

DISEÑO HIDRÁULICO DE CAPTACION DE AGUA EN LA PLANTA POTABILIZADORA DE LA PARROQUIA CANUTO, CANTÓN CHONE

Zambrano Intriago Yessenia¹, Noles Aguilar Patricio¹, Espinel Pino Verónica¹, Sacón Vera Eli¹

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López Campus Politécnico El Limón, km 2.7 vía Calceta – Morro

Contacto: yeyazain@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue realizar un diseño hidráulico de bombeo para mejorar la captación de agua de la planta de potabilización de la parroquia Canuto, cantón Chone. Iniciando un diagnóstico de la zona de captación, donde se elaboró un plano topográfico, con la ubicación de la fuente a captar indicando el nombre y cotas de los pozos, la plataforma, fuentes de agua, captación, aducción y tratamiento de agua subterránea, orientándose a través del norte magnético, estableciendo tres pozos perforados, donde se enviará el agua cruda del subsuelo por unidades de bombes y tuberías transportando el caudal requerido para abastecer la planta de tratamiento, cuyo caudal a explotar se determinó mediante las pruebas de bombeo y de recuperación y analizando los diversos parámetros como métodos de medidas de porosidad, permeabilidad, transmisibilidad, de equilibrio y de variación.

PALABRAS CLAVE

Agua potable, Bombeo, Captación, Diseño Hidráulico.

ABSTRACT

The objetivo Research design was to conduct a hydraulic pump to improve water catchment water treatment plant Canuto city, Canton Chone. Starting the Diagnosis a catchment area, where topographical a plan was developed with the source location to capture indicating the name and coordinates of the wells, platform, water sources, catchment, adduction and Water

Treatment underground, verging through the magnetic north, establishing three wells drilled, where the raw water system will be sent by units Bombeos and pipes carrying the flow required to supply treatment plant, whose flow to explode was determined by Tests Analyzing Recovery pumping parameters and methods as various measures porosity, permeability, transmissibility, balance and variation.

KEY WORDS

Drinking water, pumping, collection, design hydraulic

INTRODUCCIÓN

La demanda de los recursos hídricos motivada por el crecimiento de la población, deforestación, degradación de los suelos, pérdida de la capa vegetal, industrialización y otros, hacen que el líquido vital destinado al abastecimiento público deba ser buscada como agua subterránea o de fuentes superficiales a distancias cada vez mayor, lejos de la actividad del ser humano

Brown, O. 2010 indica que la potabilización del agua comprende una serie de operaciones y procesos secuenciales para transformar la materia prima inicial (agua cruda) en un producto final (agua potable), que se corresponda con los requisitos de calidad según la norma de agua potable INEN 1.108.

Canuto parroquia perteneciente al cantón Chone tiene como fuente de agua cruda proviene de tres pozos perforados presentando concentraciones de hierro y manganeso elevadas; y tratados mediante sistemas de captación, floculación, sedimentación, filtros y desinfección no adecuados requiriendo diseñar un sistema para obtener una calidad de agua apta para consumo humano.

López R. (2003) menciona que “dentro de la problemática del saneamiento básico de comunidades, tienen enorme importancia el suministro de agua potable. Cualquier población, por pequeña que sea, debería contar como mínimo con los servicios de acueductos y alcantarillado, si se espera de ella un desarrollo social y económico para la reducción de altas tasas de morbilidad y mortalidad, en especial de la población infantil”.

Según el TULMAS (2006), para comenzar a diseñar una planta de abastecimiento de agua necesitando caracterizar las fuentes de abastecimiento y que cumpla con los parámetros de calidad “según su uso”, de donde se va a extraer el líquido, y analizándolos de acuerdo a la metodología del estándar método (2005).

López R (2003), también afirma que cualquier sistema de abastecimiento de agua a una comunidad, consta de los siguientes elementos:

- Fuente de abastecimiento
- Obras de captación (estación de bombeo)
- Obras de conducción
- Tratamiento de agua
- Almacenamiento
- Distribución

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la parroquia Canuto que pertenece al cantón Chone, provincia de Manabí, está ubicado a 12 Km al sur oeste de la ciudad de Chone, aproximadamente en las coordenadas 80°7'29" Longitud Oeste y 0°47'45" Latitud Sur.

Se realizaron los cálculos hidráulicos para determinar la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo y los caudales a explotar en dicho acuífero, a fin de suministrar un abastecimiento normal, estable y suficiente para la población futura de la parroquia Canuto. El estudio

topográfico se realizó a lo largo de la línea de conducción existente desde cada uno de los pozos hasta la plataforma donde se ubicará las siguientes obras: tanque reservorio, planta de tratamiento convencional, dicho estudio se efectuará utilizando el equipo topográfico usual. Los trabajos topográficos para el diseño del sistema de agua potable en el área de influencia del proyecto se realizaron utilizando Estación Total y Localizador GPS y se aplicó planimetría y altimetría. Con ello se pudo determinar las cotas de ubicación de los pozos, casas de máquinas, además de las posibles ubicaciones del tanque reservorio, la planta de tratamiento y el tanque de almacenamiento de distribución.

Para procesar los datos se tuvo la ayuda de un programa especializado, con el cual se pudieron generar todo tipo de información de acuerdo con la topografía, como las curvas de nivel, perfiles longitudinales tanto de proyecto como del terreno de la línea de impulsión, abscisado cada 20m, triangulaciones, perfiles longitudinales, entre otros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros físicos de la hoya del acuífero.

La hoya tiene una extensión de 148,2 Ha, y tiene las siguientes dimensiones aproximadas:

- ✦ Longitud promedio (L) = 1280 m,
- ✦ Ancho promedio (B) = 951 m,
- ✦ Espesor promedio del acuífero (e) = 9 m,
- ✦ Área de la hoya = 148,2 ha
- ✦ Área del acuífero es de 1'217.280m²
- ✦ Volumen que almacenará el acuífero es de 10'955.520 m³.
- ✦ Volumen del agua almacenada será de 1'643.328m³
- ✦ Volumen que recibirá el acuífero anualmente será de 444.600 m³/año.
- ✦ El cálculo de bombeo permisible es de 28,2 l/s.
- ✦ El nivel de las aguas subterráneas después de 7 meses de verano (sin recarga) será de

5'443.191,49 m³.

- ✦ El espesor afectado al final del séptimo mes en el acuífero habrá descendido 4,47m bombeando 28,2 l/s.

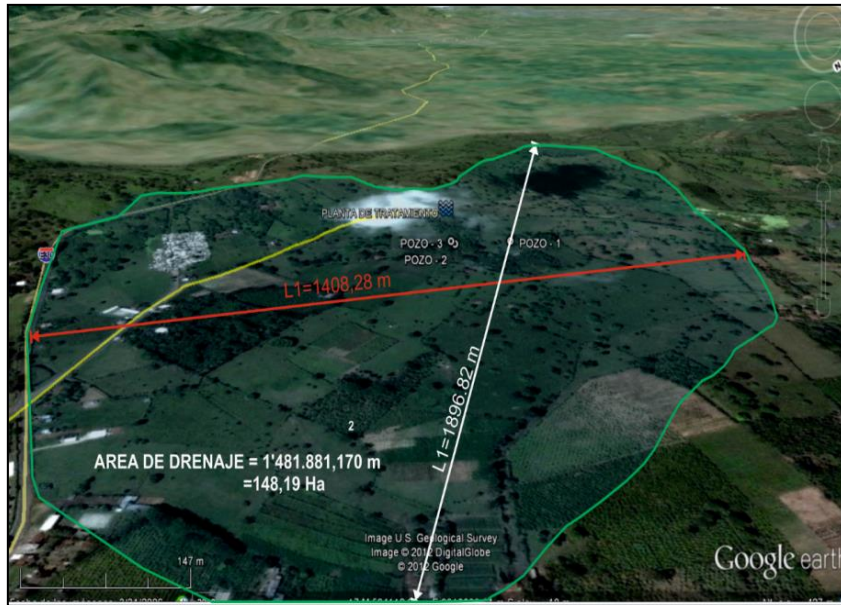


Foto 1. Vista satelital de la hoya

Cálculo de la porosidad

Se tomó una muestra del subsuelo de 40 cm³, y se la ubicó en un recipiente de cristal, al que se le llenó de agua al límite de saturación dando un volumen de 6cm³ de agua. Y se procedió a calcular donde la porosidad del subsuelo fue de 15%.

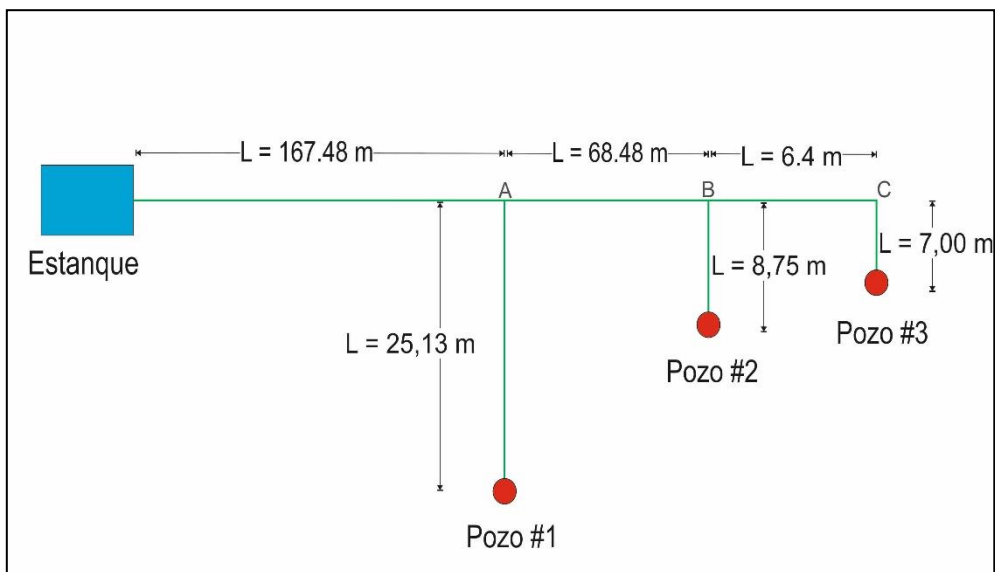
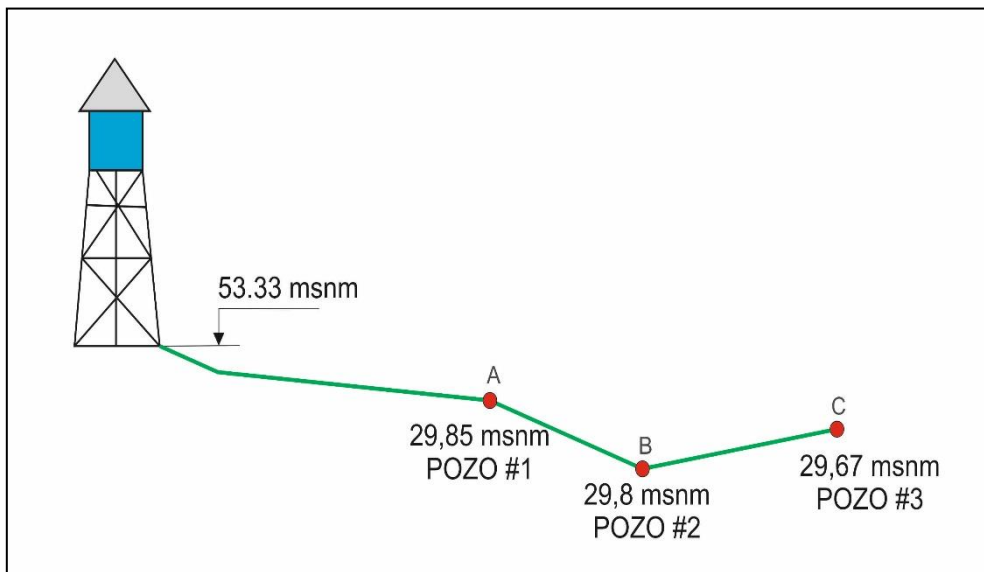
Captación

La población de Canuto se abastece de agua mediante la explotación de tres pozos perforados, cuyas características son las siguientes:

Cuadro 1. Tabla de caracterización de pozos

TABLA: CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS			
POZO	#1	#2	#3
Diámetro de los pozos (pulg)	8	8	8
Diámetro de la tubería de impulsión (mm)	110	110	110
Nivel estático (m)	1.88	1.61	1.61

Nivel de bombeo (m)	5.62	3.48	3.45
Profundidad (m)	12	10	10
Gasto (l/s)	4.5	4	4
Cota del terreno (msnm)	29.85	29.8	29.67



Cálculo de pruebas de bombeos

a. Cálculo de la prueba de bombeo (pozo #1)

El 20 de abril del 2012 se realizó la prueba de bombeo en el pozo número 1, con una duración de 24 horas. Se inició con un nivel estático de 1,88 m y con un caudal de 4,5 l/s.

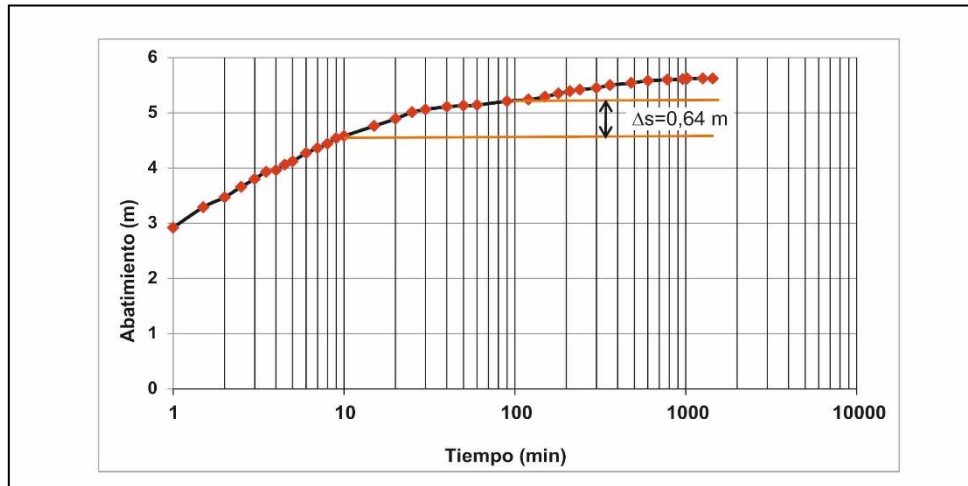


Gráfico 1. Prueba de Bombeo

$$\Delta S = 0,64 \text{ m}$$

De conformidad con el Método de JACOB el coeficiente de transmisibilidad del diseño fue de 111,3 m²/día y la capacidad específica fue de 0,8007 l/s*m.

b. Cálculo de la prueba de recuperación (pozo #1)

Una vez concluida la prueba de bombeo, se procedió inmediatamente a realizar la prueba de recuperación con una duración de 9 horas, tiempo en el cual, el agua alcanza en nivel estático inicial (1,88 m).

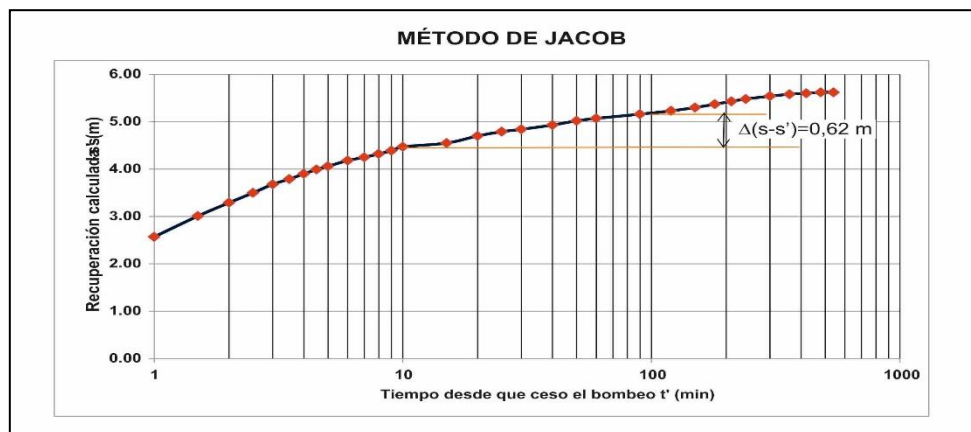


Gráfico 2. Prueba de recuperación

$$\Delta S = 0,62 \text{ m}$$

De conformidad con el Método de JACOB el cálculo de la Transmisibilidad fue de 114,9 m²/día. Los resultados en la prueba de bombeo y de recuperación los valores de la transmisibilidad son aproximadamente iguales.

c. Cálculo de la prueba de bombeo en el pozo de observación (pozo n° 2)

El 20 de abril del 2012 se realizó la prueba de bombeo en el pozo de observación número 2, con una duración de 24 horas. Se inició con un nivel estático de 1,61 m y con un caudal de 4,5 l/s.

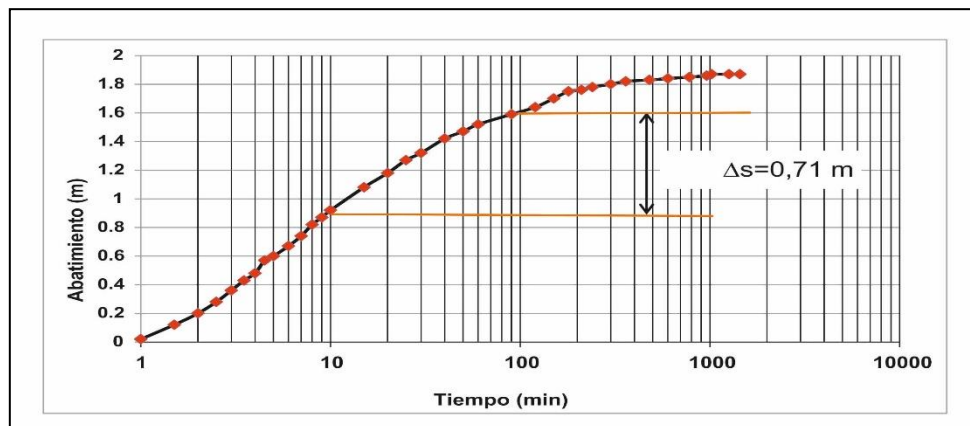


Gráfico 3. Prueba de Bombeo #2

$$\Delta S = 0,71 \text{ m}$$

De conformidad con el Método de JACOB el coeficiente de Transmisibilidad fue de 100,32m²/día.

d. Cálculo de la prueba de recuperación en el pozo de observación (pozo #3)

Una vez concluida la prueba de bombeo, se procedió inmediatamente a realizar la prueba de recuperación con una duración de 9 horas, tiempo en el cual, el agua alcanza en nivel estático inicial (1,61 m).

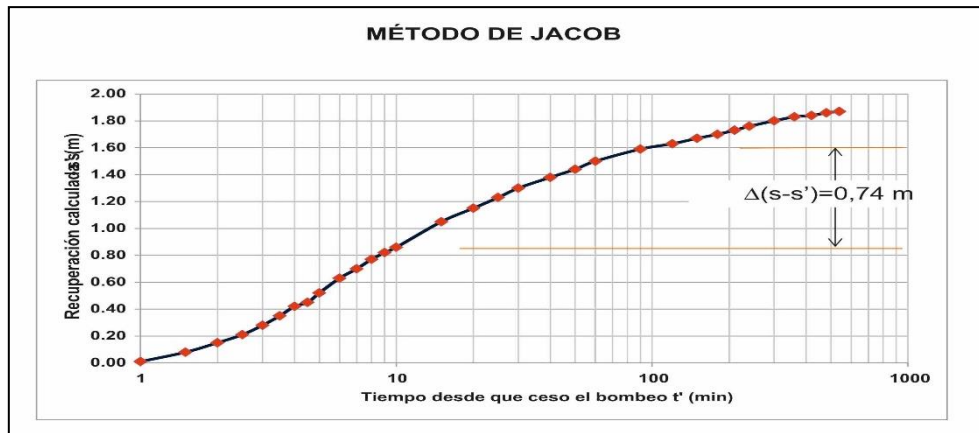


Gráfico 4. Prueba de recuperación

$$\Delta S = 0,74 \text{ m}$$

De conformidad con el Método de JACOB el coeficiente de transmisibilidad fue de 96,3 $\text{m}^2/\text{Día}$. De conformidad a los resultados en la prueba de bombeo y de recuperación el valor de la transmisibilidad es aproximadamente iguales.

e. Cálculo del caudal de bombeo en cada pozo.

Se procede a determinar los caudales de bombeo en los pozos 1, 2, 3.

Pozo # 1

$$Q_{\text{Bombeo}_1} = \frac{24}{N} * Q = \frac{24}{12} * 4,5 \frac{l}{s} = 9 \frac{l}{s} [1]$$

Pozo #2

$$Q_{\text{Bombeo}_2} = \frac{24}{N} * Q = \frac{24}{12} * \frac{4,00l}{s} = 8 \frac{l}{s} [2]$$

Pozo #3

$$Q_{\text{Bombeo}_3} = \frac{24}{N} * Q = \frac{24}{12} * 4,00 \frac{l}{s} = 8 \frac{l}{s} [3]$$

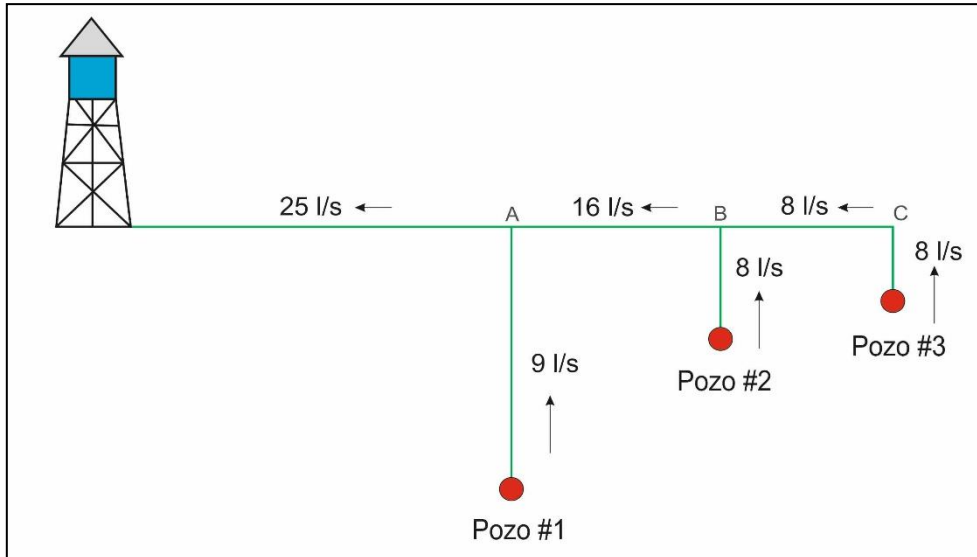


Figura 3. Gastos en líneas de bombeos cuando trabajan los pozos simultáneamente

f. Gastos en distintos escenarios

En el sistema de agua de Canuto existen probabilidad de muchos escenarios, para el presente estudio se tomarán en cuenta 3, cuando solo trabaja el pozo3, cuando trabajan los pozos 2 y 3 simultáneamente, y todos los pozos trabajando a la par, y se lo ilustra con los siguientes esquemas.

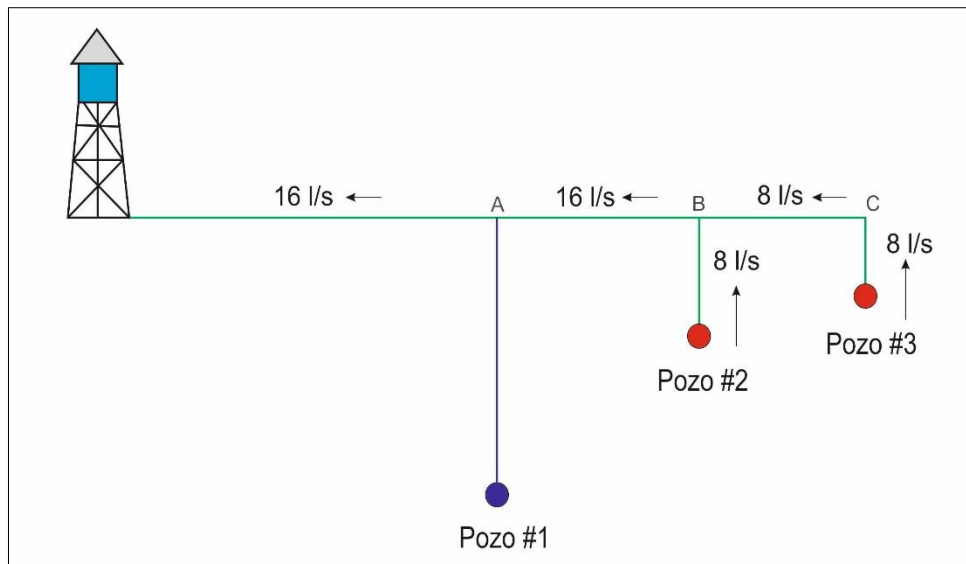


Figura 4. Gastos en líneas de bombeos con pozos # 2 y 3

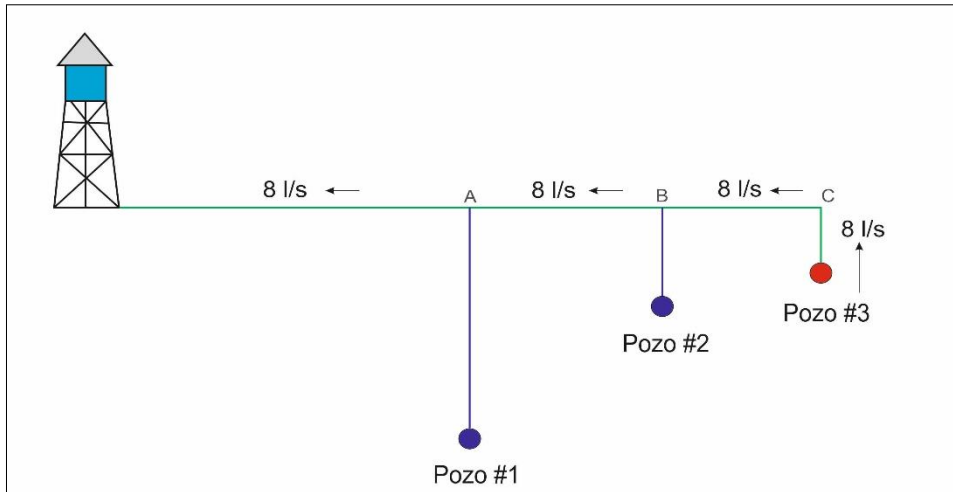


Figura 5. Gastos en líneas de bombeos cuando solo trabaja el pozo # 3

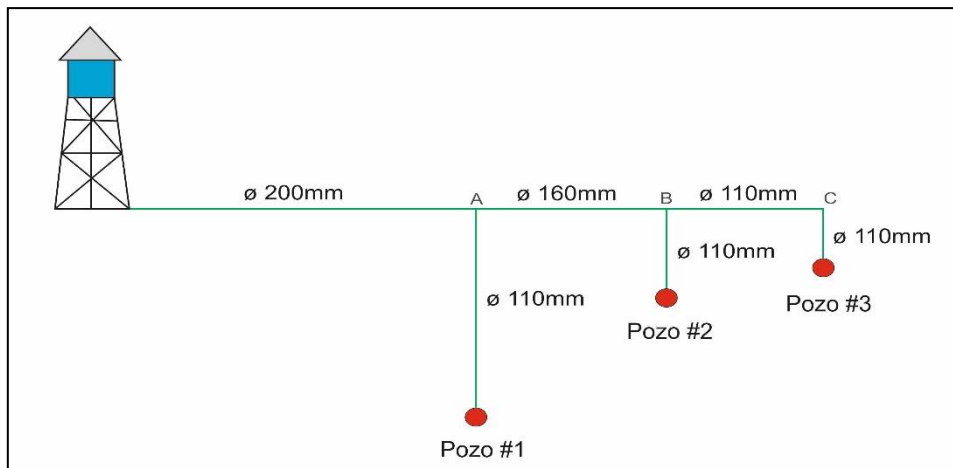


Figura 6. Diámetro de las tuberías

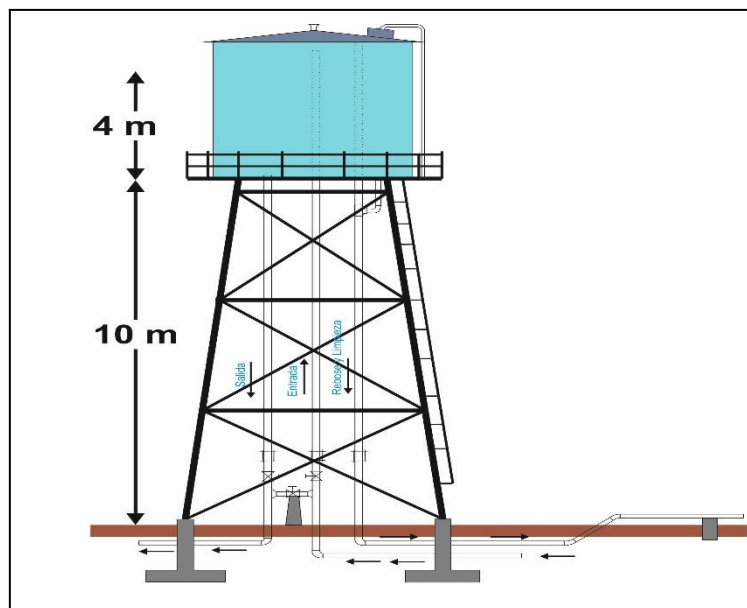


Figura 7. Tanque elevado metálico para retrolavado y servicio de la planta

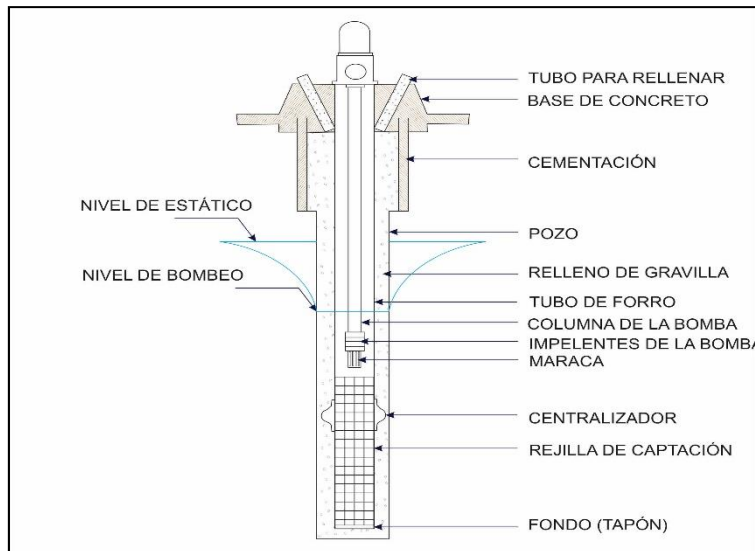


Figura 8. Elementos característicos de un pozo como obra de captación

g. Cálculo de las pérdidas de carga para los diferentes escenarios dentro del sistema

Cuadro 2. Cálculo de pérdidas de carga cuando bombean todos los pozos

CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA ($H_f = \alpha * L * Q^2$) CUANDO BOMBEAN LOS POZOS #1 #2 Y #3 SIMULTÁNEAMENTE							
1	2	3	4	5	6	7	8
TRAMO	\varnothing mm	α	L(m)	$\alpha * L$	Q (l/s)	Q^2	Hf (m)
P1-A	110	1.92E-04	25.13	0.004835012	9	81	0.39
A-T	200	4.85E-06	167.27	0.000811092	25	625	0.51
TOTAL							0.9

Cuadro 3. Cálculo de pérdidas de carga cuando bombean todos los pozos #2 y 3

CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA ($H_f = \alpha * L * Q^2$) CUANDO BOMBEAN LOS POZOS #2 Y #3 SIMULTÁNEAMENTE							
1	2	3	4	5	6	7	8
TRAMO	\varnothing mm	α	L(m)	$\alpha * L$	Q (l/s)	Q^2	Hf (m)
P2-B	110	1.93E-04	8.75	0.001687	8	64	0.11
B-A	160	2.19E-05	68.48	0.001496288	16	256	0.38
A-T	200	4.85E-06	167.27	0.000811092	16	256	0.21
TOTAL							0.7

Cuadro 4. Cálculo de pérdidas de carga cuando bombea solo el pozo # 3

CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA ($H_f = a * L * Q^2$) CUANDO BOMBEA SOLO EL POZO 3							
1	2	3	4	5	6	7	8
TRAMO	\varnothing mm	A	L(m)	$\alpha * L$	Q (l/s)	Q^2	Hf (m)
P3-C	110	1.9320E-05	7	0.00013524	8	64	0.01
B-C	110	1.9300E-04	6.4	0.0012352	8	64	0.08
B-A	160	2.1850E-05	68.48	0.001496288	8	64	0.1
A-T	200	4.8490E-06	167.27	0.000811092	8	64	0.05
TOTAL							0.24

h. Descripción de las tablas de pérdidas de carga.

- En la columna 1, se indica los tramos de tubería analizados.
- La columna 2, se especifica los diámetros los cuales sirven para encontrar coeficiente alfa.
- En la columna 3, se ubica el valor del coeficiente alfa “ α ” (cuadro 5), el que está establecido en la obra.
- En la columna 4, está especificado la longitud de cada tramo.
- En la columna 5, esta detallada la multiplicación de la columna 4 por la 5.
- El gasto de bombeo se lo establece en la columna 6, y el cuadrado del gasto se lo ubica en la columna 7.
- Las pérdidas de carga se lo determinan multiplicando las columnas 5 y 7, donde se aplica la fórmula que recomienda (Arocha, S.1985).

Cuadro 5. Coeficiente para tuberías

Coeficiente α para tuberías con un C=150	
\varnothing mm	α
100	$0,1932 \times 10^{-3}$
160	0.2185×10^{-4}
200	0.4849×10^{-5}

i. Pérdidas de carga por el método de Darcy Weisbach

Para el presente cálculo se utilizan las fórmulas de Marquardt para el cálculo del diámetro y la fórmula de Darcy-Weisbach para calcular las pérdidas de carga, con objeto de una mejor visualización se presenta la siguiente tabla donde se detalla:

Cuadro 6. Pérdida de carga. Método de Darcy Weisbach

PÉRDIDAS DE CARGA POR EL MÉTODO DE DARCY – WEISBACH									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tramo	Caudl	\varnothing de Marquardt	\varnothing Nom	\varnothing Interno	Área del Tubo	Velocidad	Longitud	Re	E/D
	m^3/s	mm	Mm	Mm	m^2	m/s	m		
P3 - C	8	98	110	105.6	0.00876	0.91	7	95726	0.00001
P2 - B	8	98	110	105.6	0.00876	0.91	8.25	95726	0.00001

P1 - A	9	104	110	105.6	0.00876	1.03	25.13	107692	0.00001
B - C	8	98	110	105.6	0.00876	0.91	6.4	95726	0.00001
A - B	16	138	160	153.6	0.01854	0.86	68.48	131623	0.00001
A - T	25	173	200	192.2	0.02903	0.86	167.48	164358	0.00001

Cuadro 7. Pérdida de carga. Método de Darcy Weisbach

PÉRDIDAS DE CARGA POR EL MÉTODO DE DARCY – WEISBACH		
1	11	12
TRAMOS	F	Hf (m)
P3 – C	0.0181	0.05
P2 – B	0.0181	0.06
P1 – A	0.0179	0.23
B – C	0.0181	0.05
A – B	0.017	0.29
A – T	0.0156	0.51

- Columna 1: tramo de tuberías analizadas.
- Columna 2: Caudal que pasa por cada tramo
- Columna 3: Diámetro calculado por la fórmula de Marquardt. (Sotelo, G. 1982) establece que, para instalaciones que se operan de manera intermitente, se puede utilizar la fórmula empírica de Marquardt:

$$D = \sqrt[4]{\beta} * K * \sqrt{Q} [4.]$$

- Columna 4: Se asume los diámetros nominales de acuerdo con el catálogo de Plastigama.
- Columna 5: Diámetro interno expresado en mm de acuerdo con el catálogo de Plastigama.
- Columna 6: Área de la tubería expresada en m² con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} [5]$$

- Columna 7: Velocidad del agua expresada en m/s, la cual debe cumplir con las recomendaciones del CEPIS/OPS en la Guía para el diseño de líneas de impulsión, indica que las velocidades deben estar entre 0,6 a 3,00 m/s. Por lo que todos los tramos están dentro del rango.

$$V = \frac{Q}{A} [6]$$

- Columna 8: Longitud de cada tramo de tubería en metros (m)
- Columna 9: Número de Reynolds, necesario para determinar las pérdidas de carga en los tramos, y se lo calcula con la siguiente expresión:

$$R_e = \frac{V * D}{\nu} [7]$$

- Columna 10: Rugosidad relativa de la tubería, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\varepsilon}{D} = [8]$$

- Columna 11: el coeficiente de fricción calculado en el diagrama universal de Moody, teniendo como datos, el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Diagrama de Moody.
- Columna 12: Pérdida de carga determinada por medio de la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} [9]$$

j. SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.

Las unidades de bombeo seleccionadas corresponden a los catálogos del fabricante Layne/Veti-Line, de procedencia USA, proporcionando curvas y características de bombas verticales tipo turbinas.

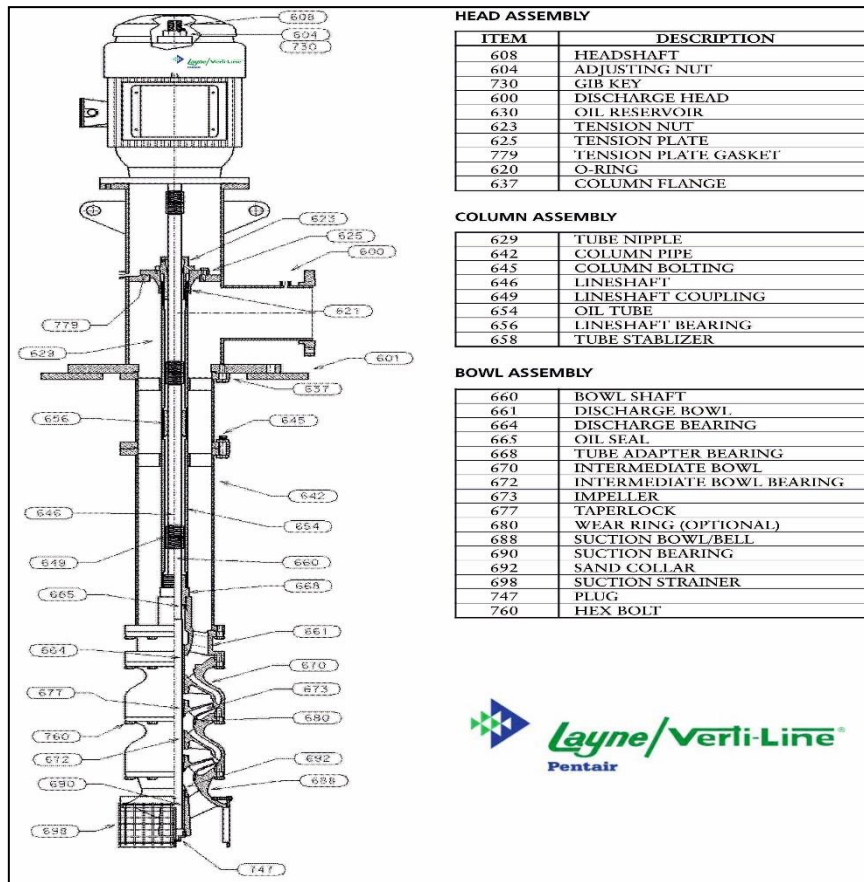


Figura 9. Bombas verticales tipo turbinas

✓ POZO #1

Las pérdidas de carga del pozo #1, para un caudal de 9 l/s que fluye hacia el tanque, cuando las 3 bombas funcionan simultáneamente, se demuestra en el cuadro 4.3, la carga dinámica total fue de 50,38m y la potencia hidráulica de la bomba es de 4,67 Kw.

La eficiencia de la bomba es determinada mediante las características de la misma dada por el fabricante. (Figura 10)

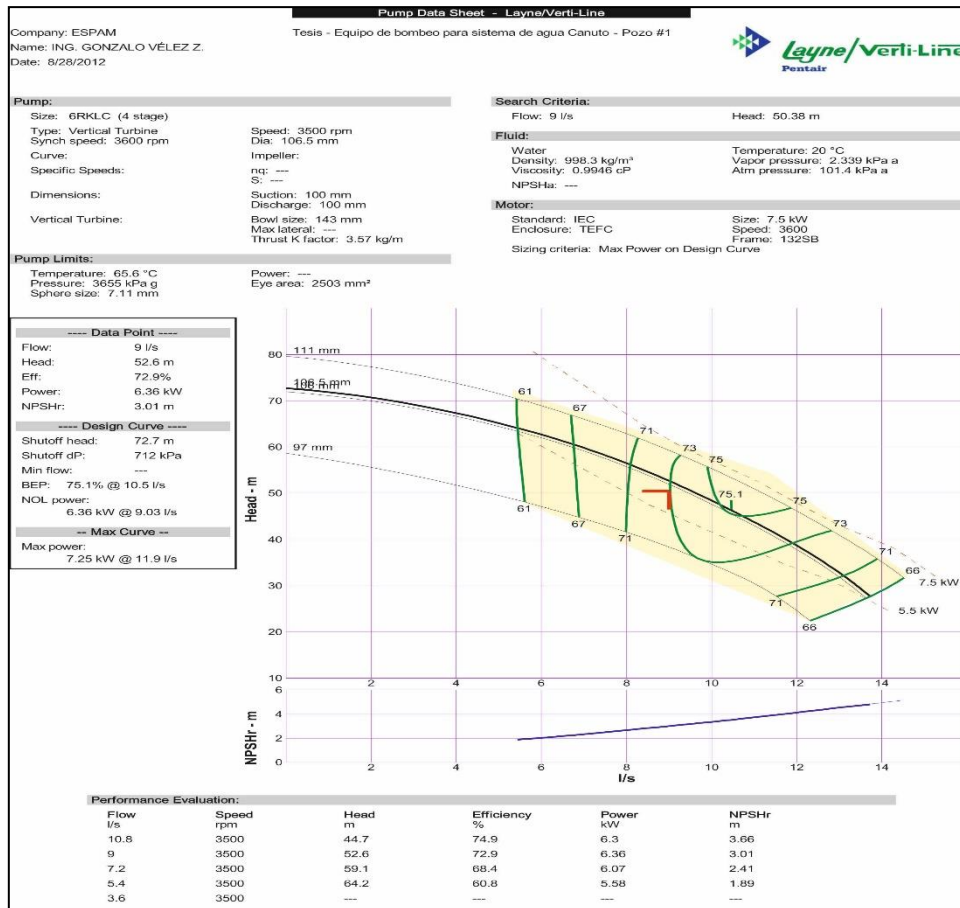


Figura 10. Curva de fabricante

$$P_{motor} = \frac{P_h}{E_f} [10]$$

$$P_{motor} = \frac{4,67 \text{ kw}}{72,9\%} = 6,4 \text{ Kw}$$

La potencia asumida del motor de 6,4 Kw no es una potencia comercial por lo que se adopta una potencia de 7,5 Kw

✓ **POZO #2**

Las pérdidas de carga del pozo #2 para un caudal de 8 l/s que fluye hacia el tanque, cuando las bombas de los pozos #2 y #3 funcionan simultáneamente (Cuadro 4), la carga dinámica total fue de 48,23m y la potencia hidráulica de la bomba es de 3,84Kw.

La eficiencia de la bomba es determinada mediante las características de la misma, dada por el fabricante. (Figura 11)

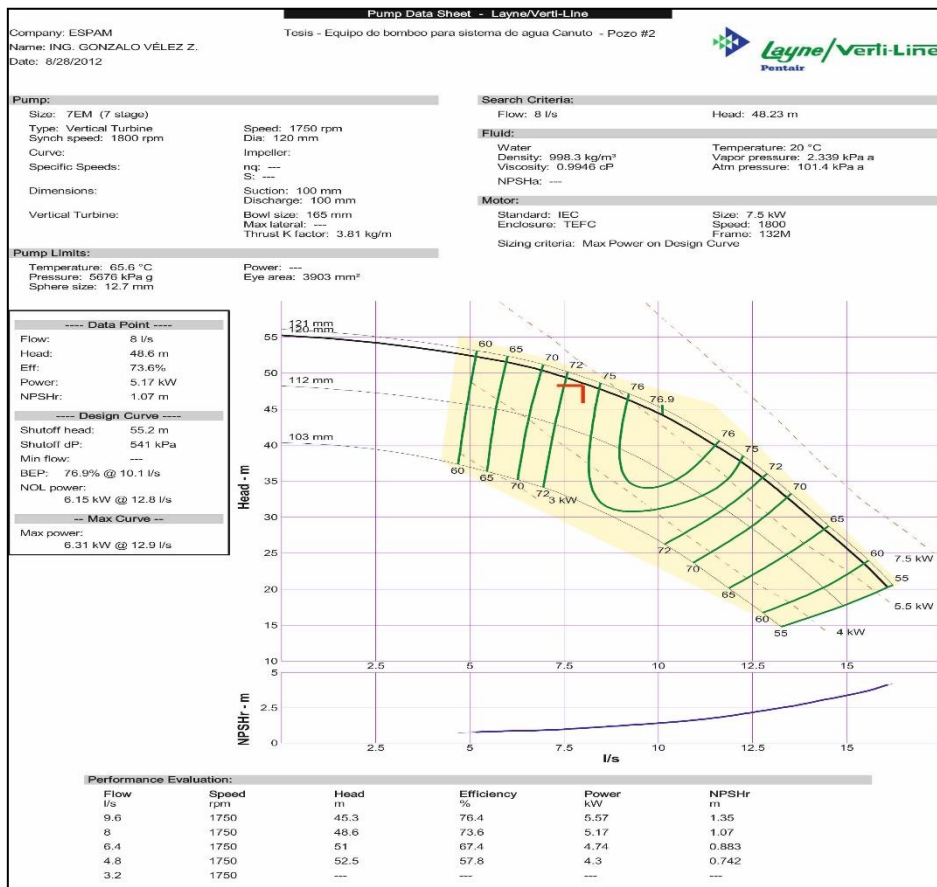


Figura 11. Curva de fabricante

$$P_{motor} = \frac{P_h}{E_f} [11]$$

$$P_{motor} = \frac{3,84 \text{ kw}}{73,6\%} = 5,22 \text{ Kw}$$

La potencia asumida del motor de 5,22Kw no es una potencia comercial por lo que se adopta una potencia de 7,5 Kw

✓ **POZO #3**

Las pérdidas de carga del pozo #3 para un caudal de 8 l/s que fluye hacia el tanque, cuando solo está en funcionamiento la bomba del pozo #3 (cuadro 5), la carga dinámica total fue de 47,9m y la potencia hidráulica de la bomba es de 3,9Kw. La eficiencia de la bomba es determinada mediante las características de la misma dada por el fabricante. (Figura 12).

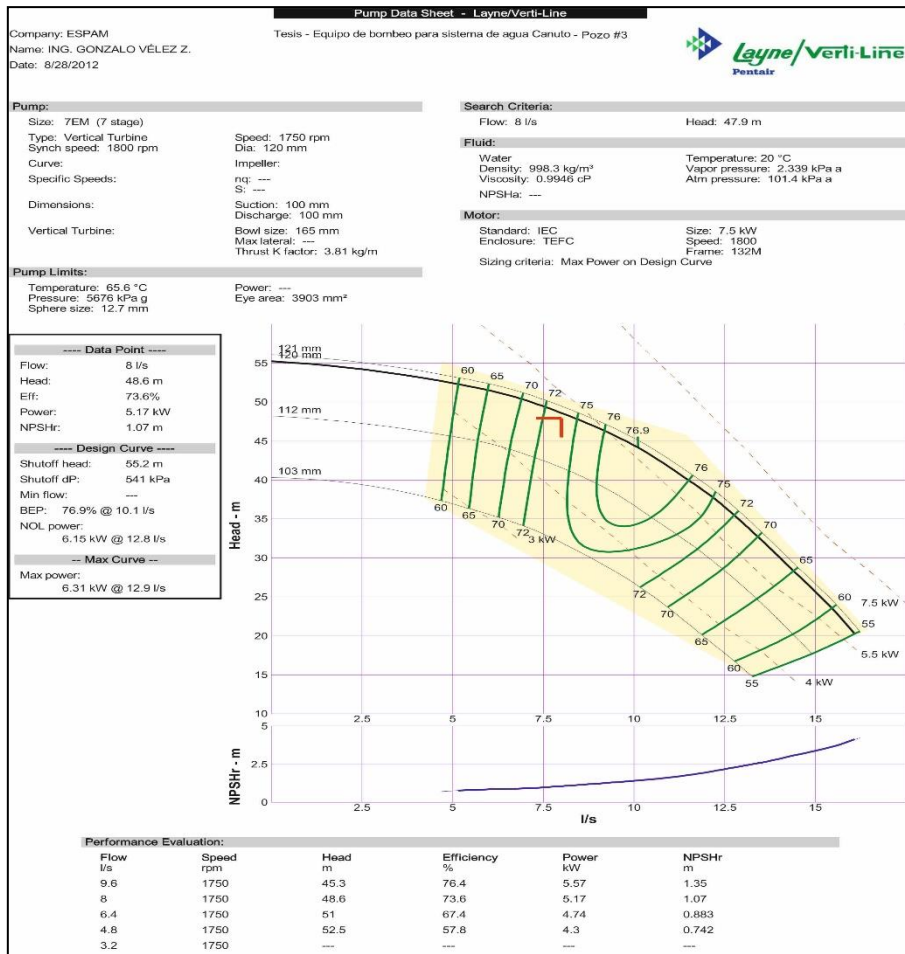


Figura 4.12. Curva de fabricante

$$P_{motor} = \frac{P_h}{E_f} [12]$$

$$P_{motor} = \frac{3,9Kw}{73,6\%} = 5,3 Kw$$

La potencia asumida del motor de 5,3 Kw no es una potencia comercial por lo que se adopta una potencia de 7,5 Kw.

En resumen, tenemos los siguientes valores:

Cuadro 9. Resumen de cálculos

Nº	Caudal	Peso específico	HDT	Potencia Hidráulica		Eficiencia	Potencia del Motor	Potencia de fabricante
	m ³ /s	kg/m ³	M	HP	Kw	%	Kw	Kw
Pozo 1	0.009	998.3	52.6	6.22	4.75	0.729	6.52	7,5
Pozo 2	0.008	998.3	47.9	5.03	3.84	0.736	5.22	7,5
Pozo 3	0.008	998.3	48.6	5.11	3.99	0.736	5.3	7,5

CONCLUSIONES

La instalación y explotación a través de una tecnología adecuada cubriría la demanda de agua para abastecer la población de Canuto sin alterar la naturaleza del suelo.

El acuífero producto de esta investigación nos muestra que tiene una extensión de 148,2 Ha, y tiene las siguientes dimensiones aproximadas, longitud promedio (L) =1280m, ancho promedio (B) = 951m., espesor promedio del acuífero (e) = 9m, área de la hoyo = 148,2ha., área del acuífero es de 1'217.280m², volumen que almacenará el acuífero es de 10'955.520 m³., volumen del agua almacenada será de 1'643.328m³, volumen que recibirá el acuífero anualmente será de 444.600m³/año., el cálculo de bombeo permisible es de 28,2l/s., el nivel de las aguas subterráneas después de 7 meses de verano (sin recarga) será de 5'443.191,49m³., el espesor afectado al final del séptimo mes, el acuífero habrá descendido 4,47m. bombeando 28,2l/s.

Los cálculos emitidos en las diferentes pruebas realizadas por los autores, corroboraron la necesidad de implementar una nueva estación proyectada a 20 años, con un índice de crecimiento de acuerdo al INEC, (2010); de 0,61% con una población futura en la ciudad de Canuto es de 11.915 hab.

BIBLIOGRAFIA

- Arocha, S. 1985. Abastecimiento de Agua teoría y diseño. Segunda edición. Caracas, Ediciones Vega s.r.l. p396.
- Brown, O. 2010. Manejo y Purificación del Agua Potable. Conferencia 1. Escuela Superior Politécnica de Manabí. p501.

- CEPIS 2005. Guía para el diseño de captaciones especiales. Lima. p 19.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 2006. Agua Potable 1.108. Segunda revisión.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo) 2010. Población y Tasa intercensal, periodo 1990-2010 por parroquias. Quito, EC.
- López, R. 2003. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Segunda edición. Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005. 21st ed., APHA, AWWA, WPCF
- Sotelo, G. 1982. Hidráulica general. Volumen I, Editorial LIMUSA S.A. Sexta edición, México.
- TULMAS (Texto Unificado de Legislación Medio Ambiental Secundaria) 2006. Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA). Libro VI, Título I. Ministerio de Ambiente. Quito, EC. P100