



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación del suministro de agua de la red hidráulica
del parque de ciencias Estelímar – Estelí, 2008.

AUTORES

Br. William Muñoz Quintero

Br. Lester Orlando Iglesias Altamirano

ASESOR

Ing. Víctor Manuel Calderón Picado

Managua, Nicaragua, mayo 2009

DEDICATORIA

Con un agradecimiento especial y mucho orgullo dedico este trabajo a mi madre Guillermina Altamirano quien no dudó ni un momento en brindarme su apoyo espiritual, moral, e incondicional el cual fue de gran importancia para mi formación y culminación profesional.

Lester Orlando Iglesias Altamirano

DEDICATORIA

A **Dios nuestro padre**, el que nos da la vida, fé, seguridad, consolación, protección y llena de sabiduría el pensamiento.

Cuando hacemos mención a nuestras madrecitas, palabras para describir el esfuerzo que hacen por nosotros se vuelven escasas, puedo decir “**Con gran honor a mí madre Cándida Rosa Quintero López, fuente de inspiración y motivación, generadora de sabiduría en el transcurso de mi formación profesional**”.

A **mi Padre Juan Francisco Muñoz Martínez**, constructor y sembrador de liderazgo, por ayudarme a ser fuerte y tener seguridad ante la naturaleza que nos ofrecen las circunstancias de la vida.

También a **mis hermanos Neydis, Melvin, Joel y a los niños Wilton y Dariana**, valientes, esforzados, llenos de certeza y ayudadores, base fundamental para realizar una de las grandes metas en mi vida.

A los párrocos de Waslala, **Nelson Líbano y Bandeleke**. Hombres de éxito, con su ejemplo de vida y apoyo incondicional han hecho posible a mis aspiraciones, superar cualquier obstáculo por muy grande que fuese.

No puedo concluir esta dedicatoria sin referirme a la **Lic. Idalia Casco, Directora de Servicios Estudiantiles en la Universidad Nacional Agraria**, su espíritu ayudador imprime motivación, cualidad esencial para culminar mis estudios universitarios.

William Muñoz Quintero

AGREDECIMIENTO

Especialmente a Dios, formador y consolidador de sabiduría, fuente de motivación y protección por excelencia.

Infinitas gracias a nuestros padres, hermanos y demás familiares por su abnegado y constante apoyo durante nuestra formación profesional.

Al colectivo del Parque de ciencias Estelimar quienes brindaron el espacio y las condiciones necesarias para realizar nuestro estudio de tesis, en especial al Lic. Eduardo López (gerente general), Ing. Abner Tenorio, Sr Cesar.

Con mucho aprecio a nuestro asesor Ing. Víctor Calderón, por conducirnos hasta el final de esta investigación.

Agradecemos también la disponibilidad del Ing. David López e Ing. Msc Rebeca González, por entregar aportes valiosos a nuestro trabajo de graduación.

A la Universidad Nacional Agraria por brindarnos la oportunidad y el ambiente propicio para constituirnos en profesionales competitivos e integrales tal como lo establece su razón de existencia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÒN	PÀGINA
DEDICATORIAS	i, ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÌNDICE DE CUADROS	iv
ÌNDICE DE FIGURAS	v
ÌNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I INTRODUCCIÒN	1
II OBJETIVOS	2
III MATERIALES Y MÈTODOS	3
3.1. Ubicaciòn del estudio.....	3
3.1.1. Esquema de trabajo.....	3
3.2. Caracterizaciòn del acuífero.....	4
3.2.1. Hidrogeología.....	4
3.2.2. Comportamiento del acuífero.....	4
3.2.2.1. Tipo de acuífero.....	4
3.2.2.2. Prueba de bombeo.....	5
3.2.2.3. Transmisividad.....	5
3.2.2.4. Caudal de explotaciòn.....	5
3.3. Descripciòn de la red hidráulica.....	5
3.4. Punto de operaciòn de la bomba.....	6
3.4.1. Aforo de los depòsitos de agua.....	6
3.4.1.1. Lecturas de la descargas de agua en las piscinas.....	6
3.4.1.2. Lecturas de las descargas de agua en los tanques.....	6
3.4.2. Capacidad de las piscinas.....	7
3.4.3. Levantamiento topogràfico.....	7
3.4.3.1. Determinaciòn de distancias horizontales.....	7
3.4.3.2. Cálculo de las elevaciones de cada punto.....	7
3.4.4. Carga dinámica total.....	8
3.4.5. Determinaciòn de la potencia requerida.....	8

3.4.6. Curva de la bomba.....	9
3.4.7. Curva del sistema.....	11
3.4.8. Curva del punto de operación.....	11
3.5. Costos de energía eléctrica.....	12
3.5.1. Cálculo de la potencia consumida por el motor.....	12
3.5.2. Eficiencia de trabajo.....	13
3.5.3. Costo de bombeo para un metro cúbico de agua en la salida del pozo.....	14

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento del acuífero.....	15
4.1.1. Transmisividad del acuífero.....	17
4.1.2. Prueba de bombeo.....	18
4.1.3. Curva característica del pozo.....	18
4.1.4. Caudal de explotación.....	20
4.2. Descripción de la red hidráulica.....	21
4.3. Punto de operación de la bomba.....	21
4.3.1. Curva de la bomba.....	23
4.3.2. Curva del sistema.....	24
4.3.3. Curva del punto de operación.....	25
4.4. Costos de energía del sistema de abastecimiento.....	26
4.4.1. Demanda del volumen de agua de cada depósito.....	26
4.4.2. Tiempo de llenado.....	26
4.4.3. Costo de llenar cada depósito.....	27

V CONCLUSIONES.....30

VI RECOMENDACIONES.....31

VII LITERATURA CITADA.....32

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Caudal y carga dinámica total para resolver la ecuación de la bomba centrífuga.....	9
2. Caudal y carga dinámica total para elaborar la curva de la bomba.....	11
3. Caudal y carga dinámica total para elaborar la curva del sistema.....	11
4. Características del motor.....	12
5. Estratigrafía del pozo Villa Vieja.....	15
6. Diámetro de las partículas.....	17
7. Principales características de la red.....	21
8. Carga dinámica total y potencia requerida.....	22
9. Pérdidas por fricción y Carga Dinámica Total desde la fuente hasta el depósito.....	25
10. Promedio de uso del Equipo de Bombeo.....	27
11. Volumen, tiempo de llenado y costo unitario de llenar cada depósito.....	28
12. Consumo de Energía en Kw, por horas, días, mes y años.....	29
13. Comparación de gastos de energía eléctrica.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Comportamiento del pozo.....	19
2. Comportamiento de la bomba.....	23
3. Curva del sistema.....	24
4. punto de operación de la bomba.....	25

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Revisión de literatura.....	35
2. Prueba de bombeo.....	39
3. Descarga de agua en las piscinas.....	40
4. Descarga de agua en los tanques.....	41
5. Modelo para registrar datos en el levantamiento topográfico.....	42
6. Levantamiento topográfico de la red.....	43
7. Cálculo de las elevaciones en cada punto.....	44
8. Red hidráulica Estelimar.....	45
9. Infraestructura Estelimar.....	46

RESUMEN

El estudio surge como respuesta a la escasa información sobre abastecimientos de agua cuando se utilizan pozos y equipos de bombeo, además tiene la finalidad de generar los elementos necesarios al parque de ciencias Estelimar e interesados en este tipo de investigación para que pueda aprovecharse sosteniblemente el recurso agua, usar eficientemente el equipo de bombeo al mismo tiempo reducir los costos de energía que se generan con el abastecimiento de agua en estas condiciones. Los objetivos de la investigación fueron: caracterizar el acuífero existente, describir la red hidráulica, conocer el punto de operación de la bomba así mismo determinar los costos de energía generados en el abastecimiento de los depósitos demandantes. Para caracterizar el acuífero existente se realizó una prueba de bombeo a caudal constante en el pozo Estelimar que comprendió 7 horas de extracción y 8 de recuperación también se analizó el perfil estratigráfico de un pozo situado a 100m del sitio en estudio. La red hidráulica se describió con el apoyo de un mapa elaborado por técnicos de Estelimar acompañados de observaciones directas en las instalaciones de la red. En el caso del punto de operación de la bomba fue necesario aforar todas las salidas hacia los depósitos demandantes, mediciones de voltaje e intensidad de corriente y un levantamiento topográfico por taquimetría. Los costos de energía fueron determinados utilizando además de las descargas de agua obtenidas del aforo las capacidades de cada depósito. Finalmente se concluye que el acuífero afectado por el pozo Estelimar presenta características de semiconfinado estimándose su transmisividad en $423.36 \text{ m}^2/\text{día}$, el nivel estático registrado fue de 26.60m produciéndose un rebajamiento de 27.30m, se identificaron tres codos de 90° , seis tee, tres válvulas de compuertas y un codo de 45° , la tubería de succión es de hierro y el de descarga PVC, ambos de 2 pulg de diámetro, el punto en que opera la bomba con un 63% de eficiencia es de 1.03l/s venciendo una carga de trabajo de 45.50m, los costos de energía registrados para los meses de abril, mayo, junio y julio del 2008 están alrededor de C\$ 8233.54 (Córdoba).

I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos básicos del medio natural que permite el desarrollo de la vida, dado que sirve para satisfacer la demanda de su aprovechamiento valorizándose su cantidad, calidad, lugar y tiempo, (Toledo, 2002), así mismo señala que es un líquido vital que tiene uso industrial humano, pecuario, agrícola entre otros.

El parque de ciencias Estelimar Para cubrir sus necesidades de agua utiliza un pozo en el que opera un equipo de bombeo que hace posible el abastecimiento de 3 piscinas y 5 tanques de almacenamiento. Después de construir un pozo, el agua debe ser llevada a la superficie por medios artificiales si no fluye de forma natural, (Price, 2007), en este caso el medio es el equipo de bombeo y la red de conducción con sus respectivos accesorios.

De acuerdo al uso actual del suelo en Estelí, (Corrales, 2005), indica, que en las actividades agrícolas se destaca el cultivo de Tabaco (*Nicotiana tabacum* L), pequeños, medianos y grandes productores utilizan el agua subterránea obtenida de pozos que constituyen la única fuente de abastecimiento para el riego.

Corrales (2005), señala que actualmente se encuentran en el valle de Estelí un total de 395 pozos entre perforados y excavados así mismo los recursos en la parte alta de subcuenca del río Estelí se encuentran en degradación progresiva, lo que arriesga la disponibilidad futura de agua para usos vitales de la población, siendo las aguas subterráneas los únicos recursos hídricos con que se cuenta para el abastecimiento de agua potable en la ciudad, por tanto es de vital importancia la protección y el uso sostenidos de los mantos acuíferos.

El presente estudio, surge por la necesidad de conocer el funcionamiento del suministro de agua en Estelimar, existe un equipo de bombeo, una red de conducción, pero se carece del conocimiento a detalles sobre las características de cada uno de ellos, así como los costos de energía que implica abastecer las demandas.

La investigación está encaminada a servir de aporte al campo de ocupación de la Ing. Agrícola tomando en consideración que no existen estudios en nuestro país que con una metodología sencilla y confiable extiendan información al estudiante, técnicos, docentes e individuos sobre el conocimiento y propuestas para mejorar sosteniblemente el aprovechamiento del agua subterránea y el uso adecuado de equipos de bombeos y redes hidráulicas.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el suministro de agua de la red hidráulica del parque de ciencias Estelimar ubicado en el municipio de Estelí durante un período de cuatro meses (enero, febrero, marzo y abril del año 2008).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

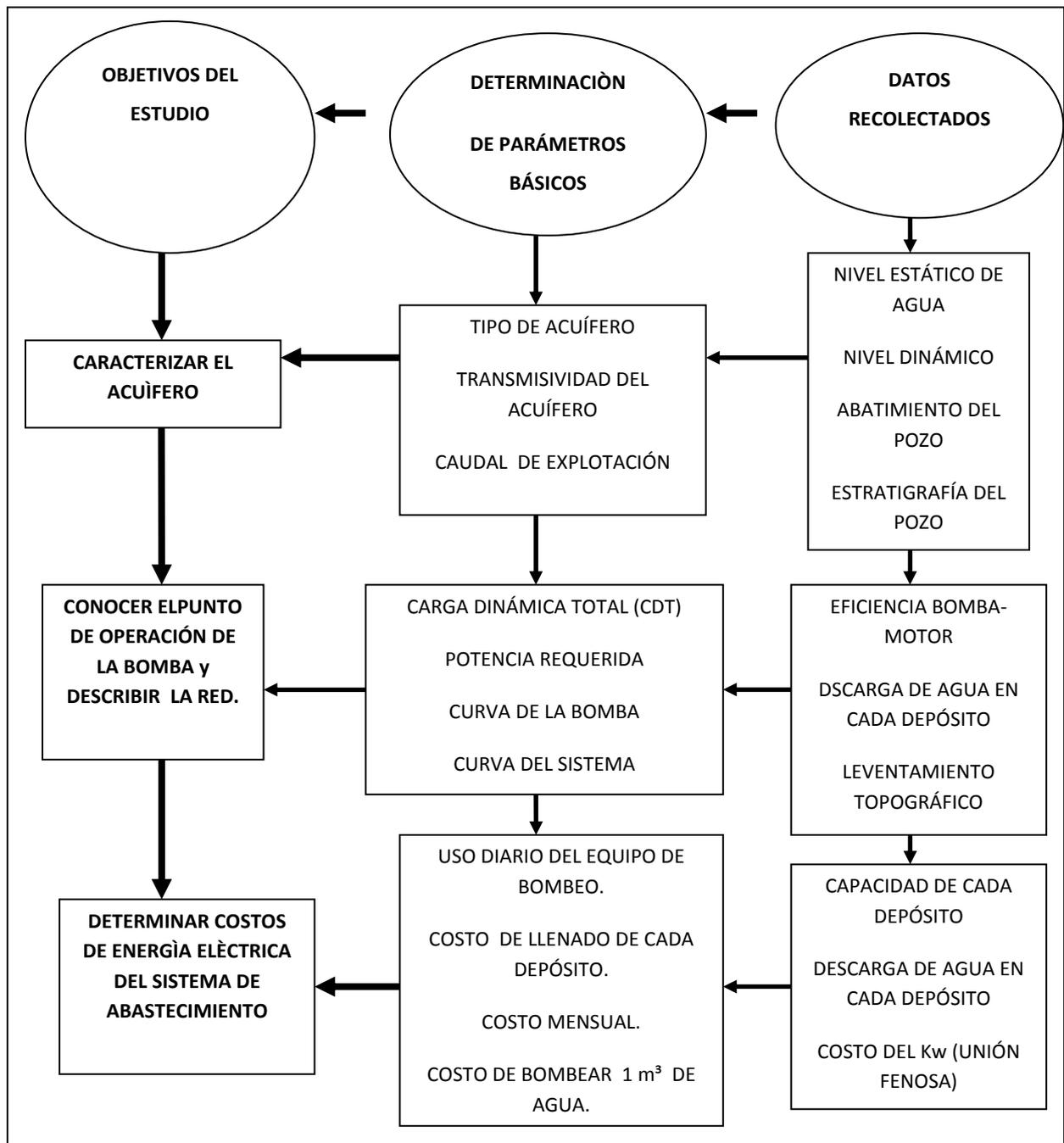
- Caracterizar el acuífero
- Describir la red hidráulica
- Conocer el punto de operación de la bomba
- Determinar los costos de energías generados por el abastecimiento de los depósitos demandantes.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del estudio

La investigación que abarca el presente trabajo se realizó en el parque de ciencias Estelí-mar situado de la Pelota el Centenario 1 Km ½ al este en la ciudad de Estelí. Las coordenadas geográficas de Estelí son: 13°05 minutos latitud norte y 86°21 minutos longitud oeste, ubicado a 148 Km de Managua. (INETER, 2008)

3.1.1. Esquema de trabajo



3.2. Caracterización del acuífero

3.2.1. Hidrogeología

El valle de Estelí está constituido por depósitos cuaternario aluviales – coluviales, formados por gravas, arenas y arcillas con espesor máximo de 66m que descansan sobre rocas volcánicas terciarias, pertenecientes a los grupos Coyol Superior y Coyol Inferior, representados por basamentos, andesitas e ignimbritas.

Los perfiles litológicos de los pozos existentes a lo largo del valle ponen de manifiesto un sistema multicapas del acuífero, conformado por una superposición de estratos permeables por porosidad (arenas, gravas, alternantes con arcillas y limo) y estratos preferentemente permeables por grietas y fisuras.

La profundidad media a la que se encuentra el nivel freático es de alrededor de 5 a 10m, menor que en las cercanías de la zona intensamente explotadas donde el nivel de agua se encuentra hasta unos 40m de profundidad. Corrales (2005).

3.2.2. Comportamiento del acuífero

Acuíferos: son rocas que almacenan y transmiten agua en cantidades significativas. Martínez *et al* (2006). Los parámetros que se emplearon para cumplir con este objetivo del estudio se detallan de la siguiente forma:

3.2.2.1. Tipo de acuífero en el área de estudio

Del pozo ubicado en Estelimar no se tienen las características de construcción, sólo se conoce que posee una profundidad de 55m y que se construyó hace unos 20 años. Para conocer el espesor saturado del acuífero “**d**” y las diferentes formaciones estratigráficas que determinarían el tipo de acuífero existente, se analizó el perfil litológico de uno de los pozos vecinos ubicados a unos 100m de Estelimar, este posee una profundidad de 60m y fue construido por la compañía perforadora de Irrigaciones y Perforaciones McGregor, S.A. (Ipemsa).

3.2.2.2. Prueba de bombeo:

Fue realizada durante el periodo crítico de trabajo del pozo que es el mes de abril (2008), el objetivo de esta prueba consistió en conocer las características hidráulicas del acuífero respecto al gasto extraído tal como lo describe Juárez y Rico (2004). Para esta prueba se utilizó un cronometro para llevar el tiempo y una sonda eléctrica graduada en metros (m).

La prueba de bombeo se realizó a caudal constante y una duración de 7 horas, se midió el abatimiento del nivel de agua y su tiempo de recuperación una vez finalizada la prueba.

3.2.2.3. Transmisividad

Se habla de transmisividad cuando se considera el caudal (Q) de agua que pasa por una sección de acuífero de base unitaria y altura su espesor saturado. Martínez *et al* (2006).

Para este trabajo, no se pudo contar con pozo de observación al momento de la prueba de bombeo, por lo cual para estimar la transmisividad del acuífero se utilizó la relación considerada por Universidad Autónoma de Chapingo (1987), Ipemsa en 1980 y Martínez (2006).

$T = Q/\Delta h$, que expresa:

Q= Caudal medido en la salida del pozo en m³/s.

Δh = rebajamiento del pozo en m.

T= transmisividad en m²/día

3.2.2.4. Caudal de explotación

Para conocer el caudal de explotación, se elaboró la curva de la bomba y al interceptarla con la curva del sistema fue obtenido el caudal que esta siendo extraído del pozo.

3.3. Descripción de la red Hidráulica

Ayudados en un mapa facilitado por los técnicos de Estelimar así mismo el acompañamiento de los operarios y observaciones directas se hizo posible describir la red instalada en el abastecimiento.

La red hidráulica es un elemento esencial que de acuerdo con Poiree y Alier (1965) constituye el conjunto de los órganos, obras y aparatos que aseguran el transporte, reparto y distribución a cada explotación sin olvidar además los órganos que deben eventualmente evacuar las aguas en exceso.

3.4. Punto de operación de la bomba

El punto de operación constituye el caudal (Q) que está siendo enviado y la carga dinámica total (CDT) que es capaz de suministrar la bomba, se obtiene al cortar; la curva del sistema con la curva de la bomba. Saldarriaga (2004).

Para encontrar el punto de operación, se realizó una recolección de datos que se describen en los siguientes acápite:

3.4.1 Aforo de los depósitos de agua

Fueron Seleccionados los depósitos de agua que con más frecuencia tienen que ser abastecido por la estación de bombeo en estudio, los caudales de salida hacia cada depósito se utilizaron en la curva de la bomba y también para calcular la cantidad promedio de horas que se explota diariamente el equipo de bombeo. Esta etapa se dividió en dos momentos:

3.4.1.1. Lecturas de la descargas de agua en las piscinas

Estelimar cuenta con tres piscinas que se utilizan para brindarles atención a quienes visitan el parque y solicitan el servicio.

Para conocer el caudal de descarga hacia las piscinas se empleó el método volumétrico que consiste en colocar en la salida de agua hacia el depósito un balde, en este caso de 20 litros y medir con un cronómetro el tiempo en que se llena, el llenado del balde se hizo tres veces y posteriormente se promediaron las lecturas, obteniéndose de esta forma el caudal que suministra la estación de bombeo en un tiempo determinado hasta el punto de ubicación del deposito que se está aforando.

3.4.1.2 Lecturas de las descargas de agua en los tanques

Los tanques que se abastecen son cinco; hotel, peces, cabañas y dos de la cocina. Para conocer los caudales entregados, se aplicó el método volumétrico como en el caso de las piscinas descrito anteriormente.

3.4.2. Capacidad de las piscinas

Se realizaron mediciones a las piscinas y tanques utilizando cinta métrica y tiza, en el caso de la piscina grande se utilizó además de la cinta y la tiza el sistema de posicionamiento geográfico (GPS), con los datos obtenidos se determinaron las áreas y volúmenes correspondiente.

3.4.3. Levantamiento topográfico

Se realizó con la finalidad de conocer las elevaciones y las longitudes de tuberías existentes entre los depósitos de agua y el punto de ubicación del pozo.

3.4.3.1. Determinación de distancias Horizontales

Para determinar las distancias horizontales desde el punto de mira hasta el instrumento, fue aplicada la fórmula definida por Bannister (2002).

$$D = CS + K$$

D= distancia en m

C=constante multiplicadora que por defecto es 100

S= intervalos entre hilos estadimétricos (Hs-Hi)

K= constante aditiva que por fabricación es 0

Para determinar la distancia desde un punto hasta otro de la red se utilizó la fórmula trigonométrica del coseno. Swokowski (2006)

$$c^2 = (a^2 + b^2) - 2ab \cos \alpha$$

3.4.3.2. Cálculo de las elevaciones de cada punto

Para determinar la elevación de cada punto y el desnivel existente entre cada depósito de agua con relación a la ubicación del pozo se utilizó el método topográfico conocido como taquimetría.

La taquimetría es definida por Arango (1980) como rama de la topografía que permite obtener medidas rápidas mediante el cálculo de las distancias y desniveles empleando métodos indirectos basados en principios geométricos y físicos.

3.4.4. Carga dinámica total

Se considera como la cantidad de energía que necesita generar la bomba para efectuar un determinado trabajo. Martínez y Gutiérrez (2003).

$$CDT = h_s + h_{fs} + h_{fd} + h_{faccd} + \Delta \text{ Top} + h_d$$

CDT= Carga dinámica total en m

h_s = Altura de succión en m

h_{fs} = Pérdidas por fricción en la tubería de succión en m

h_{fd} = Pérdidas por fricción en la tubería de descarga en m

h_{faccd} = Pérdidas por fricción en los accesorios de la tubería de descarga en m

$\Delta \text{ Top}$ = desnivel topográfico en m

h_d = Altura de descarga en m

Las pérdidas por fricción se determinaron a través de la ecuación de Hazen – Williams descrita por Saldarriaga (2004).

$$h_f = \frac{10.67}{d^{4.87}} \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \times L$$

h_f = Pérdidas por fricción en m

d = Diámetro de la tubería en m

Q = Caudal de circulación en m³/s

C = coeficiente de rugosidad de la tubería para este caso es 150

L = Longitud de tubería en m

3.4.5. Determinación de la potencia requerida

Es considerada como la capacidad de realizar el esfuerzo necesario para elevar un determinado peso a una cierta altura en la unidad de tiempo. Saldarriaga (2004).

La ecuación utilizada es:

$$P = \frac{1}{n} \rho Q g H$$

P = potencia en el eje de la bomba en watt (w)

Q = Caudal generado en la salida del pozo en m³/s

n = eficiencia de transmisión bomba - motor

ρ = densidad del agua (1000 kg/m³)

g = aceleración de gravedad (9.8 m/s²)

H = carga dinámica total en m (CDT)

3.4.6. Curva de la bomba

Se elaboró para relacionar el caudal que envía la bomba y la carga dinámica total que existe hasta ese punto, el procedimiento realizado fue tomado de la metodología planteada por Saldarriaga (2004).

Selección de tres caudales de los obtenidos en el aforo, cada uno con sus respectivas cargas dinámicas totales (CDT).

Cuadro 1. Caudal (Q) y su Carga Dinámica Total (CDT) para resolver la ecuación de la bomba centrífuga.

Q (l/s)	CDT (m)
0,38 (Tanque ₂ Cocina)	72.51
0.94 (Tanque de peces)	51.22
0.80 (Piscina grande)	52.19

La ecuación que describe la curva de la bomba centrífuga, Saldarriaga (2004) considera que es la siguiente:

$$H_m = A Q^2 + B Q + C$$

En donde:

H_m = Carga Dinámica Total (CDT) en m

Q = Caudal en m^3/s

Los coeficientes A, B y C pueden ser calculados tomando tres puntos (H_m , Q) y resolviendo la ecuación general que caracteriza al funcionamiento de la bomba.

Como son tres caudales y cada uno con su respectiva carga dinámica total (CDT), se presenta un sistema de tres ecuaciones:

$$72.51 = A (0.00038)^2 + B (0.00038) + C \quad (a)$$

$$51.22 = A (0.00094)^2 + B (0.00094) + C \quad (b)$$

$$52.19 = A (0.0008)^2 + B (0.0008) + C \quad (c)$$

Para la resolución de este sistema de ecuaciones, siguiendo siempre el método de Saldarriaga, se hacen los siguientes procesos:

Restar la ecuación (b) de la ecuación (a). El resultado sería otra ecuación llamada (d).

$$21.29 = - 0.00000074A - 0.00056B \quad (d)$$

Restar la ecuación (c) de la ecuación (b). El resultado obtenido conformará una ecuación (e).

$$0.97 = 0.00000024A - 0.00014B \quad (e)$$

El coeficiente A, se obtiene sumando las ecuaciones (d) y (f). El coeficiente B es necesario eliminarlo, por lo tanto se multiplicó la ecuación (e) por (- 4) obteniéndose también (f), posteriormente desaparece B al sumar (d) y (f).

$$- 3.88 = - 0.00000096A + 0.00056B \quad (f)$$

Una vez obtenido el coeficiente A, se puede determinar B, sustituyendo el valor de A, ya sea en la ecuación (d) o también en (a).

El coeficiente C se encontró al sustituir los valores de A y B en las ecuaciones (a), (b) o (c).

Los coeficientes obtenidos son:

$$A = - 10241176$$

$$B = - 24482$$

$$C = 82$$

Resuelta la ecuación de la bomba centrífuga, se escogieron tres caudales con sus respectivas Carga Dinámica Total (CDT) para elaborar la curva de la bomba.

Cuadro 2. Caudal (Q) y su Carga Dinámica Total (CDT) para elaborar la curva de la bomba.

Q (l/s)	CDT (m)
0,44 (tanque hotel)	69,25
1,03 (tanque cabañas)	45,92
1,71 (piscina mediana)	10,19

3.4.7. Curva del sistema

Saldarriaga (2004), indica que la curva del sistema depende de la geometría y del material de la tubería así como de la cabeza topográfica que debe ser vencida por la bomba. La carga dinámica total se determinó con la ecuación:

$CDT = h_s + h_{fs} + h_{fd} + h_{facd} + \Delta Top + h_d$, el caudal enviado que se tomó fue el registrado durante los aforos en los depósitos.

Cuadro 3. Caudal (Q) y su Carga Dinámica Total (CDT) para elaborar la curva del sistema

CAUDAL (l/s)	CDT (m)
0.44 (tanque hotel)	40.2
1.03 (tanque cabañas)	45.05
1.71 (piscina mediana)	48.71

3.4.8. Curva del punto de operación

Saldarriaga (2004) considera que interceptando la curva de la bomba con la del sistema, se obtiene un punto que refleja el caudal de envío y la carga dinámica total que es capaz de vencer la bomba, este punto es denominado punto de operación de la bomba.

3.5. Costos de energía eléctrica

Martínez y Gutiérrez (2003), plantean que el costo de bombeo debe incluir tanto los costos fijos como los de operación y mantenimiento.

Cuando se utiliza un equipo de bombeo, en los costos de operación estos autores señalan también, que está incluido el consumo de energía.

Para determinar los costos de energía eléctrica se necesitan conocer los siguientes parámetros (Ing. Msc. Rebeca Gonzales. Com. Pers.):

1. Número de depósitos
2. Número de veces que se llenan al año
3. Tiempo de llenado anual en horas de cada depósito (dato facilitado por Estelí mar)
4. Potencia consumida del motor

Para obtener el tiempo de llenado se utilizaron los siguientes datos:

1. Volumen de agua de cada depósito
2. Caudal de salida de cada depósito en l/s

3.5.1. Cálculo de la potencia consumida por el motor

Para realizar estos cálculos se utilizaron las características de construcción del motor.

Cuadro 4. Características del Motor

Motor	Franklin Electric
Modelo	2821138110
Potencia	5hp (caballos de fuerza)
Voltaje	230 v
Intensidad	27.5 ampere

Otros elementos necesarios para determinar la potencia consumida es el voltaje y la Intensidad de corriente, para su medición se utilizó un voltímetro siendo estos 110V y 20.5 Ampere respectivamente.

Se aplico la fórmula para motores Monofásicos citada por Losada (2000), Calculándose el factor de potencia δ .

$$W=VI\cos\delta$$

Donde:

W= Potencia de entrada, watts o hp

V= Voltaje (voltios)

I= Intensidad (Ampere)

δ = Factor de potencia

Calculado el factor de potencia (δ), Se determino la potencia consumida aplicando la formula:

$$P=\sqrt{3} VI \cos\delta \text{ (Ing. Msc. Rebeca Gonzales. Com. Pers.)}$$

Donde:

P= Potencia consumida

$\sqrt{3}$ = Constante

V= Voltaje (voltios)

I= Intensidad (Ampere)

La potencia consumida es 2343.46 watts o 3.14 hp

3.5.2. Eficiencia de trabajo:

Puede definirse como la proporción entre el trabajo mecánico realizado y la energía de entrada. Beichner y Serway (2002).

$E= ps/pe$, donde:

E= eficiencia

Ps= potencia de salida o consumida

Pe= potencia de entrada

$E=0.63$ o 63 %

Una vez determinados estos parámetros se utilizó la potencia consumida y se multiplico por el tiempo de operación obteniendo el número de kilowatt - hora (Kw-h) promedio de uso. (Ing. Msc. Rebeca González. Com. Pers.).

El costo de bombeo para cada uno de los depósitos se estimó con la siguiente expresión:

$CBD = C \times t \times c$ donde:

CBD: Costo de bombeo para el depósito

C: Consumo en Kw-h

t: Tiempo de llenado del depósito en horas.

c: Costo del kw-h.

3.5.3. Costo de bombeo para un metro cúbico de agua en la salida del pozo

Costo = Kw-hr que genera un metro cúbico (m^3) por costo del kw-h.

1 m^3 lo genera en 0.08 horas

El consumo es de 0.19 Kw-h

El metro cúbico cuesta 0.93 córdobas (C\$).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento del acuífero

Cuadro 5. Estratigrafía del pozo Villa Vieja (ENACAL, Estelí)

Espesor (pie)	Tipo de material	
0'-1'	Arcilla negra	
1'-10'	Arena limosa café con abundante gravas hasta de 1" y bolones hasta de 10"	
10'-20'	Limo arenoso café claro gravoso	
20'-25'	Limo arenoso café claro de gravas finas	
25'-35'	Limo arenoso café claro de granos medios a gruesos con gravas hasta de 3/8". A los 30' sale agua y subió hasta los 23'	
35'-40'	Limo arenoso café de granos finos a medios	
40'-50'	Arena limosa gravosa de granos medios a gruesos las gravas hasta de 1"	
50'-60'	Limo ligeramente arcilloso color café arenoso, gravoso, la arena es de media a gruesa y las gravas de 3/4"	
60'-65'	Limo arcilloso arenoso de granos finos a medios color café claro con gravas hasta de 1"	
65'-85'	Arcilla limosa arenosa de granos finos a medios con bolones pequeños	
85'-100'	Limo arenoso gravoso café claro la arena es de granos finos y las gravas hasta de 3/16"	
100'-105'	Arcilla limosa arenosa café claro, la arcilla es de baja plasticidad y la arena es de granos finos a medios	
105'-110'	Limo arcilloso arenoso café claro, arcilla de baja plasticidad y la arena fina a media	
110'-120'	Limo arenoso gravoso color café, la arena es de media a gruesa y las gravas hasta de 3/8"	
120'-125'	Limo arenoso gravoso color café la arena es de media a gruesa y gravas hasta de 3/8"	
125'-130'	Limo arenoso gravoso crema los granos arenosos son gruesos y las gravas hasta de 3/8"	
Estrato de interés	150'-170'	Arenas, gravas y arcillas
	170'-215'	Arena, grava muy gruesa con algo de limo u bolones
215'-240'	Limolita de baja consolidación abundante arena, grava gruesa	
240'-260'	Igual al anterior con arcilla plástica	
260'-270'	Arcillolita de baja consolidación con arena y gravas y algunas bolones	

Estelimar no cuenta con todos los detalles del pozo construido en su localidad, para conocer el tipo de estratos que caracterizan al pozo en estudio, fue utilizado el perfil de un pozo situado a 100m que posee una profundidad de 270 Pies (82.32 m) y que fue facilitado por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) de la ciudad de Estelí.

El perfil del pozo analizado, cuadro 5, supera en 90 pies (27m) de profundidad al pozo en estudio, de tal forma que puede obtenerse un conocimiento del acuífero que lo afecta, considerando que la profundidad es de 180 pies (55m). Como se observa en el cuadro 5, las formaciones de arenas son más representativas desde los 150 pies (45.73m) hasta los 180pies (55m).

Arias (1993), explica que arena son partículas observadas al ojo, constituidas por macroporos por lo cual no retienen el agua, por el contrario arcilla son partículas sumamente pequeñas y forman poros muy pequeños que retienen el agua.

Al mencionar que las formaciones de arenas son más representativas del espesor saturado del acuífero se explica por el hecho que el agua se moverá más fácilmente en arena dado que la capacidad de retención en arenas es inferior al de las arcillas. Universidad Autónoma Chapingo (1983).

Del cuadro 5, se obtiene que el acuífero presenta un espesor saturado de 30 pies (9m) y está limitado en la parte superior por dos estratos inmediatos de 5 pies (1.50m) cada uno, en orden ascendente, el primero está compuesto por limo arenoso, gravoso y de color crema, los granos arenosos son gruesos y las gravas hasta de 3/8”.

El segundo presenta limo arenoso gravoso, color café, la arena es de media a gruesa y gravas hasta de 3/8”. En la parte inferior se mantienen los mismos componentes de arena y grava muy gruesa que caracterizan al espesor saturado presenciándose siempre limo.

Cuadro 6. Diámetro de las partículas, Arias (2001).

Partículas	Diámetro mm
Gravas	> 2 (mayor que 2)
Arena gruesa	2
Arena fina	0.2
Limo	0.002
Arcilla	0.0001

De acuerdo con el perfil del pozo tomado como referencia, el acuífero que afecta al pozo de Estelimar posee característica de semiconfinado, puede apreciarse que los estratos que rodean al espesor saturado tienen característica aportadoras de agua, tal es el caso del limo, que según Arias(1993), retiene el agua pero en menor capacidad que las arcillas. Por tal razón el nivel del agua en el pozo tiende a rebajarse pero al mismo tiempo se recupera debido a probables aportes de los estratos que limitan al acuífero principal.

4.1.1. Transmisividad del acuífero

Una fuerte limitante para el cálculo de este parámetro consistió en la ausencia de pozos de observación, los únicos pozos cercanos no son tan accesibles dado que pertenecen a empresas privadas y por las actividades a las que se dedican principalmente al cultivo de tabaco, se torna complicado dedicar cierto tiempo a este tipo de estudios.

Un valor representativo de la transmisividad de un acuífero se puede obtener según Villanueva e Iglesias (1984).

De la siguiente relación:

$$T = \frac{Q}{\Delta d} \quad \text{En donde:}$$

T = transmisividad en m²/día

Q = caudal de salida en el pozo en m³/s

Δd = descenso registrado en el pozo en m

De acuerdo a los perfiles litológicos facilitados por ENACAL, esta relación también se utilizó por la compañía perforadora de Irrigaciones y Perforaciones McGregor, S.A. (Ipemsa) en el pozo auxiliar tomado como referencia para el presente estudio y que fue construido en 1980, registrando en una prueba de bombeo de 24 horas un caudal de salida en el pozo de 31.73l/s y un descenso de 17m.

Un parámetro fundamental que define a una roca como acuífero es la capacidad que esta tiene para permitir que el agua circule en su interior, Martínez et al (2005).

En Estelimar; el caudal registrado en la salida del pozo durante la prueba de bombeo fue de 3.43 l/s equivalente a 0.00343 m³/s, produciéndose un descenso de 0.70m; al resolver la ecuación, la transmisividad del acuífero está alrededor de 423 m²/día.

Este valor está en el rango, considerando que las transmisividades para los pozos de ENACAL- Estelí oscilan entre 40 – 7698.40 m²/día (PRIESCO 2003 citado por Corrales 2005).

4.1.2. Prueba de bombeo

Del ensayo de bombeo realizado en el pozo de Estelimar (Anexo 2) se obtuvo un Nivel Estático de Agua (NEA) de 26.60m, similar a los obtenidos por Corrales (2005), quien señala que los niveles característicos en los pozos de Estelí están desde la surgencia hasta los 27.27 m y en algunos casos se encuentra a los 36.36m.

El Nivel Dinámico registrado es de 27.30m, lo que indica un descenso en niveles de 0.70m correspondiente a 7 horas de bombeo continuo con un gasto en la salida del pozo de 3.43 l/s (0.00343m³/s), de esta forma se mantiene un descenso que está dentro del margen obtenido por Corrales (2005) quien considera que los abatimientos en el acuífero de Estelí oscilan en el orden 0.10m a 2.40m.

4.1.3. Curva característica del pozo

Se presenta en la gráfica 3, para reflejar la forma en que ocurre el abatimiento del pozo. Es un indicador para conocer el comportamiento del acuífero de acuerdo con Juárez y Rico (2005).

CURVA CARACTERÍSTICA DEL POZO

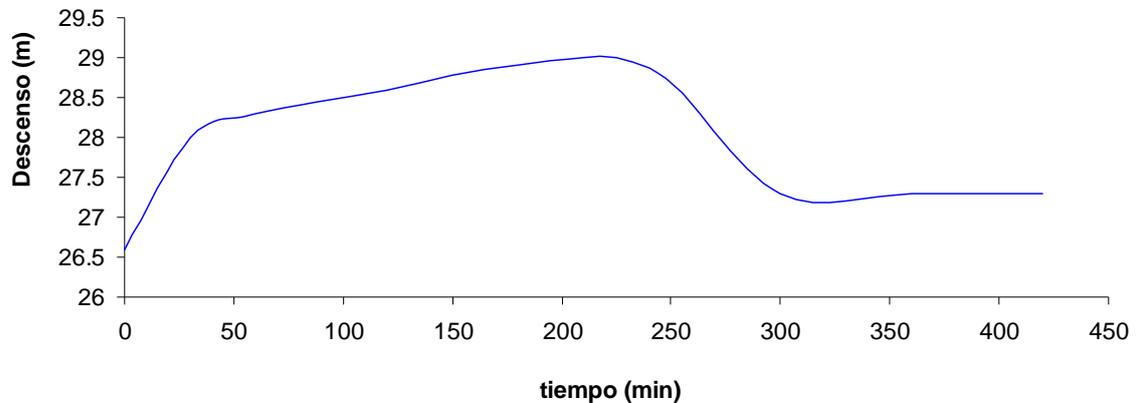


Figura 1. Comportamiento del pozo

El nivel estático se encuentra a 26.60m al inicio de la lectura, 30 minutos después la lectura es de 28m, seguido 28.30m a los 60 minutos, transcurrido 120 minutos el abatimiento sigue aumentando hasta 28.60m.

A los 180 minutos el descenso producido es 28.90m, posteriormente 28.87m cuando transcurren 240 minutos logrando estabilizarse a los 300 minutos con un nivel de 27.30m.

El gráfico no describe una línea en descenso continuo, esto permite considerar que en el acuífero existen aportes de agua de otros estratos aparte del espesor saturado del mismo.

Si se tratara de un acuífero confinado Martínez *et al* (2006) considera que este tipo de acuífero está aislado de la atmósfera por unidades geológicas impermeables así mismo la Universidad Autónoma Chapingo (1987) plantea que un acuífero confinado está limitado superior e inferiormente por formaciones relativamente impermeables en cambio un acuífero libre tiene como límite superior al nivel freático.

En presencia de un acuífero confinado el rebajamiento del nivel de agua dentro del pozo sería un descenso continuo hasta estabilizarse sin recuperación alguna considerando los planteamientos de la Universidad Autónoma de Chapingo (1987) que en estratos impermeables el flujo de agua es muy pobre o nulo pero en este caso el rebajamiento manifiesta recuperaciones significativas, estas observaciones conllevan a decir que el acuífero presente en el pozo de estudio tiene características de un semiconfinado.

En acuífero semiconfinado las unidades confinantes permiten un cierto flujo desde el acuífero hacia el exterior y viceversa Martínez *et al* (2006). En base esta definición puede explicarse lo ocurrido en el comportamiento de los niveles de agua en el pozo de Estelimar.

Otra consideración es que un acuífero semiconfinado está limitado por formaciones menos permeables que el confinado a través de los cuales puede recibir o ceder volúmenes significativos de agua. Universidad Autónoma Chapingo (1987).

De la prueba de bombeo realizada se obtiene que el acuífero en estudio se comporta con propiedades semiconfinadas, estos resultados se acercan a los obtenidos por Corrales (2005) quien describe que el acuífero de Estelí se encuentra en condiciones de semiconfinamiento al desplazarse hacia la parte norte.

4.1.4. Caudal de explotación

El ensayo de bombeo comprendió 7 horas de extracción y 8 horas de recuperación, el caudal con el que se explotó el pozo fue de 3.43 l/s.

Con un caudal de 3.43 l/s, en 7 horas de bombeo diario con y 8 horas de recuperación se puede obtener un volumen de 86.44 m³, los depósitos que con más frecuencia se llenan en Estelimar son los tanque 1 y 2 de la cocina que poseen una capacidad de 5.13 y 11.59 m³ respectivamente, en total son 16.72 m³, con el caudal de abastecimiento obtenido de la prueba de bombeo se demuestra que el pozo esta en condiciones para aportar estas demanda de agua pero se presenta una fuerte limitante al llenar las piscinas principalmente la grande ,dado que se lleva en ocasiones hasta 12 días para poder abastecerse su capacidad total.

El caudal con que se explota el pozo de acuerdo con el punto de operación de la bomba es de 1.03 l/s, en las 7 horas de bombeo con recuperación de 8 horas que se registró en el ensayo de bombeo, se extrae un volumen de 25.96 m³, suficiente para llenar los tanque de la cocina que generalmente se hace día de por medio pero no es el volumen suficiente para cubrir las demandas de las piscinas por lo que se produce un amplio tiempo de llenado implicando mayores costos en energía eléctrica.

4.2. Descripción de la red hidráulica

En el siguiente cuadro se presentan las características principales encontradas en la red.

Cuadro 7. Principales características de la red.

Depósitos	Tipo de tubería	Diámetro de la tubería en pulg	Longitud real de tubería desde el pozo hasta el depósito en m
Piscina grande	PVC	2	251.08
Piscina mediana	PVC	2	236.33
Piscina pequeña	PVC	2	180.08
Tanque hotel	PVC	2	24
Tanque cabañas	PVC	2	112.40
Tanque peces	PVC	2	248.08
Tanque cocina	1	PVC	325.92
	2	PVC	336.22

La tubería de succión es de hierro con 5 años de uso y un diámetro de 2 pulgadas, también se identificaron tres codos de 90°, seis tee, tres válvulas de compuertas y un codo de 45°.

4.3. Punto de operación de la bomba

La bomba que se utiliza en Estelimar de acuerdo a los datos proporcionados es de 5hp, en el cuadro 9 se presentan las potencias que requiere suministrar la bomba para poder vencer la carga y llenar el depósito demandante.

Utilizando a Saldarriaga (2004), la ecuación empleada para estimar la potencia requerida es:

$$P = \frac{1}{n} \rho Q g H$$

Cuadro 8. Carga Dinámica Total y Potencia requerida.

Depósitos	Q (l/s)	Diámetro de tubería (pulg)	Elevación (m)	Carga Dinámica Total (m)	Potencia Requerida (hp)
Piscina grande	0.8	2	859.34	52.19	3.74
Piscina mediana	1.71	2	856.70	48.71	3.49
Piscina pequeña	1.08	2	854.32	42.96	3
Tanque hotel	0.44	2	854	40.20	3
Tanque cabañas	1.03	2	857.78	45.05	3.22
Tanque peces	0.94	2	858.63	51.22	3.67
Tanque cocina	1 0.45	2	868.08	70.91	5.08
	2 0.38	2	870.71	72.51	5.19

La potencia aumenta directamente proporcional a la carga de trabajo (H), entre menor es la carga (H) la potencia con la que debe trabajar el motor disminuye pero al aumentar la carga (H) de trabajo inmediatamente la potencia aumenta.

La bomba está operando con una eficiencia alrededor del 63%, esto indica que de los 5hp que suministra el motor lo que se está utilizando para bombear corresponde a 3.14hp. Del equipo de bombeo en estudio se conoce que la bomba tiene más de 10 años de uso y el motor fue cambiado y ha sido utilizado hace unos 5 años.

Retomando las consideraciones de Martínez y Gutiérrez (2000); las pérdidas de energía pueden ser causadas por la características que presenta el sistema mecánico en cuanto a la conversión de energía y es afectado además por las cargas hidráulicas de esta forma la energía que se aprovecha al final es bastante menor que aquella de la que se dispone originalmente, además no se puede excluir que esta bomba tiene alrededor de 10 años de uso en cambio el motor fue sustituido hace unos 5 años.

Con eficiencia de 63% y las potencias que se muestran en el cuadro anterior es notable que; el tanque para peces demanda 3.67hp, el de las cabañas 3.22hp y el del hotel 3hp al igual que las piscina grande 3.74hp, mediana 3.49hp y pequeña 3hp.

Estos se llenarían sin problema alguno, dado que la bomba suministra 5hp pero se aprecia que para los tanque 1 y 2 que abastecen la cocina 5.08 y 5.19 hp respectivamente, la potencia demandada es superior a la capacidad de suministro del equipo que se utiliza.

De la ecuación empleada para calcular la potencia requerida, se conoce que si la carga de trabajo es superior a la potencia que aporta el equipo de bombeo, es necesario aumentar la potencia para poder entregar el caudal necesario en el momento preciso. Bombear con una potencia inferior a la necesaria para vencer la carga de trabajo es operar el equipo en condiciones forzadas para su capacidad según Martínez y Gutiérrez (2000), implicando un mayor tiempo de llenado para el depósito, aumento en horas de explotación del pozo, mas horas de trabajo para el operario y el consumo de energía es mayor, incurriendo al final en altos costos de operación.

4.3.1. Curva de la bomba

Relacionando caudales (Q) en l/s, con Carga Dinámica Total (CDT) en m, dentro de un sistema de coordenadas X, Y, en el cual Y representa la CDT y el Q corresponde a X, fueron obtenidos los resultados siguientes:

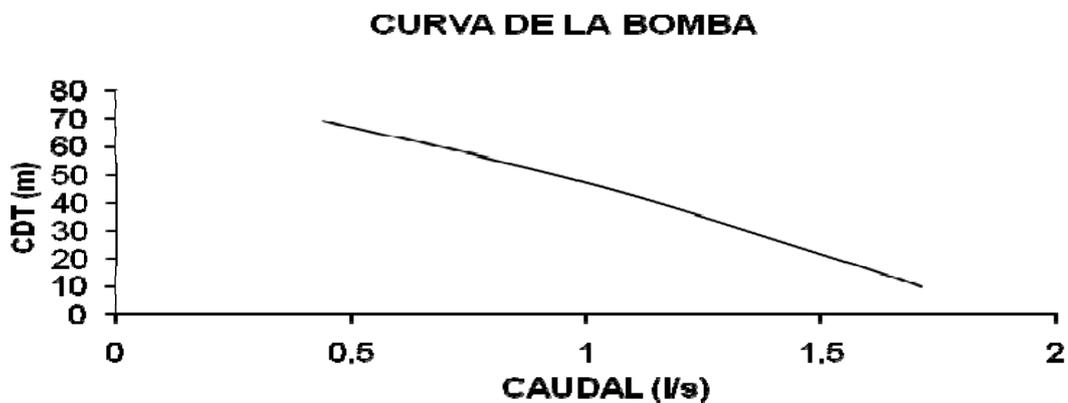


Figura 2. Comportamiento de la bomba

Con una carga de trabajo de 69.25m, el caudal que logra enviar la bomba es 0.44 l/s (0.00044 m³/s), cuando la carga de trabajo disminuye a 45.92m el caudal bombeado es de 1.03 l/s (0.00103 m³/s), así mismo al descender a 10.19m la carga de trabajo, el caudal que se obtiene es 1.71 l/s (0.00171 m³/s).

Es apreciable que el caudal (Q) aumenta a medida que la carga de trabajo (CDT) disminuye, Esto demuestra que en presencia de mayor carga de trabajo que incluyen mayor longitud de la tubería, diferencia de nivel y altura de descarga y más accesorios, las pérdidas de energía se incrementan y tienden a provocar una disminución en los caudales de descarga hacia cada depósito.

4.3.2. Curva del sistema

Representa el caudal Q (l/s) con su respectiva Carga Dinámica Total CDT (m) incluyendo las pérdidas de energía que ocurren en el sistema tubería. En las abscisas (X) se grafica el caudal y en las ordenadas (Y), figura la CDT.

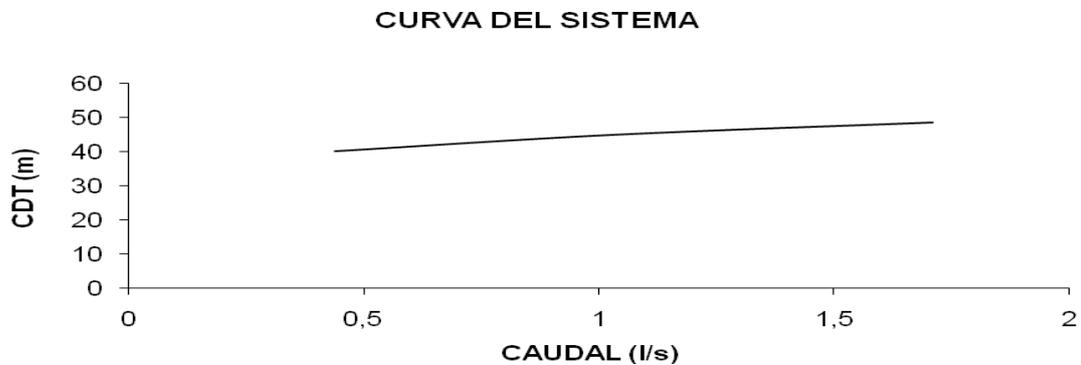


Figura 3. Curva del sistema

Al tener una CDT de 40.20m el caudal (Q) que suministra la bomba es de 0.44 l/s, al producirse un CDT de 45.05m el caudal que envía la bomba corresponde a 1.03 l/s y con 48.71m de CDT se obtienen 1.71 l/s.

Lo que se refleja es un crecimiento gradual de la carga de trabajo (CDT), al aumentarse el caudal (Q) bombeo. Las pérdidas por fricción se determinaron con la ecuación de Hazen-Williams citada por Saldarriaga (2004):

$$hf = \frac{10.67}{d^{4.87}} \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \times L$$

Cuadro 9. Pérdidas por fricción (hf) y Carga Dinámica Total (CDT) desde la fuente hasta el depósito

CURVA DEL SISTEMA						
Depósitos	$d^{4.87}$	Q de circulación m^3/s	C	L equivalente (m)	hf (m)	CDT (m)
Piscina grande	4.98×10^{-07}	0.00343	150	266.48	14.50	52.19
Piscina mediana	4.98×10^{-07}	0.00343	150	251.73	13.70	48.71
Piscina pequeña	4.98×10^{-07}	0.00343	150	192.88	10.50	42.96
Tanque hotel	4.98×10^{-07}	0.00343	150	31.10	1.70	40.20
Tanque cabañas	4.98×10^{-07}	0.00343	150	121.70	6.62	45.05
Tanque peces	4.98×10^{-07}	0.00343	150	262.08	14.26	51.22
Tanque Cocina	1	4.98×10^{-07}	150	345.32	18.80	70.91
	2	4.98×10^{-07}	150	356.32	19.39	72.51

De la relación Q/C, se considera que al aumentarse el caudal (Q), las pérdidas de energía por fricción tienden a incrementarse, así mismo debe considerarse que la carga de trabajo CDT es variable y estará en dependencia de la longitud de la tubería, accesorios, diámetro y el desnivel topográfico existente.

4.3.3. Curva del punto de operación de la bomba

Se obtiene a través del corte de las curvas del sistema y de la bomba.

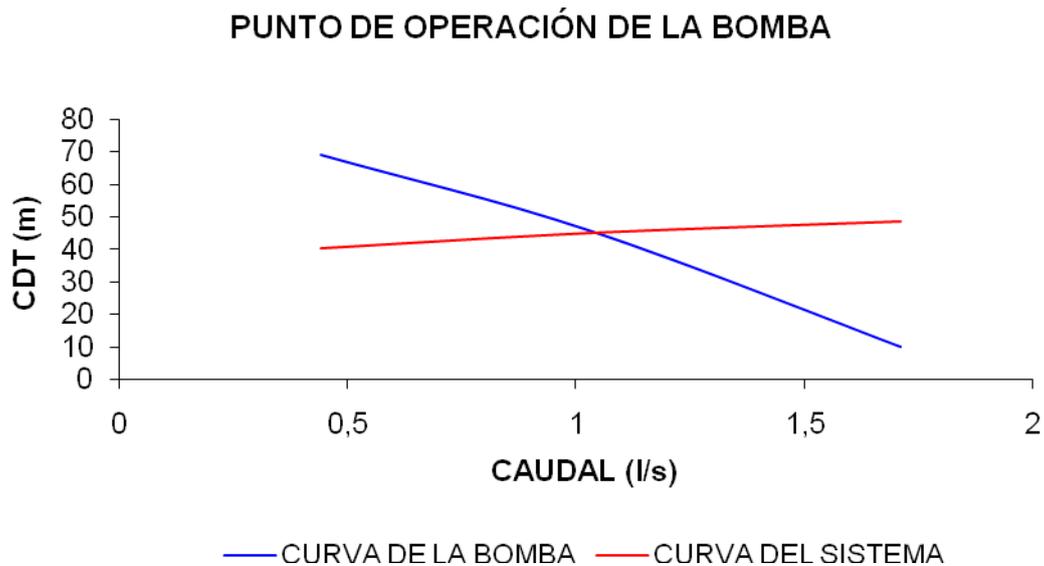


Figura 4. Punto en que opera la bomba

El caudal(Q) obtenido es 1.03 l/s con una Carga Dinàmica Total de 45.50m. el trabajo de una bomba no sòlo depende de las características de funcionamiento de la misma, està sometido tambièn a diversas perdidas, Martínez y Gutiérrez (2000), por fricción en la tubería, en la succión, en los accesorios, la altura de descarga y el desnivel topogràfico los cuales han sido discutidos en los gràficos correspondientes a la curvas de la bomba y del sistema. Este punto de operaciòn no siempre corresponde con los valores màximos de eficiencia, estos resultado se determinaron con una eficiencia del 63%.

Lo que se determina con el punto de operaciòn de acuerdo con Saldarriaga(2004) es el caudal (Q) que està siendo enviado, en este caso es 1.03 l/s y la Carga Dinàmica Total (CDT) que es capaz de vencer la bomba siendo esta de 45.50m.

4.4. Costos de energia del sistema de abastecimiento

4.4.1. Demanda del volumen de agua de cada depósito

El volumen total de explotaciòn para abastecer las necesidades de Estelimar es de 778.2m³, la piscina Grande contiene mayor capacidad con 429.61m³, seguido de las piscinas medianas y pequeñas con 160.88 y 94.92 m³ respectivamente.

4.4.2. Tiempo de llenado.

Se obtuvieron datos extremos como son el tiempo de llenado de algunos depòsitos de agua como en la piscina grande cuyo abastecimiento corresponde al 65.27 % de la energía total consumida en el abastecimiento de los depòsitos de agua.

El depòsito con mayor tiempo de llenado resultò ser la Piscina grande que registra 151.01 horas que corresponde a 6 días de bombeo continuo, de acuerdo con informaciòn prorcionada por los operadores la piscina se lleva a veces hasta 12 días en llenarse.

Como la bomba opera con un caudal de 25.96m³ en 7 horas y si se mantiene ese ritmo de bombeo en 24 horas se extraen 77.88m³ y al dividir los 429.61m³ que es la capacidad de la piscina grande entre los 77.88m³ se estaria llenando la piscina grande en 6 días.

Los más probable es que el bombeo continuo se suspende o el caudal de abastecimiento es interrumpido para cubrir otras demandas.

Cuadro 10. Promedio de uso del Equipo de Bombeo

Depósitos		Número de veces que se llena al año	Caudal de salida en cada depósito en l/s	Volumen de cada depósito en m ³	Tiempo de uso anual en h.
Piscina grande		1	0.8	429.61	151.06
Piscina mediana		3	1.71	160.88	78.23
Piscina pequeña		2	1.08	94.92	49.2
Tanque hotel		180	0.44	19.93	2264
Tanque cabañas		180	1.03	7.63	371
Tanque peces		1	0.93	48.53	4.02
Tanque Cocina	1	180	0.45	5.13	583.2
	2	180	0.38	11.59	1566
Total				778.22	5066.71
Promedio de uso diario en horas					14.07

4.4.3. Costo de llenar cada depósito

El costo del kilowatt-hora (kw-h) es de C\$4.88 (córdobas) según la Empresa Distribuidora de Energía en Nicaragua (UNIÓN FENOSA), entre mayor sea la capacidad del depósito, el tiempo de llenado y el número de veces que se llena al año, se genera mayor costo, la piscina Grande presenta los mayores costos con C\$1726.96 (córdobas), seguido de las piscinas Mediana y Pequeña que registran C\$298.48 y 281.33 (córdobas) respectivamente.

Al multiplicar tiempo de llenado con los kw-h consumidos y ámbos por el costo del kw-h se obtiene el costo unitario de energía eléctrica siendo en total C\$2656.72, es importante conocer el costo de llenado por que sirve de referencia para saber si lo que se invierte en el bombeo se recupera con los ingresos obtenidos del beneficio que se brinda con el uso de los depósitos.

Cuadro 11. Volumen, tiempo de llenado y costo unitario de llenar cada depósito

Depósitos	Área m²	longitud desde la fuente (m)	Volumen m³	Tiempo de llenado (h)	Costo unitario (C\$)
Piscina grande	254.47	251.08	429.61	151.06	1726.96
Piscina mediana	122.23	236.33	160.88	26.10	298.48
Piscina pequeña	109.86	180.08	94.92	24.60	281.33
Tanque hotel	21.43	24	19.93	12.58	143.87
Tanque cabañas	4.49	112.40	7.63	2.06	23.17
Tanque peces	32.35	248.08	48.53	4.02	45.97
Tanque Cocina	1	3.28	325.92	5.13	37.05
	2	11.59	336.22	11.59	99.49
Volumen y costo total			778.22		2656.72

Con una jornada de trabajo de 26.58 horas se pueden llenar los tanque de mayor demanda que son los de la cocina y el de las cabañas al igual que el del hotel, además estos depósitos se llenan normalmente día de por medio.

La mayor limitante se presenta al llenar las piscinas, principalmente la grande que se lleva hasta 6 días, la mediana y la pequeña se llenan en un día cada una.

El equipo de bombeo no posee la capacidad de suministrar las demandas totales debido al aumento de depósitos de agua sin considerar las características para el cual se diseñó el sistema.

Explotando el pozo al 75% de su capacidad, puede aportar un caudal de 30 l/s, para estas condiciones se cambiaría el equipo de bombeo por uno de mayor potencia, esta opción se descartaría dado que el diámetro del pozo es de 6 pulg y limitaría la sumersión de la bomba, una buena opción es construir un nuevo pozo que abastezca específicamente a las piscinas y dejar el pozo actual para los tanques.

Cuadro 12. Consumo de Energía en Kw, por horas, días, mes y años

Consumo	Cantidad	Costo en C\$/kw-h según tarifa de Unión Fenosa.	Costos de energía eléctrica en C\$.
Kw-h	2.34	4.88	11.44
Kw-día	56.24	4.88	274.45
Kw-mes	1687.2	4.88	8233.54
Kw-año	20246.4	4.88	98802.43

Cuadro 13. Comparación de gastos de energía eléctrica

Meses	Datos obtenidos de acuerdo a la tarifa de UNIÓN FENOSA (C\$)	Datos obtenidos del ESTUDIO (C\$)
Abril	8756.88	8233.54
Mayo	10416.8	8233.54
Junio	8277.59	8233.54
Julio	12756.78	8233.54

El equipo de bombeo de Estelimar no contiene medidor único, como se ha venido discutiendo con anterioridad, además se presenta el caso de que el bombeo es irregular, por lo que también los costos varían de mes a mes, la tendencia que se manifiesta es un aumento continuo en el pago de energía, desde abril, mayo, junio y en el mes de julio el pago por consumo de energía es 12756.78 córdobas, superando en 4523.24 córdobas al costo promedio determinado en este estudio que es 8233.54 córdobas, haciendo estas comparaciones es notable que el costo promedio determinado en este trabajo investigativo, es aproximado al costo que se registran en los recibos de la Empresa Distribuidora de Energía en Nicaragua (Unión Fenosa).

V. CONCLUSIONES

El acuífero presenta características de semiconfinado con una transmisividad de 423.36 m²/día ubicándose dentro del rango encontrado por corrales (2005) en el cual el acuífero de Estelí refleja transmisividades desde los 40 hasta los 10371 m²/día.

En el estrato de interés se encuentran arenas, gravas, arcillas, limo arenoso gravoso, gravas muy gruesas con algo de bolones manifestando un espesor saturado de 9m.

El nivel Estático de Agua (NEA) registrado dentro del pozo es de 26.60m y de acuerdo a la prueba de bombeo cuya duración fue de 7 horas de extracción y 8 de recuperación manteniendo un caudal de 3.43 l/s se manifiesta un rebajamiento en el nivel de 27.30m.

El pozo tiene capacidad de ser bombeado con un caudal de 30 l/s que equivale al 75% de su capacidad durante un periodo de 8 horas y media y se estima un abatimiento de 33.60m.

La red hidráulica está compuesta por un pozo de 54m de profundidad, una bomba centrífuga con un ademe de 6 pulg., un motor de 5hp de potencia, 8 depósitos de agua, toda la tubería PVC 2 pulg.

Debido al incremento de depósitos de agua el equipo de bombeo existente no posee la capacidad para abastecer las demandas totales.

Operando a una eficiencia del 63% de su capacidad total la bomba envía un caudal de 1.03 l/s venciendo una Carga Dinámica Total de 47m.

El costo promedio de consumo de energía que genera el abastecimiento de agua en el Parque de Ciencias Estelimar están alrededor de C\$ 8233.54 (Còrdobas) mensuales los cuales fueron determinados para abril, mayo, junio y julio del 2008.

Con los datos recolectados durante los meses de marzo y abril que representan el período crítico de abastecimiento el costo de bombear un m³ (metro cúbico) de agua es de C\$ 2.35 (còrdobas).

VI. RECOMENDACIONES

Realizar una prueba de bombeo a caudal constante que incluya al menos un pozo de observación para estimar con mayor precisión la transmisividad del acuífero.

En todo pozo perforado deben conservarse los informes de la estratigrafía encontrada para soporte de futuros estudios en el suministro de agua.

Construir un nuevo pozo que permita abastecer las tres piscinas e instalar un equipo de bombeo de acuerdo al plan de explotación que se desee realizar.

Crear un plan de explotación para el pozo y equipo de bombeo.

Solicitar a la empresa de energía eléctrica (UNIÓN FENOSA) un medidor específico para el equipo de bombeo.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Arango O.** 1985. Nivelación, Trigonometría, Taquimetría y Planchetas. La Habana – Cuba. Editorial Pueblo y Educación. Págs.14, 19,24.
- Arias, J, A.** 1993. Suelos Tropicales. 1era. Ed. San José, Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. Págs.58.
- Bannister A, Raymond S, Baker R.** 2002. Técnicas Modernas en Topografía. 7ma. Ed. México. Alfaomega Grupo Editor, S, A. de C.V. Págs. 107, 121.
- Corrales P, D.** 2005. Estudio Hidrogeológico del Funcionamiento del Acuífero de Estelí. Managua – Nicaragua. Págs.23, 52,106.
- Juárez, B, E. Rico, R, A.** 2004. Mecánica de Suelos Tomo 3. Balderas 95, México, D, F. Editorial Limusa, S.A. DE C.V. Págs. 286, 287,290
- Losada, V, A.** 2000. El Riego: Fundamentos Hidráulicos. 3 era. Ed. Madrid – España. Mundi – Prensa, Madrid. Pag. 264.
- Martínez F, Gutiérrez N.** 2003. Máquinas Hidráulicas. 1era. Ed. México – Texcoco. Universidad Autónoma Chapingo. Págs. 159, 214,281.
- Martínez P, Castaño S.** 2006. Fundamentos de Hidrogeología. Ediciones Mundi - Prensa. España, Madrid, Barcelona. Mundi – Prensa. Págs. 75,90.
- Mendieta A, B.** 2005. Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Agropecuaria. Managua, Nicaragua. Págs.162.
- Montiel A.** 2002. Redes abiertas de tuberías para riego. 1era. ed. México – Texcoco. Universidad Autónoma Chapingo. Págs. 1 – 3.
- Perdomo A, González G.** 1979. Organización y Explotación de Sistemas de Riego y Drenaje. La Habana, Cuba. Editorial Pueblo y Educación. Págs. 148, 150.
- Rosales P, R.** 2005. La Formulación y Evaluación de Proyectos. 1era. Ed. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Págs. 145.
- Saldarriaga V, J.** 2004. Hidráulica de tuberías. Santafé de Bogotá- Colombia. Macgraw – Hill Interamericana, S, A. págs. 123 – 162.

Serway R. Beichner R. 2002. Física para Ciencias e Ingeniería. 5ta. Ed. México D.F. McGRAW – HILL/ INTERAMERICANA EDITORES. S.A. DE. C.V. págs. 672.

Toledo S, H. 2002. Sistematización de Experiencia en Recuperación de Fuentes de Agua en las Comunidades de la Concepción, San Pedro y Cayantu, Nicaragua. Managua-Nicaragua. págs.5

Universidad Autónoma Chapingo. 1986. Geohidrología. México, D.f. Universidad Autónoma Chapingo. Págs. 20, 44,83.

Villanueva, M, M, Iglesias, L, A.1984 Pozos y Acuíferos. España. pag.48.

ANEXOS

Anexo 1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Red de distribución de agua

Ángeles (2002), define que los elementos fundamentales en una red de distribución de agua son los siguientes:

- Una obra de captación de agua superficial o subterránea que puede ser un río, embalse, canal, manantial, pozo a cielo abierto o profundo, con una instalación para el filtrado de agua en caso de ser necesario.
- Un dispositivo para impulsar el agua a presión que normalmente es un equipo de bombeo o bien un tanque elevado.
- Un dispositivo de regulación que puede ser un depósito, una balsa o una torre de carga, intercalado entre la red que consume el caudal variable y las bombas que proporcionan una caudal constante.
- Una red de tuberías que transportan el agua.

1.2. Clasificación de las rocas

Martínez *et al* (2006), plantean que las rocas se clasifican de acuerdo a su comportamiento hidrogeológico en:

- Acuíferos: son rocas que almacenan y transmiten agua en cantidades significativas.
- Acuitardos: rocas que almacenan agua y la transmiten lentamente.
- Acuicludo: rocas con una capacidad de almacenamiento apreciable pero con capacidad de transmisión prácticamente nula.
- Acuifugo: rocas que no almacenan ni transmiten agua.

El acuífero puede definirse también, como los estratos que pueden proporcionar agua en una cantidad aprovechable. Universidad Autónoma Chapingo (1987).

1.3. Tipos de acuíferos

Existen tres tipos principales de acuífero desde el punto de vista hidráulico. Universidad Autónoma Chapingo (1987).

- Acuífero confinado: está limitado superior e inferiormente por formaciones relativamente impermeables que contienen agua a mayor presión que la atmosférica.

- Acuífero Semiconfinado: está limitado por formaciones menos permeables que el mismo, pero a través de esas formaciones puede recibir o ceder volúmenes significativos de agua.
- Acuífero libre: presenta como límite superior al nivel freático.

Martínez *et al* (2006), indican, que cuando el agua almacenada en un acuífero está en contacto directo con la atmósfera a través de los poros y fisuras de la roca, el acuífero se denomina libre.

1.4. Capacidad específica

Es la relación entre el gasto extraído del mismo y el abatimiento del agua en su interior. Juárez y Rico (1972).

1.5. Pozos

Se denomina obras de tomas verticales o pozos a cavidades abiertas en el terreno, con la finalidad de extraer agua del subsuelo. Perdomo y Gonzales (1981).

1.5.1. Niveles de agua en los pozos

Existen dos tipos de niveles, Perdomo y Gonzales (1981).

1.5.1.1. Nivel estático

Es el nivel existente cuando del pozo no se extrae agua y este coincide con el manto freático (si las agua no son artesianas).

1.5.1.2. Nivel dinámico

Se presenta cuando del pozo se extrae agua, el nivel desciende y transcurrido cierto tiempo adopta una profundidad constante.

1.6. Prueba de bombeo

Las pruebas de bombeo que generalmente se realizan son la del caudal variable o escalonado y la de caudal constante. En este caso se detalla sobre la prueba a caudal constante.

1.6.1. Objetivos de la prueba de bombeo

Al realizar una prueba de bombeo a caudal constante lo que se hace es observar los efectos provocados en la superficie freática o piezométrica de un acuífero por la extracción de un caudal (Q) conocido. Universidad Autónoma Chapingo (1987).

1.6.2. Prueba a caudal constante

Consiste esencialmente en la ejecución de un bombeo a caudal constante a partir de un tiempo dado, con observaciones simultáneas de las variaciones de niveles tanto dentro del pozo de bombeo como en los de observación. Juárez y Rico (1972).

1.7. Bombeo

Cuando se bombea, lo que se hace es suministrar energía a un fluido para moverlo de un punto a otro. Martínez y Gutiérrez (2000).

1.7.1. Equipo de bombeo

Según Martínez y Gutiérrez (2000), un equipo de bombeo es un conjunto integrado por un tipo de bomba la cual es accionada por algún tipo de motor.

Existen una gran variedad de bombas, pero en este estudio se hará mención de la bomba centrífuga.

1.7.1. Bomba centrífuga y su funcionamiento

Es un dispositivo que emplea la fuerza centrífuga para bombear un líquido, Martínez y Gutiérrez (2000).

También se considera como un dispositivo que convierte la energía mecánica que se le entrega en presión dinámica. Su funcionamiento ocurre de la siguiente forma:

Consta de un impulsor el cual al recibir el agua en su centro, es tomado por las aspas que están girando a cierta velocidad, debido a esta rotación del impulsor el líquido es descargado por acción de la fuerza centrífuga dentro de la cubierta o armadura. Cuando el líquido es descargado se crea un vacío, dando lugar a la entrada de más fluido.

1.8. Función de una red de riego

Una red de riego o hidráulica, es el conjunto de los órganos, obras y aparatos que aseguran el transporte, reparto y distribución a cada explotación sin olvidar además los órganos que deben eventualmente evacuar las aguas en exceso. Poiree y Alier (1965) así mismo una red hidráulica eficiente entrega la cantidad requerida en el momento preciso.

El funcionamiento y operación de un sistema de abastecimiento se refiere a como funcionará el conjunto de conductos y obras hidráulicas, es un elemento importante que interviene en la distribución del agua.

La operación es la manipulación de la infraestructura física que se realiza para operar un sistema de abastecimiento y lograr que funcione el conjunto de redes de conducciones: canales, tubería y las diferentes obras hidráulicas. Olazaval y Alvear (1999).

1.9. Costo de operación

Los costos; Son todos aquellos que se efectúan en una unidad de tiempo, para la adquisición de determinados factores o medios productivos los cuales permiten implementar una unidad de producción que a través del tiempo, genera flujo de beneficio. Rosales (2005).

Los costos de operación son considerados por Mendieta (2005), como desembolsos por insumos y otros rubros necesarios para el ciclo productivo del proyecto a lo largo de su funcionamiento. Así mismo Rosales (2005) indica que corresponden a la sumatoria de todos los costos que intervienen durante la etapa de funcionamiento del proyecto.

Anexo 2: prueba de bombeo

Nivel Estático de Agua (NEA) = 26.60m

Motor encendido

Tiempo en h	Nivel en m
7:00 am	28.00
7:30 am	28.30
8:30 am	28.60
9:30 am	28.90
10:30 am	28.87
11:30 am	27.30
12:30 pm	27.30
1:30 pm	27.30

Motor apagado

Tiempo en h	Nivel en m
3:00 pm	28.35
3:30 pm	28.10
4:00 pm	27.61
4:30 pm	27.40
5:00 pm	27.25
5:30 pm	27.07
6:00 pm	27
6:30 pm	26.93
7:00 pm	26.93
7:30 pm	27.06
8:00 pm	27
8:30 pm	26.94
9:00 pm	26.70
9:30 pm	26.80
10:00 pm	26.80
10:30 pm	26.80

Anexo 3: Descarga de agua en las piscinas

Piscina grande

Colocación del balde	Gasto en l	Tiempo en s
Primera	20	25.3
Segunda	20	24
Tercera	20	26
promedio	20	25.1

Piscina mediana

Colocación del balde	Gasto en l	Tiempo en s
Primera	20	10.9
Segunda	20	12.1
Tercera	20	12
promedio	20	11.66

Piscina pequeña

Colocación del balde	Gasto en l	Tiempo en s
Primera	20	18.6
Segunda	20	18.2
Tercera	20	18.9
promedio	20	18.56

Anexo 4: Descargas de agua en los tanques

Tanque del Hotel

Colocación del balde	Gasto en l	Tiempo en s
Primera	20	46.4
Segunda	20	45.45
Tercera	20	44.5
promedio	20	45.45

Tanque de peces

Colocación del balde	Gasto en l	Tiempo en s
Primera	20	16.1
Segunda	20	23.7
Tercera	20	24.1
promedio	20	21.3

Tanque de cabañas

Colocación del balde	Gasto en l	Tiempo en s
Primera	20	19.20
Segunda	20	18.30
Tercera	20	20.60
promedio	20	19.37

Tanque que abastece la Cocina 1

Colocación del balde	Gasto en l	Tiempo en s
Primera	20	49.00
Segunda	20	43.00
Tercera	20	42.00
promedio	20	44.67

Tanque que abastece a la cocina 2

Colocación del balde	Gasto en l	Tiempo en s
Primera	20	56
Segunda	20	50
Tercera	20	54
promedio	20	53.33

Anexo 5. Modelo para registrar datos en el Levantamiento topográfico

Puntos	Hilo Superior (HS) en m	Hilo Central (HC) en m	Hilo Inferior (HI) en m	Angulo Vertical	Rumbo	Angulo Horizontal
--------	----------------------------	---------------------------	----------------------------	--------------------	-------	----------------------

Anexo 6. Levantamiento topográfico de la red

PUNTO	DISTANCIA	RBO	ELEVACIÓN		OBSERVACIÓN
			Elevación	Punto	
1-2	21.92	SW20°00*00''	854	1	Inicio red hacia caseta control.
2-3	4.16	SW18°00*00''	853.44	2	Caseta de control.
3-4	72	SW20°00*00''	853.43	3	Caseta de control hacia llave de pase 1.
			853.12	4	Llave de pase 1.
4-5	38.32	SE66°00*00''	857.78	5	Llave de pase 1 hacia tanque de cabañas.
4-6	95	SW40°00*00''	854.50	6	Llave pase 1 hacia esquina piscina pequeña.
6-7	11	SW55°00*00''	854.32	7	Esquina piscina pequeña hacia salida de la misma.
7-8	26	SW35°00*00''	855.08	8	Salida de piscina pequeña hacia llave pase 2.
8-9	18	SE68°00*00''	856.69	9	Llave pase 2 hacia llave pase 3.
9-10	12.25	NE54°00*00''	856.70	10	Llave pase 3 hacia Piscina. Mediana.
9-11	27	SE85°00*00''	859.34	11	Llave pase 3 hacia Piscina grande.
8-12	42	SW38°00*00''	858.63	12	Llave pase 2 hacia tanque peces.
12-13	34.44	SE55°00*00''	865.74	13	Tanque peces hacia esquina del comedor.
13-14	7.40	SE46°00*00''	866.34	14	Esquina del comedor hasta salida del mismo.
14-15	36	SE65°00*00''	868.08	15	Salida del comedor hasta Tanque cocina 1.
15-16	10.30	SE65°00*00''	870.71	16	Tanque cocina 1 hacia Tanque de cocina 2

Anexo 7. Cálculo de las elevaciones en cada punto

En este levantamiento se presentaron tres casos:

7.1. Si el punto anterior y el siguiente tienen ángulos de elevación

En el punto anterior,

$H_i = (\text{cota} + H_c) - CO$ en donde:

H_i = altura del instrumento en m

Cota= elevación conocida en m

CO= cateto opuesto en m

$CO = \text{sen}\theta \times D$

θ = ángulo Vertical

D= distancia horizontal desde el instrumento hasta el punto de mira en m.

Elevación en el punto siguiente es:

$\text{Cota} = (H_i + CO) - H_c$

7.2. El punto anterior y el siguiente tengan ángulos de depresión

La altura del instrumento en el punto anterior está dado por:

$H_i = \text{cota} + H_c + CO$

En el punto siguiente la elevación correspondiente está dada por:

$\text{Cota} = H_i - CO - H_c$

7.3. El punto anterior tenga ángulo de depresión y el siguiente ángulo de elevación.

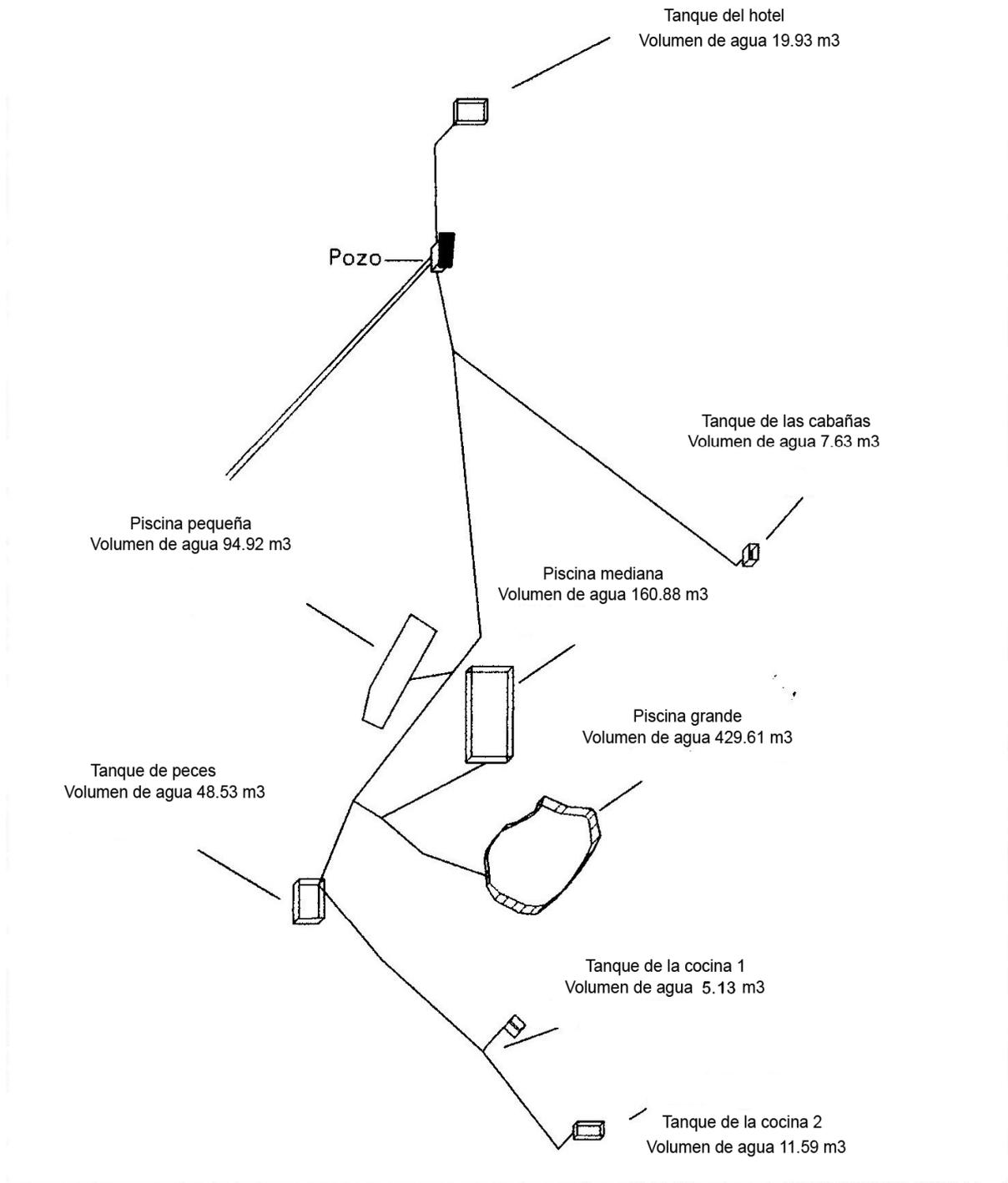
La altura del instrumento en el punto anterior esta dado por:

$H_i = \text{Cota} + H_c + CO$

En el punto siguiente,

$\text{Cota} = (H_i + CO) - H_c$

Anexo 8. Red Hidráulica Estelimar



Lamina 5	Proyecto: Red hidraulica Esteli mar	Elaborado por:		UNA
Escala 1:100	Carrera: Ing. Agricola	Lester Iglesias	Fecha:	
		William Muñoz	09-0209	

PARQUE DE CIENCIA ESTELIMAR

