,08	1,68							
44400	4,09	1,69							
46800	4,10	1,70							
48600	4,11	1,71							
50400	4,12	1,72							
52200	4,12	1,72							
54000	4,12	1,72							

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

11.2. Niveles de Recuperación

Tabla 5.

Nivel de Recuperación

Recuperación					
Tiempo Acum. (seg)	t` (seg)	t /t'	Nivel agua (m)	Abatimiento Resd. (m)	Recuperea ción (m)
54000	0	0	4,12	1,72	0,00
54030	30	1801	3,95	1,55	0,17
54060	60	901	3,90	1,50	0,22
54090	90	601	3,84	1,44	0,28
54120	120	451	3,66	1,26	0,46
54150	150	361	3,55	1,15	0,57
54180	180	301	3,49	1,09	0,63
54210	210	258	3,41	1,01	0,71
54240	240	226	3,37	0,97	0,75
54270	270	201	3,29	0,89	0,83
54300	300	181	3,22	0,82	0,90
54330	330	165	3,14	0,74	0,98
54360	360	151	3,07	0,67	1,05
54390	390	139	2,99	0,59	1,13
54420	420	130	2,81	0,41	1,31
54450	450	121	2,74	0,34	1,38
54480	480	114	2,69	0,29	1,43
54510	510	107	2,66	0,26	1,46
54540	540	101	2,64	0,24	1,48
54570	570	96	2,61	0,21	1,51
54600	600	91	2,57	0,17	1,55
54720	720	76	2,54	0,14	1,58
54840	840	65	2,52	0,12	1,60
54960	960	57	2,49	0,09	1,63
55080	1080	51	2,48	0,08	1,64
55200	1200	46	2,47	0,07	1,65
55500	1500	37	2,46	0,06	1,66
55800	1800	31	2,45	0,05	1,67
56100	2100	27	2,44	0,04	1,68
56400	2400	24	2,43	0,03	1,69
57000	3000	19	2,42	0,02	1,70
57600	3600	16	2,41	0,01	1,71
58800	4800	12	2,40	0,00	1,72
60000	6000	10	2,40	0,00	1,72
61200	7200	9	2,40	0,00	1,72
62400	8400	7	2,40	0,00	1,72
64800	10800	6	2,40	0,00	1,72
66600	12600	5	2,40	0,00	1,72
68400	14400	5	2,40	0,00	1,72
70200	16200	4	2,40	0,00	1,72
72000	18000	4	2,40	0,00	1,72

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

La interpretación de la prueba de bombeo, permitió definir los siguientes parámetros: Transmisividad (T), Coeficiente de Almacenamiento, Conductividad Hidráulica (K) y Régimen de Bombeo. Atendiendo a las características geológicas e hidrológicas de la región, se decidió utilizar el software Aquifer Test, Versión 2.55, Desarrollado por Waterloo Hydrogeologic Inc. (Roehrich), para hacer la interpretación y definir las características hidrogeológicas del acuífero.

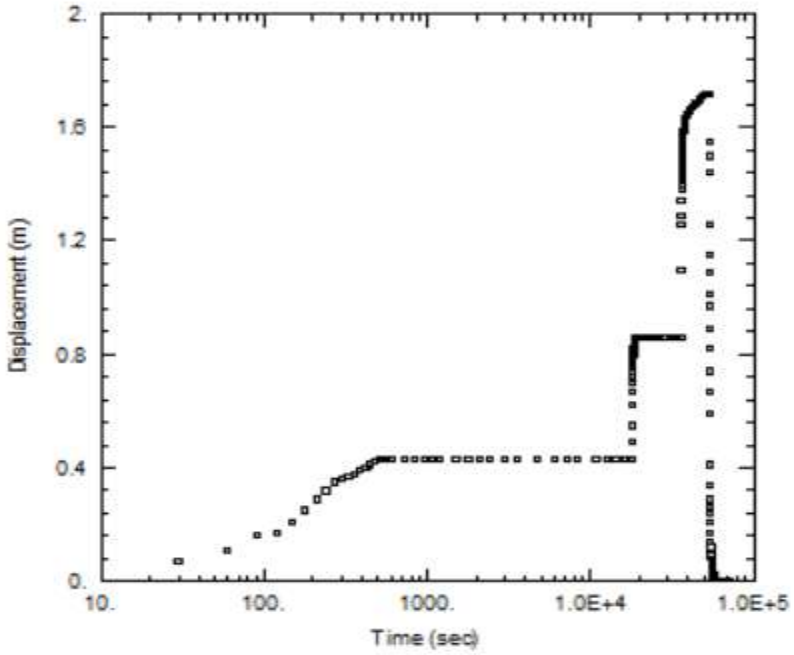
De acuerdo con las características del acuífero, se encontró que el método de interpretación más ajustado para este caso es el de Jacob y Cooper; por lo tanto, se procedió a hacer el análisis del bombeo escalonado, usando el modelo computacional, descrito anteriormente.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

12. Análisis de Datos Medidos y Resultados Prueba de Bombeo Caudal Escalonado por Medio de Varios Métodos

Figura 3.

Gráfica de Abatimiento – Tiempo



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:29:34

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

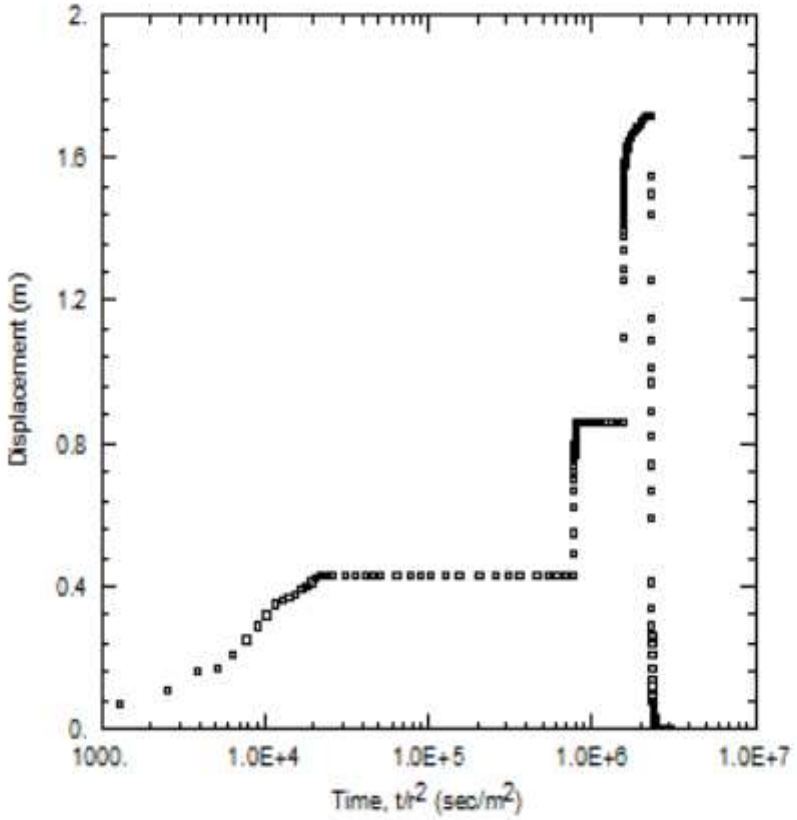
Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:30:16

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

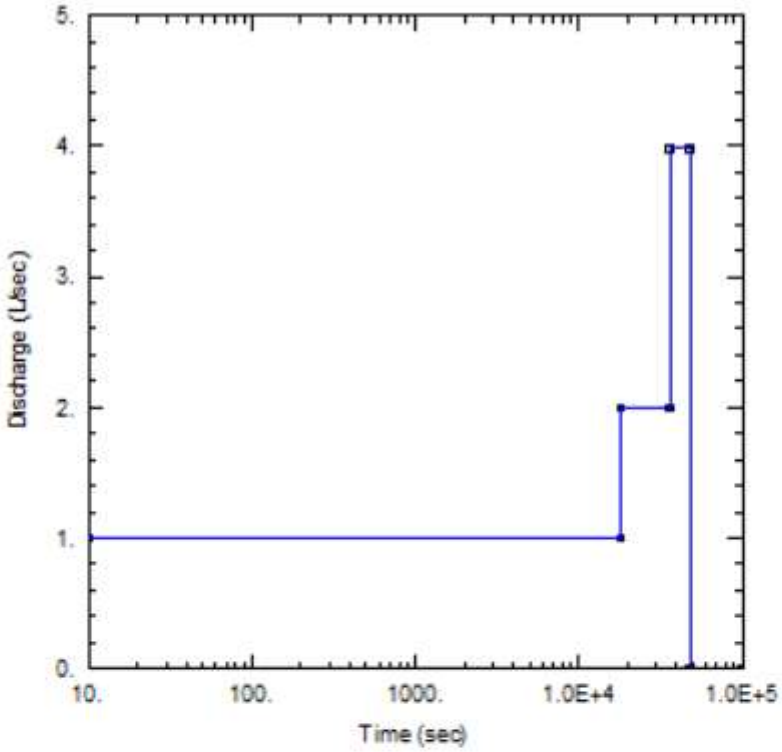
Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 4.

Gráfica Caudal - Tiempo



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:30:51

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 5.

Reporte de Datos

AQTESOLV for Windows

Data Set:
Date: 02/01/26
Time: 15:31:17

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Date: ENE-2026
Test Well: PZ SENA ESPINAL

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m
Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

No. of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PZ SENA ESPINAL

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

Casing Radius: 0.0762 m
Well Radius: 0.1524 m

Fully Penetrating Well

No. of pumping periods: 4

Pumping Period Data			
Time (sec)	Rate (L/sec)	Time (sec)	Rate (L/sec)
0.	1.	3.6E+4	3.98
1.8E+4	2.	4.8E+4	0.

OBSERVATION WELL DATA

No. of observation wells: 1

Observation Well No. 1: PZ SENA ESPINAL

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

Radial distance from PZ SENA ESPINAL: 0. m

Fully Penetrating Well

No. of Observations: 160

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

AQTESOLV for Windows

Observation Data

Time (sec)	Displacement (m)	Time (sec)	Displacement (m)
30.	0.07	3.603E+4	1.1
60.	0.11	3.606E+4	1.26
90.	0.16	3.609E+4	1.29
120.	0.17	3.612E+4	1.34
150.	0.21	3.615E+4	1.38
180.	0.25	3.618E+4	1.4
210.	0.29	3.621E+4	1.41
240.	0.32	3.624E+4	1.42
270.	0.35	3.627E+4	1.43
300.	0.36	3.63E+4	1.44
330.	0.37	3.633E+4	1.45
360.	0.38	3.636E+4	1.46
390.	0.39	3.639E+4	1.47
420.	0.4	3.642E+4	1.48
450.	0.41	3.645E+4	1.49
480.	0.42	3.648E+4	1.5
510.	0.43	3.651E+4	1.51
540.	0.43	3.654E+4	1.52
570.	0.43	3.657E+4	1.53
600.	0.43	3.66E+4	1.54
720.	0.43	3.672E+4	1.55
840.	0.43	3.684E+4	1.56
960.	0.43	3.696E+4	1.57
1080.	0.43	3.708E+4	1.58
1200.	0.43	3.72E+4	1.59
1500.	0.43	3.75E+4	1.6
1800.	0.43	3.78E+4	1.61
2100.	0.43	3.81E+4	1.62
2400.	0.43	3.84E+4	1.63
3000.	0.43	3.9E+4	1.64
3600.	0.43	3.96E+4	1.65
4800.	0.43	4.08E+4	1.66
6000.	0.43	4.2E+4	1.67
7200.	0.43	4.32E+4	1.68
8400.	0.43	4.44E+4	1.69
1.08E+4	0.43	4.68E+4	1.7
1.26E+4	0.43	4.86E+4	1.71
1.44E+4	0.43	5.04E+4	1.72
1.62E+4	0.43	5.22E+4	1.72
1.8E+4	0.43	5.4E+4	1.72
1.803E+4	0.49	5.403E+4	1.55
1.806E+4	0.55	5.406E+4	1.5
1.809E+4	0.62	5.409E+4	1.44
1.812E+4	0.67	5.412E+4	1.26
1.815E+4	0.7	5.415E+4	1.15
1.818E+4	0.72	5.418E+4	1.09
1.821E+4	0.74	5.421E+4	1.01
1.824E+4	0.75	5.424E+4	0.97
1.827E+4	0.76	5.427E+4	0.89
1.83E+4	0.77	5.43E+4	0.82
1.833E+4	0.78	5.433E+4	0.74
1.836E+4	0.79	5.436E+4	0.67

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

AQTESOLV for Windows

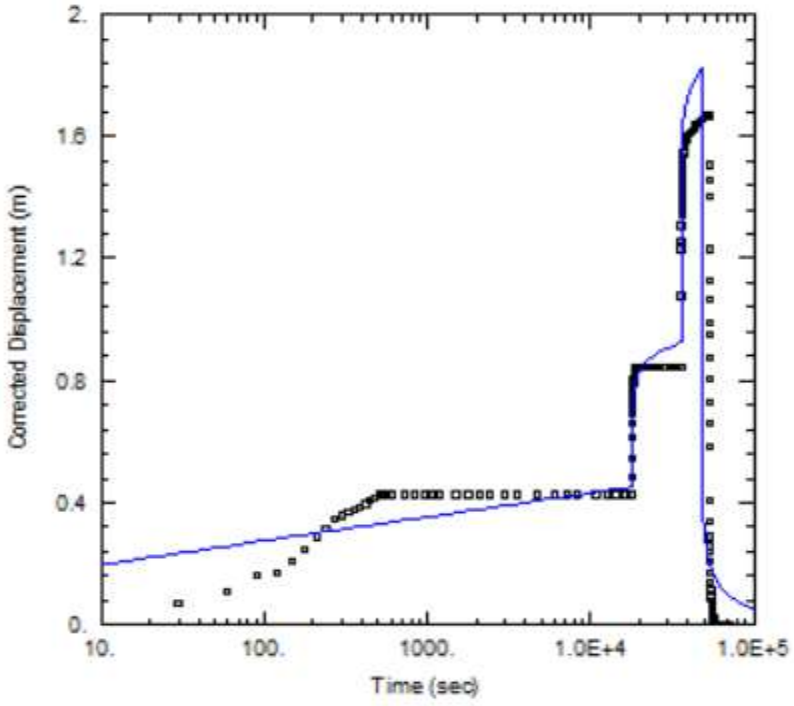
Time (sec)	Displacement (m)	Time (sec)	Displacement (m)
1.839E+4	0.8	5.439E+4	0.59
1.842E+4	0.81	5.442E+4	0.41
1.845E+4	0.82	5.445E+4	0.34
1.848E+4	0.83	5.448E+4	0.29
1.851E+4	0.84	5.451E+4	0.26
1.854E+4	0.85	5.454E+4	0.24
1.857E+4	0.86	5.457E+4	0.21
1.86E+4	0.86	5.46E+4	0.17
1.872E+4	0.86	5.472E+4	0.14
1.884E+4	0.86	5.484E+4	0.12
1.896E+4	0.86	5.496E+4	0.09
1.908E+4	0.86	5.508E+4	0.08
1.92E+4	0.86	5.52E+4	0.07
1.95E+4	0.86	5.55E+4	0.06
1.98E+4	0.86	5.58E+4	0.05
2.01E+4	0.86	5.61E+4	0.04
2.04E+4	0.86	5.64E+4	0.03
2.1E+4	0.86	5.7E+4	0.02
2.16E+4	0.86	5.76E+4	0.01
2.28E+4	0.86	5.88E+4	0.
2.4E+4	0.86	6.0E+4	0.
2.52E+4	0.86	6.12E+4	0.
2.64E+4	0.86	6.24E+4	0.
2.88E+4	0.86	6.48E+4	0.
3.06E+4	0.86	6.66E+4	0.
3.24E+4	0.86	6.84E+4	0.
3.42E+4	0.86	7.02E+4	0.
3.6E+4	0.86	7.2E+4	0.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

12.1.Solución por medio del Método de Theis

Figura 6.

Gráfica Abatimiento – Tiempo (Theis)



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:35:48

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

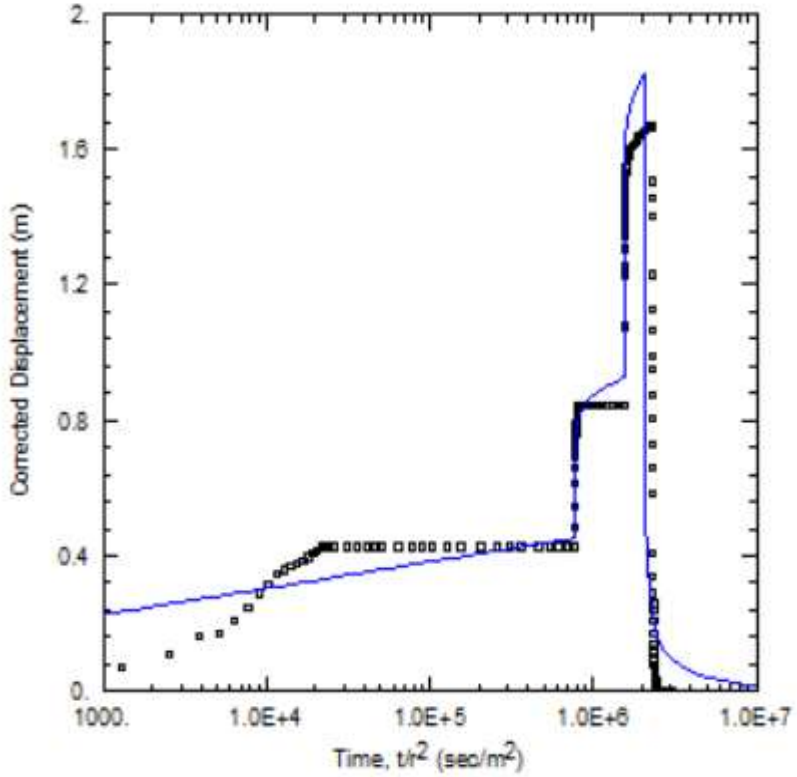
WELL DATA

Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0	▪ PZ SENA ESPINAL	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Theis
T = 201.9 m^2/day
S = 0.007028
Kz/Kr = 1.
b = 28. m

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:38:11

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
▪ PZ SENA ESPINAL	0	0

SOLUTION

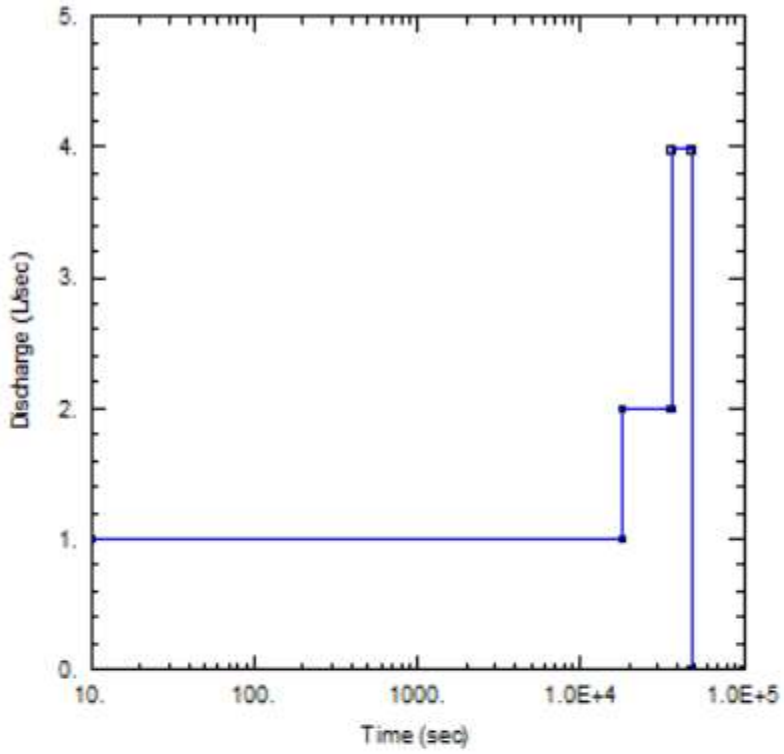
Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Theis

T = 201.9 m^2/day
S = 0.007028
Kz/Kr = 1.
b = 28. m

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 7.

Gráfica Caudal – Tiempo (Theis)



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:36:30

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

WELL DATA

Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
▫ PZ SENA ESPINAL	0	0	PZ SENA ESPINAL	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Theis
T = 201.9 m^2/day
Kz/Kr = 1.
S = 0.007028
b = 28. m

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 8.

Reporte de Resultados Método de Theis

AQTESOLV for Windows

Data Set:
Date: 02/01/26
Time: 15:36:47

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Date: ENE-2026
Test Well: PZ SENA ESPINAL

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m
Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

No. of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PZ SENA ESPINAL

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

Casing Radius: 0.0762 m
Well Radius: 0.1524 m

Fully Penetrating Well

No. of pumping periods: 4

Pumping Period Data

Time (sec)	Rate (L/sec)	Time (sec)	Rate (L/sec)
0.	1.	3.6E+4	3.98
1.8E+4	2.	4.8E+4	0.

OBSERVATION WELL DATA

No. of observation wells: 1

Observation Well No. 1: PZ SENA ESPINAL

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

Radial distance from PZ SENA ESPINAL: 0. m

Fully Penetrating Well

No. of Observations: 160

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

AQTESOLV for Windows

Observation Data

Time (sec)	Displacement (m)	Time (sec)	Displacement (m)
30.	0.07	3.603E+4	1.1
60.	0.11	3.606E+4	1.26
90.	0.16	3.609E+4	1.29
120.	0.17	3.612E+4	1.34
150.	0.21	3.615E+4	1.38
180.	0.25	3.618E+4	1.4
210.	0.29	3.621E+4	1.41
240.	0.32	3.624E+4	1.42
270.	0.35	3.627E+4	1.43
300.	0.36	3.63E+4	1.44
330.	0.37	3.633E+4	1.45
360.	0.38	3.636E+4	1.46
390.	0.39	3.639E+4	1.47
420.	0.4	3.642E+4	1.48
450.	0.41	3.645E+4	1.49
480.	0.42	3.648E+4	1.5
510.	0.43	3.651E+4	1.51
540.	0.43	3.654E+4	1.52
570.	0.43	3.657E+4	1.53
600.	0.43	3.66E+4	1.54
720.	0.43	3.672E+4	1.55
840.	0.43	3.684E+4	1.56
960.	0.43	3.696E+4	1.57
1080.	0.43	3.708E+4	1.58
1200.	0.43	3.72E+4	1.59
1500.	0.43	3.75E+4	1.6
1800.	0.43	3.78E+4	1.61
2100.	0.43	3.81E+4	1.62
2400.	0.43	3.84E+4	1.63
3000.	0.43	3.9E+4	1.64
3600.	0.43	3.96E+4	1.65
4800.	0.43	4.08E+4	1.66
6000.	0.43	4.2E+4	1.67
7200.	0.43	4.32E+4	1.68
8400.	0.43	4.44E+4	1.69
1.08E+4	0.43	4.68E+4	1.7
1.26E+4	0.43	4.86E+4	1.71
1.44E+4	0.43	5.04E+4	1.72
1.62E+4	0.43	5.22E+4	1.72
1.8E+4	0.43	5.4E+4	1.72
1.803E+4	0.49	5.403E+4	1.55
1.806E+4	0.55	5.406E+4	1.5
1.809E+4	0.62	5.409E+4	1.44
1.812E+4	0.67	5.412E+4	1.26
1.815E+4	0.7	5.415E+4	1.15
1.818E+4	0.72	5.418E+4	1.09
1.821E+4	0.74	5.421E+4	1.01
1.824E+4	0.75	5.424E+4	0.97
1.827E+4	0.76	5.427E+4	0.89
1.83E+4	0.77	5.43E+4	0.82
1.833E+4	0.78	5.433E+4	0.74
1.836E+4	0.79	5.436E+4	0.67

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

AQTESOLV for Windows

Time (sec)	Displacement (m)	Time (sec)	Displacement (m)
1.839E+4	0.8	5.439E+4	0.59
1.842E+4	0.81	5.442E+4	0.41
1.845E+4	0.82	5.445E+4	0.34
1.848E+4	0.83	5.448E+4	0.29
1.851E+4	0.84	5.451E+4	0.26
1.854E+4	0.85	5.454E+4	0.24
1.857E+4	0.86	5.457E+4	0.21
1.86E+4	0.86	5.46E+4	0.17
1.872E+4	0.86	5.472E+4	0.14
1.884E+4	0.86	5.484E+4	0.12
1.896E+4	0.86	5.496E+4	0.09
1.908E+4	0.86	5.508E+4	0.08
1.92E+4	0.86	5.52E+4	0.07
1.95E+4	0.86	5.55E+4	0.06
1.98E+4	0.86	5.58E+4	0.05
2.01E+4	0.86	5.61E+4	0.04
2.04E+4	0.86	5.64E+4	0.03
2.1E+4	0.86	5.7E+4	0.02
2.16E+4	0.86	5.76E+4	0.01
2.28E+4	0.86	5.88E+4	0.
2.4E+4	0.86	6.0E+4	0.
2.52E+4	0.86	6.12E+4	0.
2.64E+4	0.86	6.24E+4	0.
2.88E+4	0.86	6.48E+4	0.
3.06E+4	0.86	6.66E+4	0.
3.24E+4	0.86	6.84E+4	0.
3.42E+4	0.86	7.02E+4	0.
3.6E+4	0.86	7.2E+4	0.

SOLUTION

Pumping Test
Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	201.9	m^2/day
S	0.007028	
Kz/Kr	1.	
b	28.	m

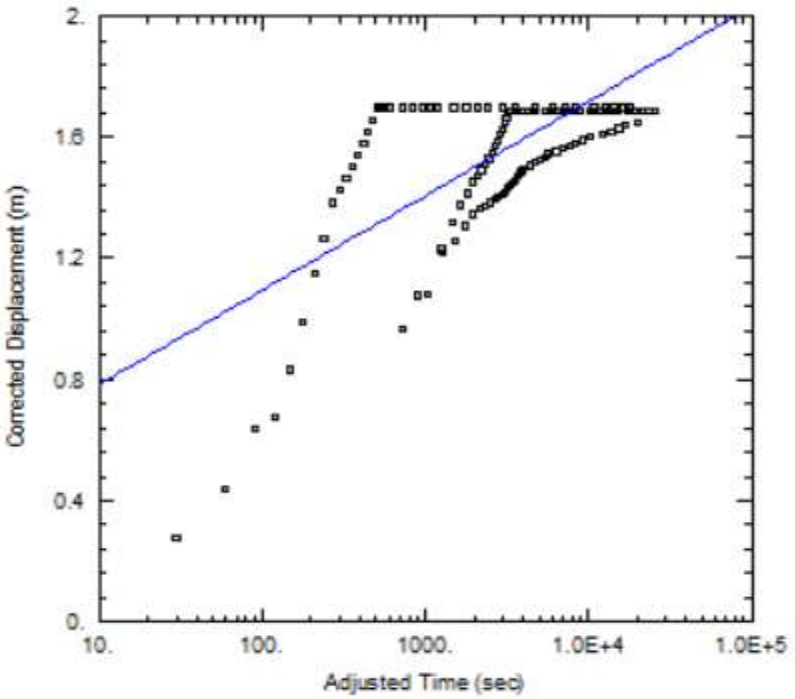
K = T/b = 7.212 m/day (0.008347 cm/sec)
Ss = S/b = 0.000251 1/m

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

12.2. Solución por medio de Método de Cooper – Jacob

Figura 9.

Gráfica Abatimiento – Tiempo (Cooper – Jacob)



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:39:58

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

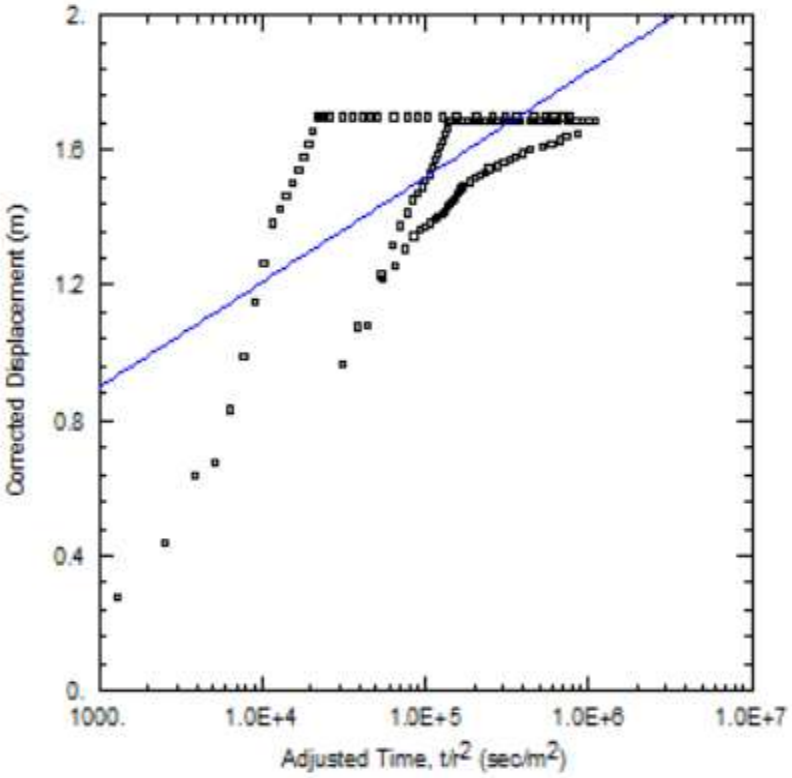
Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined Solution Method: Cooper-Jacob
T = 201.9 m^2/day S = 0.007028

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:40:24

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

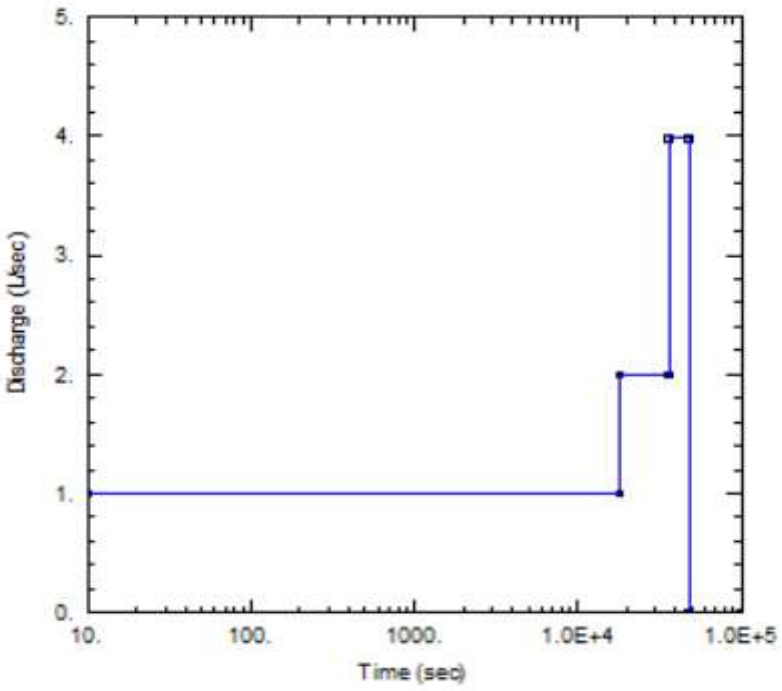
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined Solution Method: Cooper-Jacob
T = 201.9 m^2/day S = 0.007028

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 10.

Gráfica Caudal – Tiempo (Cooper – Jacob)



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:41:14

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined Solution Method: Cooper-Jacob
T = 201.9 m^2/day S = 0.007028

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 11.

Reporte de Resultados Método de Cooper - Jacob

AQTESOLV for Windows

Data Set:
Date: 02/01/26
Time: 15:42:02

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Date: ENE-2026
Test Well: PZ SENA ESPINAL

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m
Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

No. of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PZ SENA ESPINAL

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

Casing Radius: 0.0762 m
Well Radius: 0.1524 m

Fully Penetrating Well

No. of pumping periods: 4

Pumping Period Data

Time (sec)	Rate (L/sec)	Time (sec)	Rate (L/sec)
0.	1.	3.6E+4	3.98
1.8E+4	2.	4.8E+4	0.

OBSERVATION WELL DATA

No. of observation wells: 1

Observation Well No. 1: PZ SENA ESPINAL

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

Radial distance from PZ SENA ESPINAL: 0. m

Fully Penetrating Well

No. of Observations: 160

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

AQTESOLV for Windows

Observation Data

Time (sec)	Displacement (m)	Time (sec)	Displacement (m)
30.	0.07	3.603E+4	1.1
60.	0.11	3.606E+4	1.26
90.	0.16	3.609E+4	1.29
120.	0.17	3.612E+4	1.34
150.	0.21	3.615E+4	1.38
180.	0.25	3.618E+4	1.4
210.	0.29	3.621E+4	1.41
240.	0.32	3.624E+4	1.42
270.	0.35	3.627E+4	1.43
300.	0.36	3.63E+4	1.44
330.	0.37	3.633E+4	1.45
360.	0.38	3.636E+4	1.46
390.	0.39	3.639E+4	1.47
420.	0.4	3.642E+4	1.48
450.	0.41	3.645E+4	1.49
480.	0.42	3.648E+4	1.5
510.	0.43	3.651E+4	1.51
540.	0.43	3.654E+4	1.52
570.	0.43	3.657E+4	1.53
600.	0.43	3.66E+4	1.54
720.	0.43	3.672E+4	1.55
840.	0.43	3.684E+4	1.56
960.	0.43	3.696E+4	1.57
1080.	0.43	3.708E+4	1.58
1200.	0.43	3.72E+4	1.59
1500.	0.43	3.75E+4	1.6
1800.	0.43	3.78E+4	1.61
2100.	0.43	3.81E+4	1.62
2400.	0.43	3.84E+4	1.63
3000.	0.43	3.9E+4	1.64
3600.	0.43	3.96E+4	1.65
4800.	0.43	4.08E+4	1.66
6000.	0.43	4.2E+4	1.67
7200.	0.43	4.32E+4	1.68
8400.	0.43	4.44E+4	1.69
1.08E+4	0.43	4.68E+4	1.7
1.26E+4	0.43	4.86E+4	1.71
1.44E+4	0.43	5.04E+4	1.72
1.62E+4	0.43	5.22E+4	1.72
1.8E+4	0.43	5.4E+4	1.72
1.803E+4	0.49	5.403E+4	1.55
1.806E+4	0.55	5.406E+4	1.5
1.809E+4	0.62	5.409E+4	1.44
1.812E+4	0.67	5.412E+4	1.26
1.815E+4	0.7	5.415E+4	1.15
1.818E+4	0.72	5.418E+4	1.09
1.821E+4	0.74	5.421E+4	1.01
1.824E+4	0.75	5.424E+4	0.97
1.827E+4	0.76	5.427E+4	0.89
1.83E+4	0.77	5.43E+4	0.82
1.833E+4	0.78	5.433E+4	0.74
1.836E+4	0.79	5.436E+4	0.67

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

AQTESOLV for Windows

Time (sec)	Displacement (m)	Time (sec)	Displacement (m)
1.839E+4	0.8	5.439E+4	0.59
1.842E+4	0.81	5.442E+4	0.41
1.845E+4	0.82	5.445E+4	0.34
1.848E+4	0.83	5.448E+4	0.29
1.851E+4	0.84	5.451E+4	0.26
1.854E+4	0.85	5.454E+4	0.24
1.857E+4	0.86	5.457E+4	0.21
1.86E+4	0.86	5.46E+4	0.17
1.872E+4	0.86	5.472E+4	0.14
1.884E+4	0.86	5.484E+4	0.12
1.896E+4	0.86	5.496E+4	0.09
1.908E+4	0.86	5.508E+4	0.08
1.92E+4	0.86	5.52E+4	0.07
1.95E+4	0.86	5.55E+4	0.06
1.98E+4	0.86	5.58E+4	0.05
2.01E+4	0.86	5.61E+4	0.04
2.04E+4	0.86	5.64E+4	0.03
2.1E+4	0.86	5.7E+4	0.02
2.16E+4	0.86	5.76E+4	0.01
2.28E+4	0.86	5.88E+4	0.
2.4E+4	0.86	6.0E+4	0.
2.52E+4	0.86	6.12E+4	0.
2.64E+4	0.86	6.24E+4	0.
2.88E+4	0.86	6.48E+4	0.
3.06E+4	0.86	6.66E+4	0.
3.24E+4	0.86	6.84E+4	0.
3.42E+4	0.86	7.02E+4	0.
3.6E+4	0.86	7.2E+4	0.

SOLUTION

Pumping Test
Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Cooper-Jacob

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	201.9	m^2/day
S	0.007028	

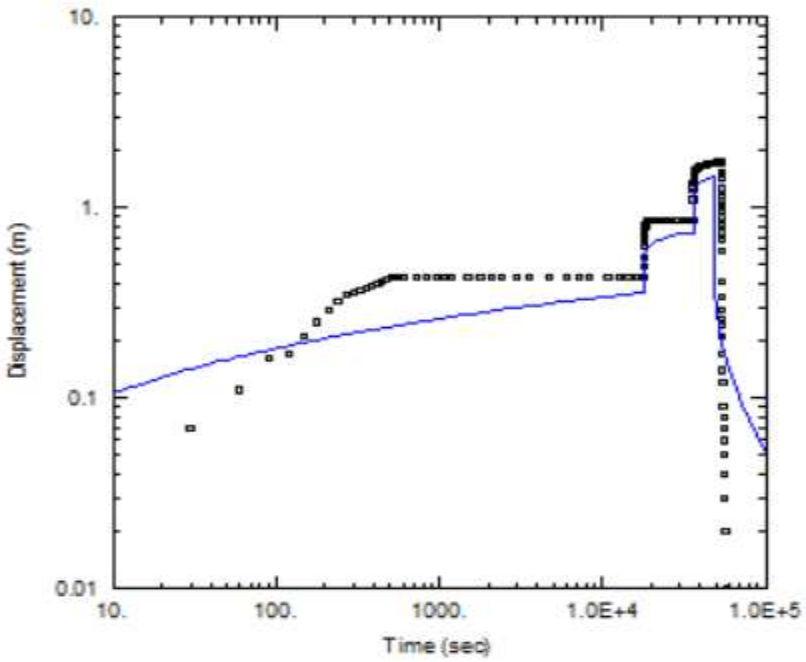
K = T/b = 7.212 m/day (0.008347 cm/sec)
Ss = S/b = 0.000251 1/m

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

12.3. Solución por medio de Método de Neuman

Figura 12.

Gráfica Abatimiento – Tiempo (Neuman)



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:43:36

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Observation Wells

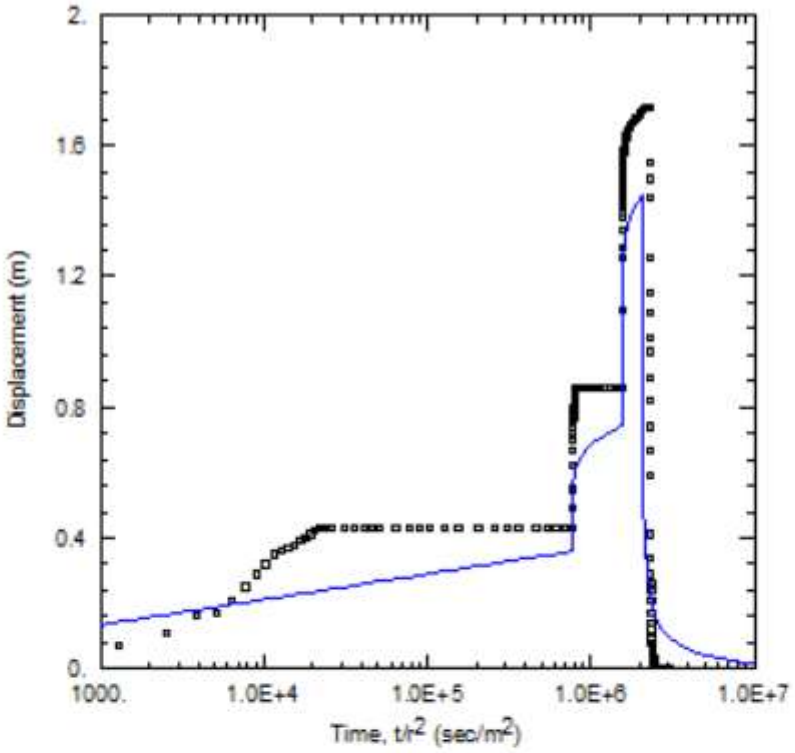
Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Neuman

T = 201.9 m^2/day
Sy = 0.1
S = 0.007028
ß = 0.1

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:47:21

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0

SOLUTION

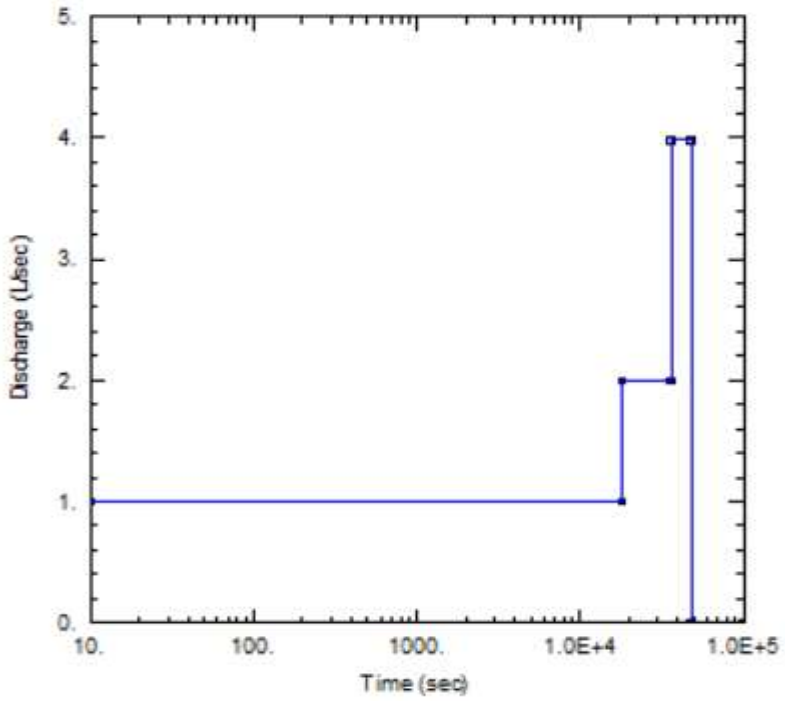
Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Neuman

T = 201.9 m^2/day
Sy = 0.1
S = 0.007028
ß = 0.1

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 13.

Gráfica Caudal – Tiempo (Neuman)



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:
Date: 02/01/26 Time: 15:47:42

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Well: PZ SENA ESPINAL
Test Date: ENE-2026

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m

WELL DATA

Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
PZ SENA ESPINAL	0	0	PZ SENA ESPINAL	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
T = 201.9 m^2/day
Sy = 0.1
Solution Method: Neuman
S = 0.007028
ß = 0.1

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Figura 14.

Reporte de Resultados Método de Neuman

AQTESOLV for Windows

Data Set:
Date: 02/01/26
Time: 15:48:10

PROJECT INFORMATION

Company: CONSTRUNAL DE AGUAS SAS
Client: SENA ESPINAL
Project: PB Q ESCALONADO
Location: ESPINAL, TOLIMA
Test Date: ENE-2026
Test Well: PZ SENA ESPINAL

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28. m
Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 3375.6

PUMPING WELL DATA

No. of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PZ SENA ESPINAL

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

Casing Radius: 0.0762 m
Well Radius: 0.1524 m

Fully Penetrating Well

No. of pumping periods: 4

Pumping Period Data

Time (sec)	Rate (L/sec)	Time (sec)	Rate (L/sec)
0.	1.	3.6E+4	3.98
1.8E+4	2.	4.8E+4	0.

OBSERVATION WELL DATA

No. of observation wells: 1

Observation Well No. 1: PZ SENA ESPINAL

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

Radial distance from PZ SENA ESPINAL: 0. m

Fully Penetrating Well

No. of Observations: 160

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

AQTESOLV for Windows

Observation Data

Time (sec)	Displacement (m)	Time (sec)	Displacement (m)
30.	0.07	3.603E+4	1.1
60.	0.11	3.606E+4	1.26
90.	0.16	3.609E+4	1.29
120.	0.17	3.612E+4	1.34
150.	0.21	3.615E+4	1.38
180.	0.25	3.618E+4	1.4
210.	0.29	3.621E+4	1.41
240.	0.32	3.624E+4	1.42
270.	0.35	3.627E+4	1.43
300.	0.36	3.63E+4	1.44
330.	0.37	3.633E+4	1.45
360.	0.38	3.636E+4	1.46
390.	0.39	3.639E+4	1.47
420.	0.4	3.642E+4	1.48
450.	0.41	3.645E+4	1.49
480.	0.42	3.648E+4	1.5
510.	0.43	3.651E+4	1.51
540.	0.43	3.654E+4	1.52
570.	0.43	3.657E+4	1.53
600.	0.43	3.66E+4	1.54
720.	0.43	3.672E+4	1.55
840.	0.43	3.684E+4	1.56
960.	0.43	3.696E+4	1.57
1080.	0.43	3.708E+4	1.58
1200.	0.43	3.72E+4	1.59
1500.	0.43	3.75E+4	1.6
1800.	0.43	3.78E+4	1.61
2100.	0.43	3.81E+4	1.62
2400.	0.43	3.84E+4	1.63
3000.	0.43	3.9E+4	1.64
3600.	0.43	3.96E+4	1.65
4800.	0.43	4.08E+4	1.66
6000.	0.43	4.2E+4	1.67
7200.	0.43	4.32E+4	1.68
8400.	0.43	4.44E+4	1.69
1.08E+4	0.43	4.68E+4	1.7
1.26E+4	0.43	4.86E+4	1.71
1.44E+4	0.43	5.04E+4	1.72
1.62E+4	0.43	5.22E+4	1.72
1.8E+4	0.43	5.4E+4	1.72
1.803E+4	0.49	5.403E+4	1.55
1.806E+4	0.55	5.406E+4	1.5
1.809E+4	0.62	5.409E+4	1.44
1.812E+4	0.67	5.412E+4	1.26
1.815E+4	0.7	5.415E+4	1.15
1.818E+4	0.72	5.418E+4	1.09
1.821E+4	0.74	5.421E+4	1.01
1.824E+4	0.75	5.424E+4	0.97
1.827E+4	0.76	5.427E+4	0.89
1.83E+4	0.77	5.43E+4	0.82
1.833E+4	0.78	5.433E+4	0.74
1.836E+4	0.79	5.436E+4	0.67

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

AQTESOLV for Windows

Time (sec)	Displacement (m)	Time (sec)	Displacement (m)
1.839E+4	0.8	5.439E+4	0.59
1.842E+4	0.81	5.442E+4	0.41
1.845E+4	0.82	5.445E+4	0.34
1.848E+4	0.83	5.448E+4	0.29
1.851E+4	0.84	5.451E+4	0.26
1.854E+4	0.85	5.454E+4	0.24
1.857E+4	0.86	5.457E+4	0.21
1.86E+4	0.86	5.46E+4	0.17
1.872E+4	0.86	5.472E+4	0.14
1.884E+4	0.86	5.484E+4	0.12
1.896E+4	0.86	5.496E+4	0.09
1.908E+4	0.86	5.508E+4	0.08
1.92E+4	0.86	5.52E+4	0.07
1.95E+4	0.86	5.55E+4	0.06
1.98E+4	0.86	5.58E+4	0.05
2.01E+4	0.86	5.61E+4	0.04
2.04E+4	0.86	5.64E+4	0.03
2.1E+4	0.86	5.7E+4	0.02
2.16E+4	0.86	5.76E+4	0.01
2.28E+4	0.86	5.88E+4	0.
2.4E+4	0.86	6.0E+4	0.
2.52E+4	0.86	6.12E+4	0.
2.64E+4	0.86	6.24E+4	0.
2.88E+4	0.86	6.48E+4	0.
3.06E+4	0.86	6.66E+4	0.
3.24E+4	0.86	6.84E+4	0.
3.42E+4	0.86	7.02E+4	0.
3.6E+4	0.86	7.2E+4	0.

SOLUTION

Pumping Test
Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Neuman

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	201.9	m^2/day
S	0.007028	
Sy	0.1	
ß	0.1	

K = T/b = 7.212 m/day (0.008347 cm/sec)
Ss = S/b = 0.000251 1/m

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

13. Eficiencia del Pozo Profundo

Para determinar los coeficientes B y C, y en su caso el exponente n es necesario conocer los descensos a tres escalones, por lo tanto, para la prueba de bombeo escalonada se hicieron tres ciclos de 300 minutos cada uno con caudales de 1 l/s, 2 l/s y 3,98 l/s respectivamente.

El método más usual para el cálculo de los coeficientes de la fórmula general de descensos:

$$s = BQ + CQ\hat{}n$$

Introducidos los valores de un bombeo (Q y s) en la fórmula general, son tres las incógnitas a conocer: A, B y n, siendo necesario, al menos, una terna de valores para poder resolver el sistema:

$$s1 = BQ1 + CQ1n\ s2 = BQ2 + CQ2n\ s3 = BQ3 + CQ3n$$

La información de la prueba de bombeo escalonada se interpretó mediante el programa AQTSOLV.

La eficiencia de una captación se define como la relación entre el descenso teórico y el descenso real, expresado en porcentaje, o sea:

$$Eficiencia: \frac{B}{B + C * Q}\ x\ 100$$

B y C; Constantes del pozo

B: Prolongación de la línea recta hasta el origen

C: Pendiente de la línea recta

n: 2

Por lo tanto;

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Tabla 6.

Datos para Eficiencia

		n^2		
Q (l/s)	**Q (m³/día)**	Q^{n-1}	**s (m)**	**S/Q**
1	86,4	86,4	0,43	0,004976852
2	172,36	172,36	0,86	0,004989325
3,98	343,87	343,87	1,72	0,005001861

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Conociendo las parejas $s1,1$, $s2,2$y $s3$, $Q3$, sustituimos sus valores en la ecuación característica y obtenemos:

$$s_1 = B * Q_1 + C * Q_1^n$$

$$s_2 = B * Q_2 + C * Q_2^n$$

$$s_3 = B * Q_3 + C * Q_3^n$$

Dividiendo entre Q i resulta que obtenemos:

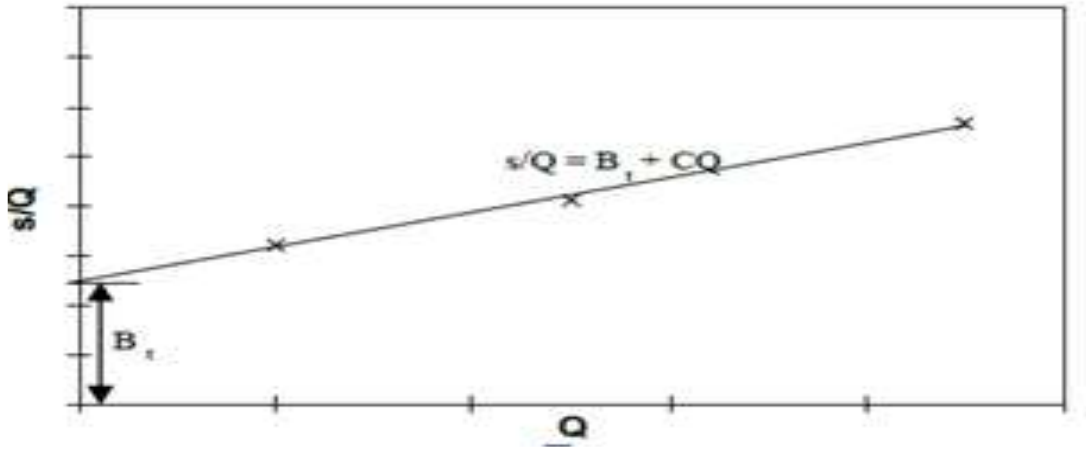
$$s_1/Q_1 = B + C * Q_1^{n-1}$$

$$s_2/Q_2 = B + C * Q_2^{n-1}$$

$$s_3/Q_3 = B + C * Q_3^{n-1}$$

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

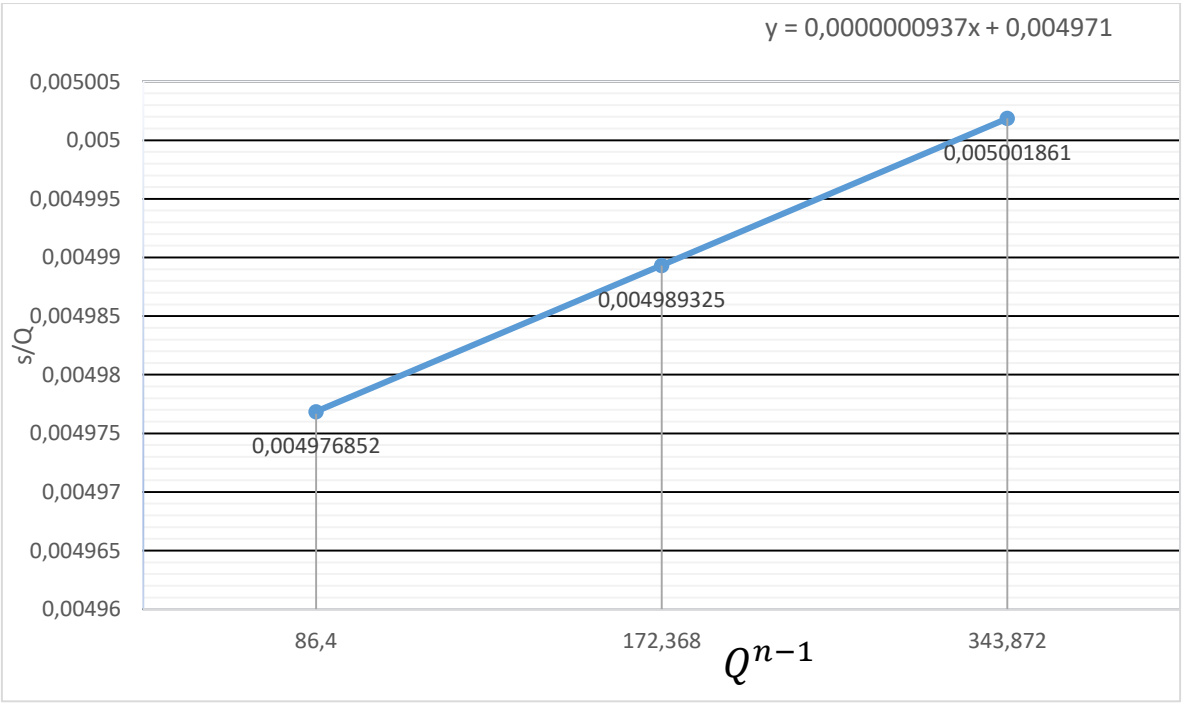
Graficamos los valores s/Q en función de Q:



Si los tres puntos se ajustan a una recta entonces n= 2 y para hallar B y C, basta con resolver el sistema de ecuaciones anterior o determinar la pendiente de la recta (C) y el término de la pendiente (B).

Figura 15.

Grafica de los valores s/Q en función de Q



Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Como se observa en la figura anterior los valores de s1/Q1 tienden a ser constantes por lo tanto todos los descensos son proporcionales al caudal, lo que no quiere decir que no existan perdidas en el pozo, de tal forma que n adquiere un valor de 2 (n=2).

Para calcular las variables B y C, dadas por la ecuación se resolvió de la siguiente manera:

$$s1 / Q1 = B + CQ12 \; s2 / Q2 = B + CQ22 \; s3 / Q3 = B + CQ32$$

Despejando e igualando B se tiene: $(s1 - C * Q12) - Q2 = (s2 - CQ22) * Q$

Determinamos las constantes;

Tabla 7.

Determinación de Constantes

Pendiente de la Recta	C	9,37E-08
Ordenada en el Origen	B	0,004971

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Por último;

$$Eficiencia: \frac{B}{B + C * Q} * 100$$

$$Eficiencia: \frac{0{,}004971}{0{,}004971 + 9{,}37\text{E} - 08 * 343{,}87} * 100 = 99{,}4\%$$

13.1. Eficiencia de cada Escalón.

- Primer Escalón

$$Eficiencia: \frac{B}{B + C * Q_1} * 100$$

$$Eficiencia: \frac{0{,}004971}{0{,}004971 + 9{,}37\text{E} - 08 * 86{,}4} * 100 = 99{,}8\%$$

Eficiencia: 99,8%

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

- Segundo Escalón

$$Eficiencia: \frac{B}{B + C * Q_2} * 100$$

$$Eficiencia: \frac{0{,}004971}{0{,}004971 + 9{,}37\text{E} - 08 * 172{,}8} * 100 = 99{,}7\%$$

Eficiencia: 99,7%

- Tercer Escalón

$$Eficiencia: \frac{B}{B + C * Q_3} * 100$$

$$Eficiencia: \frac{0{,}004971}{0{,}004971 + 9{,}37\text{E} - 08 * 343{,}87} * 100 = 99{,}4\%$$

Eficiencia: 99,4 %

Tabla 8.

Eficiencia del Pozo Profundo

EFICIENCIA DEL POZO PROFUNDO	
Eficiencia 1	0,998
Porcentaje	99,8%
Eficiencia 2	0,997
Porcentaje	99,7%
Eficiencia 3	0,994
Porcentaje	99,4%

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Tabla 9.

Cálculo de descensos con la ecuación matemática del pozo (Abatimiento: Ab = BQ+CQ2)

CONSTANTES	
B	0,004971
C	9,37 E-08
ABREVIATURA	**EQUIVALENCIA**
Q	Caudal (l/s)
Ab	Abatimiento (m)
B y C	Constantes de la Ecuación
B * Q	Perdida del Acuífero
C* Q²	Perdidas del pozo
NE	Nivel Estático (m)
NB	Nivel dinámico (m)

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Tabla 10.

Cálculo de Abatimiento para varios Caudales

Q(l/s)	Q(m³/día)	B	C	AB
1	86,4	0,004971	9,37E-08	0,0049706
2	172,36	0,004971	9,37E-08	0,0099414
3,98	343,87	0,004971	9,37E-08	0,0197842

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

Tabla 11.

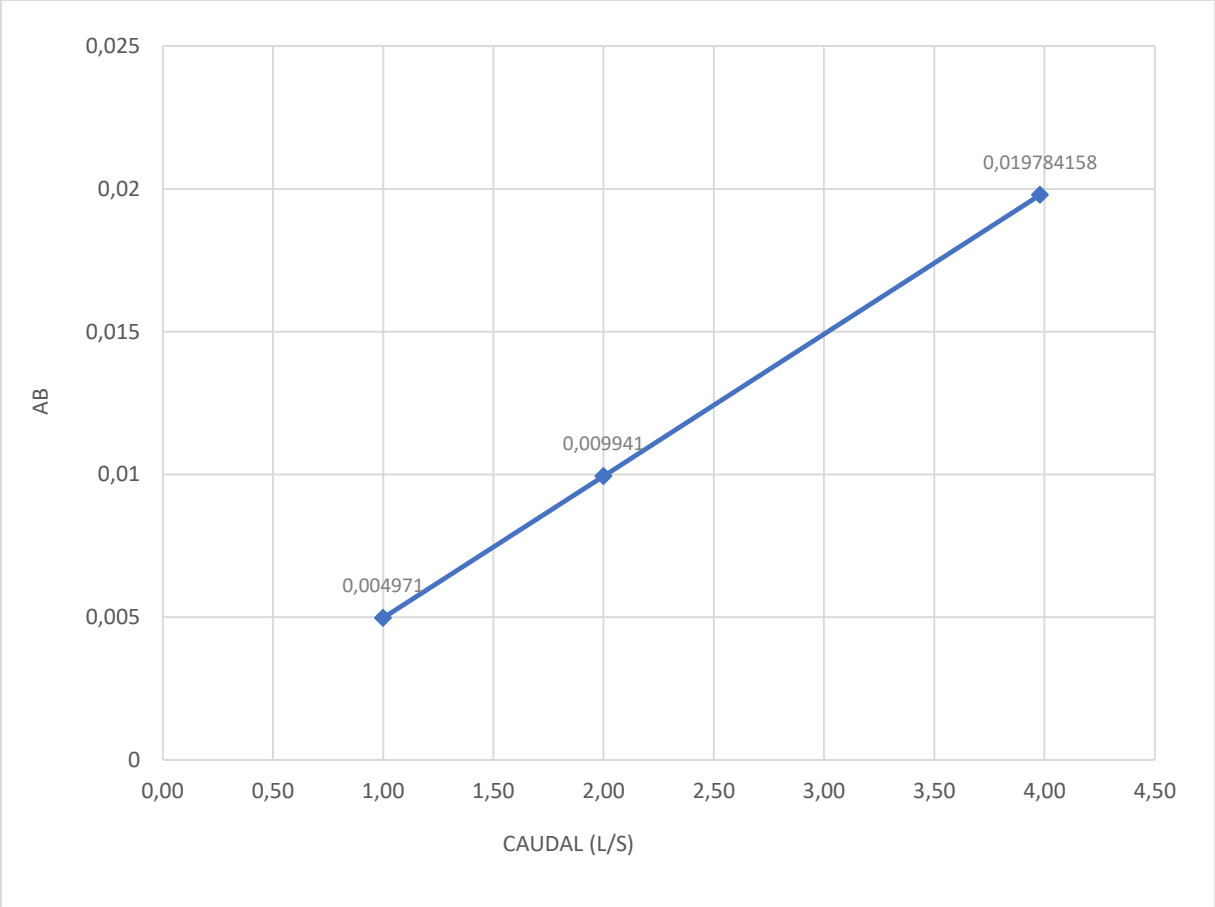
Coeficientes de la Ecuación del Pozo en diferentes Caudales

B	C	Q	BQ	Q2	CQ2	Ab
0,00497052	9,37134E-08	1	0,004970521	1,00	0,000000094	0,004971
0,00497052	9,37134E-08	2	0,009941042	4,00	3,74854E-07	0,009941
0,00497052	9,37134E-08	3,98	0,019782673	15,84	1,48446E-06	0,01978416

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Figura 16.

Descensos - Caudal



Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

14. Conclusiones

- El acuífero captado es considerado como no confinado.
- El acuífero explotado presenta una moderada Transmisividad, permeabilidad y recarga, presentando abatimientos bajos y una recuperación rápida. Con una Transmisividad media de 201,9 m2/día. y un Coeficiente de almacenamiento S= 0,007028 y una Conductividad Hidráulica k: 7,212 m/día.
- Coeficientes de pérdidas del pozo.

B = 0,004971 y C = 9,37E-08.

- Con el caudal de la prueba de 3,98 l/s y al explotar el pozo por 24 horas continuas, se alcanzará un nivel dinámico máximo de 4,12 m.

Tabla 12.

Datos Pozo Profundo SENA-Espinal

Pozo	SENA La Granja Espinal
Caudal (l/s)	3,98
Nivel Estático (m)	2,40
Nivel Dinámico (m)	4,12
Abatimiento (m)	1,72
Prof. Máx. Bombeo (m)	24
Capacidad Específica (Ce=Q/sp) (l/s*m)	2,31
Caudal Máximo recomendado (l/s)	20

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S

- El pozo profundo de las instalaciones del Centro Agropecuario La Granja SENA en el municipio de Espinal, Tolima, para abastecimiento de agua es de buena productividad, se recomienda un caudal máximo de explotación de 20 litros por segundo, para evitar un descompresionamiento de los acuíferos y la posible irrupción de limos finos.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com

15. Recomendaciones

- Se recomienda hacer el seguimiento de los parámetros de abatimiento y recuperación del pozo profundo durante su explotación en época de verano.
- Se recomienda ejecutar un video al pozo profundo para conocer su complexión final.



MARIO ARTURO ROJAS RODRIGUEZ.

ING DE PETROLEOS

T.P 02057 DEL C.P.I.P (CONCEJO PROFESIONAL DE ING DE PETROLEOS)

Cel.: 350 2701632.

Calle 36 No. 24ª-03 Barrio Santa Inés - Villavicencio, Celular: 350 270 16 32
Email: construnaldeaguasas@hotmail.com