



Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

**“Diseño y valoración económica de un sistema de bombeo  
de agua para un establecimiento ganadero”.**

MARÍA CLARA COSTANZO

TRABAJO FINAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTORA: Ing. (Mgtr.) MARIA LAURA SARTORI

CO-DIRECTORA: Ing. (M. Sc.) MARÍA MAGDALENA HELLMERS

VILLA MERCEDES 2024

**© 2025 MARÍA CLARA COSTANZO**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

*Se lo dedico a mis papás, por su apoyo incondicional, guía y esfuerzo, que sin ellos esto no hubiese sido posible.*

*Agradezco a la FICA – UNSL.*

*Agradezco a mi directora de tesis y amiga, por acompañarme en este proceso.*

*A mi familia y amigos.*

# RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo garantizar un suministro eficiente, constante y sostenible de agua en el establecimiento *La María*, ubicado en Colonia Los Manantiales, Juan Jorba (San Luis, Argentina). La necesidad surge debido al descenso de la napa freática que dejó inutilizable uno de los pozos existentes, generando un déficit en la provisión de agua para el ganado. Este recurso es esencial para el bienestar animal, ya que influye directamente en su salud, productividad y, en consecuencia, en la rentabilidad de la explotación. Ante esta problemática, el proyecto propone una solución integral que incluye la realización de una nueva perforación, la instalación de un sistema de bombeo eficiente y la distribución de agua hacia los bebederos mediante un diseño optimizado de tuberías. El sistema se basa en la extracción de agua subterránea hacia un reservorio. Desde este tanque, el agua se distribuye por gravedad hacia seis bebederos ubicados en diferentes lotes del predio. A nivel técnico, el proyecto requirió un análisis interdisciplinario que incluyó estudios topográficos, cálculos hidráulicos para la selección de la bomba y las tuberías, así como la elección de materiales y accesorios del sistema. Esta inversión asegura un impacto positivo en la rentabilidad del establecimiento al aumentar la productividad del ganado y reducir los costos asociados a una gestión ineficiente del agua. Este proyecto no solo resuelve una necesidad puntual, sino que también representa un modelo de gestión sostenible para otras explotaciones ganaderas con características similares. Al integrar soluciones técnicas y económicas se destaca como un ejemplo de que la ingeniería puede contribuir al desarrollo rural. En conclusión, se posiciona como un modelo de solución replicable en otras explotaciones similares, combinando tecnología, sostenibilidad y entendimiento de las necesidades del sector. El sistema diseñado no solo garantiza el acceso continuo al agua, sino que también promueve el bienestar animal, incrementando la productividad del predio y sienta las bases para un manejo más eficiente de los recursos.

**Palabras clave:** agua, ganadería, perforación.

# Contenido

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO 1 .....   | 10 |
| PROPUESTA .....  | 10 |
| Introducción .....   | 11 |
| Objetivo general:.....   | 12 |
| Objetivos específicos:.....  | 12 |
| Alcances y limitaciones .....  | 12 |
| CAPÍTULO 2 .....   | 14 |
| MARCO TEÓRICO.....   | 14 |
| Fundamentación científico técnica .....                                  | 17 |
| Mecánica de fluidos: .....   | 17 |
| Energía.....   | 17 |
| Máquinas hidráulicas .....   | 18 |
| Estudio Energético de un Sistema de Bombeo .....                         | 18 |
| Flujo del fluido.....  | 19 |
| Número de Reynolds:.....   | 19 |
| Ecuación de la Energía.....  | 20 |
| Topografía .....   | 21 |
| Ecuación de Darcy- Weisbach. ....  | 21 |
| Sistema de bombeo de agua .....  | 21 |
| El agua .....  | 22 |
| Valorización económica del proyecto .....                                | 23 |
| CAPÍTULO 3 .....   | 25 |
| ANÁLISIS Y DESARROLLO .....  | 25 |
| Estudio de caso.....   | 26 |
| Establecimiento “La María” .....   | 26 |
| Acuífero y perforación.....  | 29 |
| Estudio topográfico .....  | 35 |
| Calidad del agua .....   | 40 |
| Desarrollo del Proyecto.....   | 41 |
| Perforación – Tanque.....  | 42 |
| Reservorio a bebederos .....   | 51 |
| Caudal.....  | 52 |
| Cálculo de pérdidas por medio de las longitudes equivalentes $L_i$ ..... | 58 |
| Perdidas de carga en accesorios .....                                    | 58 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Tramo B-C.....                    | 59 |
| Tramo B-D .....                   | 62 |
| Tramo B-E.....                    | 65 |
| Zanjeo.....                       | 68 |
| CAPÍTULO 4 .....                  | 69 |
| COTIZACIÓN DEL PROYECTO .....     | 69 |
| CAPÍTULO 5 .....                  | 72 |
| CONCLUSIONES .....                | 72 |
| Bibliografía .....                | 75 |
| Anexos.....                       | 76 |
| Anexo I.....                      | 77 |
| Estación total.....               | 77 |
| Anexo II.....                     | 79 |
| Análisis 1.....                   | 79 |
| Análisis 2.....                   | 80 |
| Anexo III.....                    | 81 |
| Especificaciones de la bomba..... | 81 |
| Anexo IV .....                    | 82 |
| Longitud equivalente.....         | 82 |
| Anexo V .....                     | 83 |
| Elementos del proyecto .....      | 83 |
| Conexiones .....                  | 83 |

## Índice de tablas.

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Estimación de la demanda de agua en un establecimiento de producción extensiva, para el verano. Fuente: [4]. | 17 |
| Tabla 2. Altura en msnm ubicación de los bebederos.   | 39 |
| Tabla 3. Clasificación de las aguas para bebida de bovinos según su salinidad. Fuente [1].                            | 40 |
| Tabla 4. Pérdida de carga en tramo B-T.   | 47 |
| Tabla 5. Consumo de agua según categoría y temperatura ambiente. Fuente: [1]  | 53 |
| Tabla 6. Longitud equivalente en Tramo B-C.   | 60 |
| Tabla 7. Catálogo de diámetro de la tubería   | 61 |
| Tabla 8. Recálculo de longitud equivalente en tramo B-C.  | 61 |
| Tabla 9. Longitud equivalente Tramo B-D.  | 63 |
| Tabla 10. Recálculo de perdidas en tramo B-D.   | 64 |
| Tabla 11. Longitud equivalente Tramo B-E  | 65 |
| Tabla 12. Recálculo Tramo B-E.  | 66 |
| Tabla 13. Cotización del Proyecto.  | 70 |

# Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Localización relativa del área de estudio. Fuente: [11] .....   | 26 |
| Figura 2. Localización del establecimiento en la cuenca.....  | 27 |
| Figura 3. Delimitación del área del proyecto.....   | 28 |
| Figura 4. Esquema de los diferentes tipos de acuíferos. Fuente: [12]. .....   | 29 |
| Figura 5. Funcionamiento de un acuífero freático durante el bombeo. Fuente: [12].....   | 30 |
| Figura 6. Comienzo de la perforación.....   | 30 |
| Figura 7. Proceso de recirculación de Bentonita.....  | 31 |
| Figura 8. Perfil geológico de la perforación.....   | 32 |
| Figura 9. Colocación de bomba sumergible. ....  | 33 |
| Figura 10. Ubicación de la perforación (Google earth, 2023). Localización: Latitud<br>33°30'15,63"S, Longitud 65°21'14,43"O. .... | 34 |
| Figura 11. Recorrido de la cañería desde la bomba hacia el tanque. ....   | 35 |
| Figura 12. Instalación de la base de estación total.....  | 36 |
| Figura 13. Medición de altura en bebederos. ....  | 38 |
| Figura 14. Datos técnicos en "Target". ....   | 39 |
| Figura 15. Primera etapa (trazo azul) y segunda etapa (Trazo blanco). Elaboración propia<br>sobre imagen Google Earth 2023.....   | 41 |
| Figura 16. Recorrido de la cañería, tramo P-B.....  | 42 |
| Figura 17. Catálogo de tuberías. ....   | 44 |
| Figura 18. Diferencia de altura entre bomba y reservorio. ....  | 48 |
| Figura 19. Curva característica de la bomba sumergible. ....  | 50 |
| Figura 20. Ubicación de los bebederos. ....   | 51 |
| Figura 21. Diferentes circuitos. Verde=Tramo B-C. Celeste = Tramo B-D. Rosa= Tramo B-E<br>.....                                   | 52 |
| Figura 22. Diagrama de Moody. Fuente [5] .....  | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 23. Longitud Tramo B-C.....        | 59 |
| Figura 24. Longitud tramo B-D.....        | 62 |
| Figura 25. Longitud tramo B-E.....        | 65 |
| Figura 26. Pieza con espiga ranurada..... | 68 |

# **CAPÍTULO 1**

## **PROPUESTA**

## Introducción

El acceso constante y adecuado al agua es uno de los pilares fundamentales para el bienestar de los animales en una explotación ganadera. Una restricción en el consumo ad libitum de agua respecto de lo que el animal requiere redundaría en una merma de la producción respecto al potencial existente. Un acceso irregular o insuficiente al agua puede causar estrés térmico, reducir la productividad y afectar la tasa de crecimiento de los animales, lo que en última instancia impacta en la rentabilidad de la actividad ganadera.

Es imprescindible valorizar la importancia del agua como nutriente para el animal y su manejo en el sistema de producción como herramienta que garantice un consumo acorde a los requerimientos. La consecuencia directa será una potencialización del impacto productivo de las otras técnicas que se estén aplicando. [1]

En muchas zonas rurales y regiones ganaderas, uno de los principales desafíos es garantizar el acceso constante y suficiente al agua para el ganado. Las fuentes superficiales no se encuentran siempre disponibles por lo que en muchos casos es necesaria la utilización del recurso hídrico subterráneo, asumiendo los costos que esto implica.

Inicialmente, el lugar se encontraba abastecido por dos perforaciones ubicadas estratégicamente para la utilización de lotes con uso ganadero. En abril de 2024 el descenso del acuífero freático interrumpió la extracción de agua de uno de los pozos existentes y con el otro pozo no se alcanza a abastecer la demanda de consumo de agua por parte de los animales por lo que se plantea la necesidad de realizar una nueva perforación y rediseñar el sistema de distribución de agua. El presente proyecto está orientado al diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua para el abastecimiento de bebederos destinados al consumo bovino. Este sistema se basará en la extracción de agua desde una perforación, utilizando un sistema de bombeo eficiente que transporte el agua hacia un tanque australiano de almacenamiento. Una vez almacenada, el agua será conducida por gravedad mediante tuberías que unen el tanque con los bebederos, ubicados en puntos estratégicos dentro del predio ganadero, a través de tuberías de conducción.

Con esta solución, se pretende asegurar un suministro constante de agua para los animales, reducir el desperdicio de agua y energía, y mejorar las condiciones de manejo en la explotación ganadera. Este sistema no solo mejorará la calidad de vida de los animales y la productividad de la propiedad, sino que también contribuirá a la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

El proyecto se llevará a cabo en el establecimiento “La María” que se encuentra ubicado dentro de la subcuenca “Río Nuevo” en Colonia Los Manantiales, Juan Jorba, a 28 km de Villa Mercedes y cuenta con una superficie de 480 ha. El sistema productivo es un sistema ganadero de ciclo completo. La cría se realiza en base a pasturas perennes y pastizal natural, la invernada es netamente pastoril con verdeos de invierno y alfalfa.

### **Objetivo general:**

Realizar un diseño y valoración económica de un sistema de conducción de agua para uso ganadero a partir de una nueva perforación.

### **Objetivos específicos:**

Medición de las alturas topográficas del establecimiento.

Elección de lugar para la nueva perforación

Diseño de cañerías y ubicación de bebederos para la nueva distribución del agua para los animales.

Selección de la bomba sumergible de acuerdo a la demanda de agua.

Cotización del proyecto.

### **Alcances y limitaciones**

Los resultados del presente proyecto brindarán solución para el abrevado de unas 240 cabezas de ganado bovino que de otra manera no pueden acceder al agua. Esto impacta además en la producción tanto del establecimiento en el que se lleva a cabo el trabajo como en la zona donde se comercializan las reses ya que la generación de animales en pie para su venta en cercanías resulta ambientalmente favorable al evitar el traslado de las mismas a grandes distancias.

A partir de lo que aquí se establezca quedará instalada una perforación con un equipo de bombeo en funcionamiento y el diseño de una red de tuberías por gravedad para la provisión de agua a demanda del ganado que rotará en lotes cuya distribución es elección del propietario. Es decir que se realiza un diseño con características específicas de la situación a resolver.

De la manera que se plantea el proyecto y en función de las necesidades en que se basa se prevé dar solución a toda la problemática no habiendo limitantes en el alcance de los objetivos.

# **CAPÍTULO 2**

## **MARCO TEÓRICO**

El sistema ganadero de ciclo completo es un modelo de producción en el que se manejan todas las etapas del proceso de cría, engorde y comercialización de ganado, toda la cadena de producción, desde el nacimiento de los animales hasta su venta. Hace referencia a las producciones ganaderas que se caracterizan por desarrollar las fases existentes en la orientación de la cadena cárnica bovina.

Un rodeo de cría se compone de toros, vacas, vaquillonas y terneros. Se denomina toros a los machos destinados a la reproducción, que representan entre el 3 y 7% del total de hembras, según las condiciones de producción. Las vacas son hembras adultas que ya han parido por lo menos una vez y estas pueden clasificarse en: vacías (no están preñadas), preñadas (gestando un ternero) y lactando (amamantan un ternero, estas pueden estar preñadas también). Se definen como vaquillonas a las hembras jóvenes entre el año de edad y su primera parición. Si son destinadas a la reproducción, se llaman vaquillonas de reposición. Si se destinan a consumo, se consideran vaquillonas hasta que alcanzan 320-350 kg, momento en que se clasifican como vacas, aunque no hayan parido. Y por último, los terneros que se clasifican si están al pie de la madre, mamones, luego cuando se separan de la madre se clasifican de destete, posteriormente terneros de recría hasta que llegan al año de vida aproximadamente. A partir de esa edad, se los designa según el sexo en vaquillona o novillo. Este manejo de categorías de animales es crucial para optimizar la producción de carne y reproducción en el rodeo. [2]

El consumo de alimentos es directamente proporcional al consumo de agua. En la medida que no se disponga de la calidad y cantidad de agua suficiente se limitará el consumo de materia seca (de los alimentos) y se puede dañar seriamente la salud de los animales [3]. El agua constituye la mayor parte del peso de los vegetales y animales y es indispensable para la vida. Las funciones orgánicas del agua son múltiples: digestión, absorción y metabolismo, transporte de nutrientes y otras sustancias entre tejidos, eliminación de productos de desecho, ambiente fluido para el feto, producción de leche, regulación de la temperatura corporal, entre otros. Los animales utilizan el agua para su nutrición y crecimiento, y la obtienen de tres fuentes: la contenida en el alimento, la que se produce durante el proceso de asimilación de los mismos y el agua de bebida.

Una vez definido el sistema ganadero, es fundamental conocer la cantidad de agua que tomarán los animales en el momento más crítico para poder adecuar el sistema de abrevadero. Los requerimientos netos de agua de un animal están dados por la cantidad de agua necesaria para mantener el balance corporal. Las mismas equivalen a la suma de las pérdidas de agua en heces y orina, pérdidas evaporativas para disipación del calor, más el

agua retenida en el cuerpo en tejidos para crecimiento y preñez, así como la secretada en leche. Estas cantidades no son fijas, sino que varían en función de numerosos factores.

Los factores que afectan los requerimientos de agua (consumo potencial) pueden ser agrupados en tres tipos principales:

- Relativos al ambiente: temperatura ambiente, variación diaria de temperatura, humedad relativa, precipitaciones y viento. La temperatura es el factor más importante. En el verano siempre hay un mayor consumo, pero también hay mayor evaporación en represas o estanques lo que debe tenerse muy en cuenta al considerar los requerimientos de reserva. A medida que la temperatura del ambiente se eleva los animales mantienen su temperatura corporal constante, disipando el calor en exceso a través de la transpiración y evaporación pulmonar. La tasa respiratoria aumenta, y junto con ésta aumentan las necesidades de agua. Las demandas serán máximas en condiciones de elevada temperatura y clima seco. El acceso a sombra en épocas de temperatura elevada mejora la eficiencia de utilización del agua para bebida y el bienestar animal.

- Relativos a la dieta: principalmente el contenido de humedad, nitrógeno, fibra y sal del alimento. Como regla general todos los forrajes secos y/o concentrados demandan mayor cantidad de agua, que los forrajes verdes. Existe una relación directa entre el consumo de materia seca (MS) y los requerimientos de agua. Animales con elevado consumo de MS demandan mayor cantidad de agua. Como contraparte, una restricción en la oferta de agua ocasiona una reducción en el consumo de MS, afectando indirectamente el nivel de producción esperado. Igualmente, un aumento en la concentración de materia seca en la dieta, así como de proteína, fibra o sal, incrementan marcadamente los requerimientos de agua. El tipo de alimento ofrecido (concentrado, heno, ensilaje, forraje fresco) puede modificar los requerimientos de agua. Como ejemplo general podemos decir que cada 100 kilos de alimento ofrecido; los henos y los concentrados aportan 10 litros de agua solamente, los silos 70 litros, y las pasturas 80 litros.

- Relativos al animal: peso vivo, estado fisiológico, nivel productivo, consumo diario de materia seca. Al momento de pensar en intensificar el sistema de producción, ya sea mejorando el existente o por el ingreso de categorías más demandantes, como la invernada, el primer recurso a dimensionar es el agua; de otra forma la eficiencia en el uso de los otros recursos del sistema será menor. Un bovino adulto consume entre un 8-10% de su peso en agua. Una vaca lechera puede consumir entre 38 y 110 litros de agua por día (l/d) y un bovino para carne de 26 a 70 l/d. Las hembras preñadas consumen más agua que las vacías, y las lactantes más que las secas. Para dimensionar nuestras aguadas, deberemos entonces,

determinar en primer lugar el consumo potencial del total de los animales para el período de máximo requerimiento [4].

En la Tabla 1 se puede observar la demanda de agua por parte de los bovinos según su categoría en un establecimiento de producción extensiva, para el verano.

Tabla 1. Estimación de la demanda de agua en un establecimiento de producción extensiva, para el verano. Fuente: [4].

| Categoría           | l/animal/día |
|---------------------|--------------|
| Vacas               | 70           |
| Vaquillonas 1° cría | 55           |
| Vaquillonas         | 35           |
| Terberos/as         | 25           |
| Novillos            | 35           |
| Novillos 2-3        | 55           |

## Fundamentación científico técnica

De acuerdo con lo hasta aquí expuesto tanto de la situación problemática como de la forma de abordarla se hace a continuación una reseña conceptual de las disciplinas y metodologías utilizadas en este trabajo.

### Mecánica de fluidos:

Es la rama de la física comprendida dentro de la mecánica de medios continuos que estudia el movimiento de los fluidos, así como las fuerzas que lo provocan. La característica fundamental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes. También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita. [5]

### Energía

Una forma de definir la energía de un sistema, consiste en medir su capacidad para realizar un trabajo. La energía almacenada en un sistema adopta multitud de formas, entre ellas química, eléctrica, gravitacional o mecánica. [6]

### *Energía hidráulica*

La energía hidráulica es un tipo de energía que aprovecha el movimiento del agua. A veces también llamada energía hídrica, aprovechando la energía cinética y potencial de las corrientes.

### *Energía potencial*

La energía potencial gravitatoria se define como "la energía almacenada en un objeto debido a su altura sobre un nivel de referencia". Señalan que esta energía puede transformarse en energía cinética cuando el objeto cae. [6]

## **Máquinas hidráulicas**

Las maquinas hidráulicas se clasifican en máquinas de desplazamiento positivo y turbomáquinas. Para llevar a cabo este proyecto, las segundas son de nuestro interés.

Su principio de funcionamiento lo rige la ecuación general de las turbo-máquinas o la ecuación de Euler. El cambio cinemático que presenta el fluido al atravesar la máquina, ocasiona la transferencia de energía o juega un papel preponderante en esa transformación. El órgano encargado de esa transformación se denomina Rodete

Estas bombas no son autocebantes, por lo que se debe tener en cuenta que el punto de aspiración debe estar por debajo del nivel de superficie libre.

Para la instalación de una bomba se debe tener en cuenta el rendimiento de la misma, ya que estas tienen pérdidas en mayor o menor medida que pueden afectar a la hora de ponerlas en funcionamiento. Este, es obtenido mediante la curva de funcionamiento de la misma. Donde se tiene en cuenta distintos factores que condicionan el accionar de la máquina. [7]

## **Estudio Energético de un Sistema de Bombeo**

Para llevar a cabo un estudio energético, se emplea la ecuación de la energía, que es una extensión de la ecuación de Bernoulli. Esta ecuación establece que la energía por unidad de peso en un sistema es constante en cualquier punto de la línea de flujo. Sin embargo, se complementa al incluir la pérdida de energía por rozamiento y la energía aportada por la bomba dentro del sistema.

Las pérdidas de energía se dividen en dos categorías: **pérdidas mayores**, que son las causadas por el rozamiento en las tuberías, y **pérdidas menores**, que se deben a accesorios como válvulas, codos, reducciones, y las entradas y salidas de las tuberías.

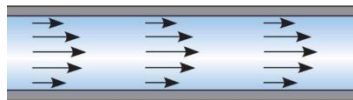
Las pérdidas en las tuberías dependen de un factor de fricción (f), que se define según el tipo de flujo (laminar o turbulento) según Reynolds y la rugosidad de la tubería. Este factor se obtiene tradicionalmente mediante el diagrama de Moody [5]. Aplicando esta ecuación de balance de energía, es posible determinar cuánta energía debe aportar la bomba al sistema para su correcto funcionamiento.

## Flujo del fluido.

Según el movimiento de las partículas del fluido se puede clasificar al mismo en dos tipos: laminar o turbulento.

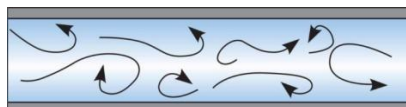
### *Flujo laminar*

Las partículas se desplazan siguiendo trayectorias paralelas, formando así en conjunto capas o láminas de ahí su nombre, el fluido se mueve sin que haya mezcla significativa de partículas de fluido vecinas. Este flujo se rige por la ley que relaciona la tensión cortante con la velocidad de deformación angular.



### *Flujo turbulento*

El movimiento de las partículas fluidas es desordenado y sus trayectorias se entrecruzan, formando pequeños remolinos aperiódicos. [8]



## Número de Reynolds:

Para poder determinar si un flujo es turbulento o laminar se utiliza la siguiente fórmula para encontrar el número de Reynolds:

$$Re = \frac{V \cdot D_i}{\nu}$$

Dónde:

V = Velocidad del fluido (m/s).

D<sub>i</sub> = Diámetro interno de la cañería (m).

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s).

Si Re < 2000            → Régimen laminar

Si 2000 < Re < 3200   → Régimen de transición

Si Re ≥ 3200           → Régimen turbulento

### Ecuación de la Energía

Aplicando la ecuación de Bernoulli a un fluido viscoso y teniendo en cuenta la energía aportada por la bomba y la extraída por la turbina, obtenemos la ecuación de la energía:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_B - J_{1-2} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Donde:

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> = Presión en el punto 1 y 2 respectivamente (Kg/m<sup>2</sup>).

Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> = Altura piezométrica respecto a un plano de referencia (m).

V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> = Velocidad media en el punto 1 y 2 respectivamente (m/s).

γ = Peso específico del fluido (Kg/m<sup>3</sup>).

J<sub>1-2</sub> = Pérdidas de carga entre el punto 1 y 2 (m).

H<sub>B</sub> = Energía que la bomba aporta al fluido (Kg.m/Kg). Son los kilográmetros de energía que transporta cada kg de fluido que circula.

g = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

## Topografía

Este proceso permitirá obtener el relevamiento de alturas piezométricas. Entre los instrumentos topográficos más comunes utilizados para este tipo de estudios destacan los **GPS**, basados en el posicionamiento satelital que permite determinar la posición con una alta precisión, y las **estaciones totales**, formadas por teodolitos electrónicos con distanciómetro que determinarán las coordenadas de los diferentes puntos mediante una relación de lecturas angulares y distancias.

## Ecuación de Darcy- Weisbach.

Es una ecuación empírica que relaciona la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería dada con la velocidad media del flujo del fluido.[8]

$$J = f \frac{(L + \sum L_i)}{D} \frac{v^2}{2g}$$

J = Pérdida de carga debido a la fricción [m]

F = factor de fricción

L= Longitud de la cañería [m]

L<sub>i</sub> = Longitud equivalente [m]

D = Diámetro interno de la tubería [m]

V= velocidad media del fluido [m/s]

## Sistema de bombeo de agua

El diseño de un sistema de bombeo requiere un análisis exhaustivo que incluya la evaluación de la demanda, la selección de equipos adecuados y la simulación del sistema para prever su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación. La planificación cuidadosa y el diseño integrado son clave para maximizar su eficacia y sostenibilidad.

Un sistema de bombeo es, en esencia, una mezcla de ingeniería y tecnología que juega un papel crucial en nuestra vida diaria. Al asegurar que el agua y otros líquidos fluyan donde se necesitan, los sistemas de bombeo facilitan nuestras actividades cotidianas. En

definitiva, son una parte fundamental de la infraestructura que nos permite vivir de manera más cómoda y eficiente.

Éste, se puede definir como un conjunto de componentes interrelacionados diseñados para mover líquidos de un punto a otro mediante la conversión de energía, generalmente en forma de energía mecánica, en energía hidráulica. Son esenciales para la gestión del agua en aplicaciones urbanas, agrícolas e industriales, donde se requiere la transferencia de fluidos a través de distancias variables y en condiciones específicas de presión y caudal.

Estos sistemas constan de distintos componentes:

- **Bomba:** Es el elemento principal que proporciona la energía necesaria para mover el fluido. Las bombas pueden clasificarse en dos tipos principales: centrífugas y de desplazamiento positivo, cada una con características únicas que determinan su aplicación en función de la naturaleza del fluido y las condiciones de operación.
- **Tuberías:** Forman el sistema de conducciones a través del cual el fluido es transportado. La selección y el diseño de estas es crítico para minimizar las pérdidas por fricción y garantizar un flujo eficiente, lo que a su vez impacta en la eficiencia del sistema de bombeo.
- **Accesorios:** Incluyen válvulas, codos, conexiones “T” y otros dispositivos que afectan el flujo y la presión del líquido. Los accesorios son fundamentales en el diseño de sistemas de bombeo, ya que pueden introducir pérdidas adicionales que deben ser consideradas durante el dimensionamiento del sistema.

El funcionamiento de un sistema de bombeo se basa en principios de dinámica de fluidos y la conservación de la energía. La energía que aporta la bomba se transforma en energía hidráulica, lo que permite que el fluido se mueva a través de la tubería. Es de suma importancia considerar las pérdidas de energía que ocurren debido a la fricción y a las características de los accesorios, lo que afecta directamente la eficiencia del sistema.

## El agua

“Las funciones de digestión, absorción, metabolismo, transporte, secreción, excreción, reproducción, lubricación de articulaciones, regulación de temperatura y producción láctea tienen como protagonista principal al agua.” [9]

El agua de bebida consta de cuatro factores: agua de buena calidad, cantidad suficiente, disponibilidad permanente y un sistema de suministro adecuado para que todos los

animales puedan beber rápido y sin dificultades el agua necesaria para desarrollar su producción. Cuanta más agua beben los animales, más alimento consumen, lo que conduce a una mayor ganancia diaria de peso o mayor producción de leche. Se debe tener en cuenta que los animales tienen distintas formas de obtención del agua:

Agua abrevada voluntariamente, Agua libre o presente en los alimentos, Agua de oxidación metabólica de los alimentos entre otras, pero la de mayor importancia debido al volumen y a la que más efecto tiene en la producción es la abrevada voluntariamente, he ahí la importancia de este proyecto. [1]

Es requerido un diseño que garantice la provisión de agua para abastecer con seguridad la capacidad de al menos 70 litros por animal por día en verano, y la mitad de ese volumen en invierno, para animales grandes (vacas o novillos en terminación). Frecuentemente se utiliza como referencia el valor de 7 litros por cada 50 kg de peso vivo. [10].

En el campo se realizó el relevamiento de información a fin de diagnosticar la situación presente del establecimiento (tipo, cantidad de hacienda y consumo de agua diario). Este proyecto se lleva a cabo con el fin de abastecer el consumo de agua en cantidad y calidad, así como también de la importancia de la ubicación de los bebederos evitando las mencionadas situaciones de estrés que provocan los cambios de potrero, largos arrees, ambiente sucio, instalaciones precarias donde el animal no tiene acceso al agua, entre otros. Una estratégica ubicación de bebederos mejora notablemente la calidad de vida de los animales, ya que, de esta manera, tienen acceso al agua a toda hora, se evita la acumulación de bosteo, cesan los arrees diarios para dar de beber, etc. En cuanto a calidad del agua, ésta es considerada desde los puntos de vista de la composición físico – química y en relación a la cantidad, se calcula en base al consumo esperado en verano, es decir la situación más desfavorable, estimándose unos 70 litros diarios de agua por animal.

### **Valorización económica del proyecto**

Es el proceso de estimar el valor monetario de un proyecto o inversión, teniendo en cuenta todos los costos y beneficios asociados a su implementación para ayudar a los inversores y a la dirección a decidir si proceder, modificar o abandonar el proyecto. La valorización económica es esencial para asegurar que los recursos se utilicen de manera eficiente.

En el documento se detallan los costos estimados necesarios para llevar a cabo todas las actividades y componentes del proyecto. Un presupuesto bien elaborado es fundamental

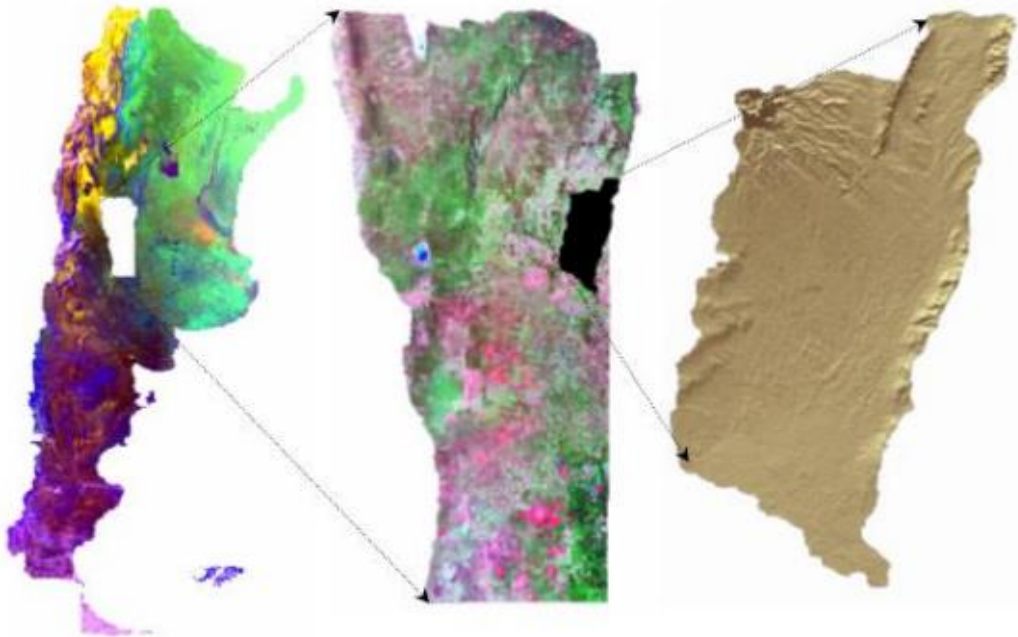
para el éxito de cualquier proyecto, ya que permite una gestión eficiente de los recursos y ayuda a evitar sobrecostos.

# **CAPÍTULO 3**

## **ANÁLISIS Y DESARROLLO**

## Estudio de caso

La propiedad en la cual se lleva a cabo el presente trabajo se denomina “La María”, se localiza en el Departamento General Pedernera (provincia de San Luis) y corresponde a la cuenca hidrográfica de “El Morro” (subcuenca “Río Nuevo”), integradora del sistema hidrológico río Quinto, el principal recurso hídrico de la región. La misma se extiende desde La Sierra de “El Morro” al norte, la ruta provincial N° 1 al este, la Autopista N° 55 (ex 148) y la rívera noreste del río Quinto y se encuentra comprendido entre los 65° 31' 13" de Longitud Oeste; 33° 49' 06" de Latitud sur y los 65° 02' 36" Longitud Oeste; 33° 02' 37" de latitud sur. Figura 1, fuente [11].



*Figura 1. Localización relativa del área de estudio. Fuente: [11]*

## Establecimiento “La María”

El establecimiento consta de 480 hectáreas (Figura 2) y cuenta con una producción de ciclo completo de ganadería, este tiene 240 animales, los cuales son separados por etapas. El campo se encuentra dividido en lotes de diferentes pasturas para el engorde de los animales.



Figura 2. Localización del establecimiento en la cuenca.

El rodeo de cría consiste en el conjunto de vacas (hembras adultas que ya han tenido cría por lo menos una vez) toros, terneros/as desde el nacimiento hasta el destete y vaquillonas de reposición (hembras de aproximadamente un año de edad hasta la primera parición) que integran el plantel reproductivo. La alimentación de este rodeo es en base a pastizal natural, pasto llorón y rastrojos de maíz con suplementación y el agua la abastece el molino en funcionamiento y puntos de acceso al Río Nuevo.

A partir del destete los terneros machos y las hembras que no formarán parte de la reposición junto con terneros de destete comprados en otros establecimientos entrarán en un circuito de engorde cuya finalidad será la faena con un peso estimado en 380 kg. netos. Para esta categoría se realizará la obra de distribución de agua.

Los lotes afectados a este proyecto, forman parte del sistema de recria. En los mismos se plantean siembras de alfalfa (Figura N°3, lote N°1 y 2) y verdeos de invierno, según un esquema de rotación planificado. El mismo será de aproximadamente cuatro años de alfalfa y uno o dos años de verdeos de invierno (centeno o triticale).

Los lotes afectados tienen una superficie total de 62 ha. Se realizarán 9 parcelas de 5,5 ha cada una.

El esquema de rotación será de 4-5 días de uso de cada parcela y 32-40 días de descanso, para el caso del pastoreo de alfalfa.

Habr  un lote de 12 ha (Figura N 3, lote N 3) afectado con pastoreo de verdeo de invierno, el cual formar  parte de un esquema de rotación de verdeos de invierno que incluye lotes no afectados al proyecto. Dicho lote de 12 ha se separar  en dos parcelas de 6 ha cada una, que tendrán una utilización de 5-7 días de uso y 50-70 días de descanso.

A continuación, se especifican los lotes abarcados por el proyecto con sus respectivas divisiones mencionadas anteriormente.



Figura 3. Delimitación del área del proyecto.

La división se realiza de esa manera para que los animales, en el caso de temperaturas extremas en el verano cuenten con un lugar para protegerse. Esto se aclara debido a que a simple vista podríamos pensar que una división más eficiente (en cuanto a la distancia recorrida por las tuberías) sería de norte a sur, reduciendo así notablemente los metros de tubería, pero de esta manera los animales no tendrían zona de refugio como se ofrece en la distribución de este a oeste. Asimismo, no se elige una ubicación en el centro de los lotes 1 y 2, que sería más beneficiosa ya que se encontrarían a mayor desnivel debido a que se compartir  con el lote colindante.

## Acuífero y perforación

Un acuífero es el sistema formado por las rocas fracturadas o los sedimentos (arenas, gravas, limos) y el agua que se almacena y llena completamente las fracturas o poros. Existen diversos tipos de acuíferos (Figura 4), aquí nos referiremos a los acuíferos freáticos.

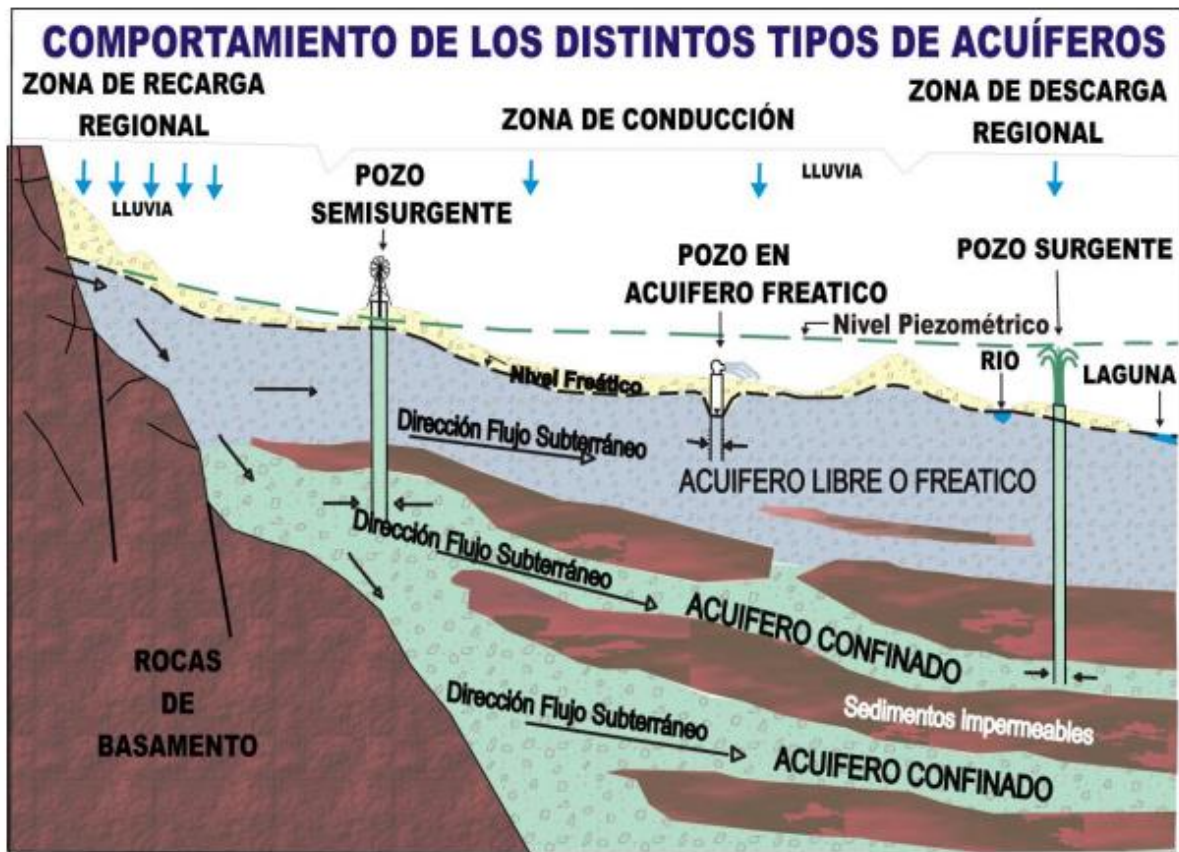


Figura 4. Esquema de los diferentes tipos de acuíferos. Fuente: [12].

Los acuíferos freáticos son los más cercanos a la superficie y el agua se mueve debido a la fuerza de la gravedad. La base del acuífero es una capa de material impermeable (arcillas, rocas), que puede ubicarse a distinta profundidad. El nivel superior es el nivel freático (altura que alcanza el agua en el acuífero) el que se encuentra sometido a la presión atmosférica y asciende o desciende en respuesta a los cambios de infiltración del agua de lluvia o por bombeo durante una extracción de agua. Cuando se bombea un acuífero freático, se extrae el agua que almacenada en el mismo está sometida a la fuerza de la gravedad (agua grávida). En este momento, el nivel de los diferentes tipos de acuíferos desciende, generándose un gradiente hidráulico que origina un flujo de agua hacia el pozo. Se forma lo que se llama cono de depresión (Figura 5), con forma de embudo cuyo centro es el propio pozo, quedando secos (sin agua grávida) los sedimentos contenidos en él. [12]



Figura 5. Funcionamiento de un acuífero freático durante el bombeo. Fuente: [12].

El procedimiento para realizar una perforación comienza con el traslado e instalación de la maquinaria en la zona de trabajo, asegurando que todos los equipos estén correctamente ubicados y listos para iniciar las actividades.



Figura 6. Comienzo de la perforación.

Una vez preparado el Trépano, se procede a la ejecución del circuito para la recirculación de bentonita, proceso clave ya que se utiliza para formar lodo de perforación o lodo bentónico, que cumple varias funciones esenciales durante la perforación como

lubricación para las brocas, estabilización de las paredes del pozo para que estas no se derrumben, etc.



Figura 7. Proceso de recirculación de Bentonita.

A continuación, se lleva a cabo la perforación exploratoria del terreno, lo que incluye la toma de muestras representativas de los diferentes tipos de suelo que se encontrarán a lo largo del proceso. Estas muestras son cruciales para analizar las características geológicas y planificar las siguientes fases de manera adecuada. En la figura 8 se detalla el perfil geológico de la perforación provista por el perforista.

## Zona: Juan Jorba

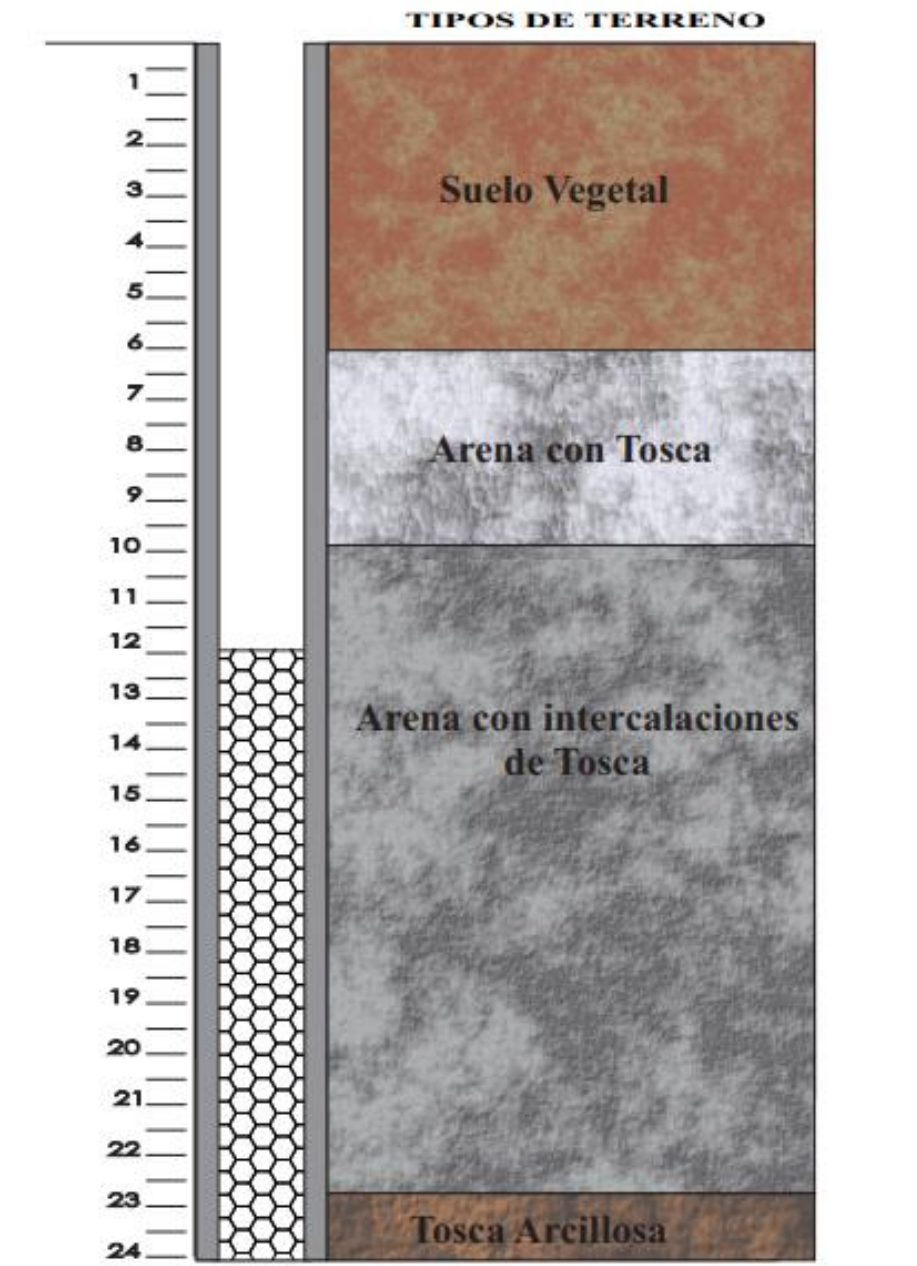


Figura 8. Perfil geológico de la perforación.

Una vez obtenidas las muestras, se prepara la cañería que se utilizará en el entubado, lo que implica asegurar que todos los materiales sean los correctos y que estén listos para su instalación en el pozo. El siguiente paso es realizar el entubado de la perforación, una actividad que requiere precisión para asegurar que la estructura del pozo se mantenga estable y segura.

Luego, se realiza el lavado y gravado de la perforación para eliminar cualquier residuo y asegurar que el pozo esté completamente limpio y libre de obstrucciones. Con el pozo ya

preparado, se lleva a cabo una prueba hidráulica utilizando una bomba propia de la empresa que lleva a cabo el procedimiento lo que permite verificar la funcionalidad del pozo y asegurarse de que la estructura resista la presión sin problemas.

Finalmente, se coloca la bomba definitiva, la cual debe estar completamente ensamblada y equipada con todos los materiales necesarios para garantizar su buen funcionamiento a largo plazo.



Figura 9. Colocación de bomba sumergible.

El tiempo estimado para completar todos estos procedimientos es de aproximadamente tres días, siempre y cuando las condiciones climáticas y otros factores externos no interfieran con el desarrollo de las actividades.

La bomba se colocó a 18 m de profundidad.

La perforación se realizó a 25 metros de la casa, debido a la proximidad para la instalación eléctrica, así como para la alimentación de la misma.



Figura 10. Ubicación de la perforación (Google earth, 2023). Localización: Latitud  $33^{\circ}30'15,63''S$ , Longitud  $65^{\circ}21'14,43''O$ .

Se planificó una conexión para alimentar la casa y a su vez el tanque australiano, por lo que el recorrido de las tuberías se propone de la siguiente manera:



Figura 11. Recorrido de la cañería desde la bomba hacia el tanque.

Donde la distancia de la perforación al tanque dada por la disposición de las tuberías es de 87m, las que se colocaron según se observa en la Figura 11 para evitar el pisoteo constante de las mismas lo que ocasionaría una disminución de la vida útil.

## Estudio topográfico

El objetivo principal de este estudio topográfico es obtener información precisa sobre las características del terreno en el área que abarca el proyecto. La metodología empleada en este estudio será el uso de una estación total, la cual permite la obtención de datos tridimensionales de alta precisión sobre las coordenadas de puntos específicos en el terreno, tanto en términos de elevación (altitud) como de ubicación horizontal (distanciómetro). Una vez obtenida dicha información se calculan las pendientes para verificar la ubicación de los bebederos que se recargan por gravedad.

El instrumental utilizado para realizar el relevamiento fue un GPS geodésico doble frecuencia RTK, marco South modelo New G1 que combina las funciones de un teodolito (para medir ángulos) y un distanciómetro (para medir distancias) denominado también Estación Total. La medición se hizo con corrección a tiempo real, estableciendo una tolerancia

instrumental de 0.05m en Vertical y en Horizontal. El tiempo de toma de datos para determinar cada vector fue de 10 segundos. Se adjuntan datos del equipo en Anexo 1.

Se comienza instalando la base para referencia de los demás puntos, este lugar se elige estratégicamente para que la señal del equipo llegue a los diferentes lugares donde se realizaran las mediciones. (Figura 12).



Figura 12. Instalación de la base de estación total.

Una vez instalada la estación total, se comenzó con la medición de los puntos donde irán colocados los bebederos. Esto se lleva a cabo con el prisma, conocido como objetivo (target) que al ubicarse sobre un punto desconocido y ser observado por la Estación Total

capta el laser y hace que rebote de regreso hacia el aparato, este se encuentra unido a un bastón porta prisma (bastón metálico con altura ajustable, sobre el que se coloca el prisma) que posee un nivel circular para ubicarlo con precisión sobre un punto en el terreno. Una vez colocado el prisma en la posición correcta (Figura 13), con el controlador (Figura 14) se procede a tomar la medida y esta a su vez la guarda en un centro de datos junto con las demás mediciones.

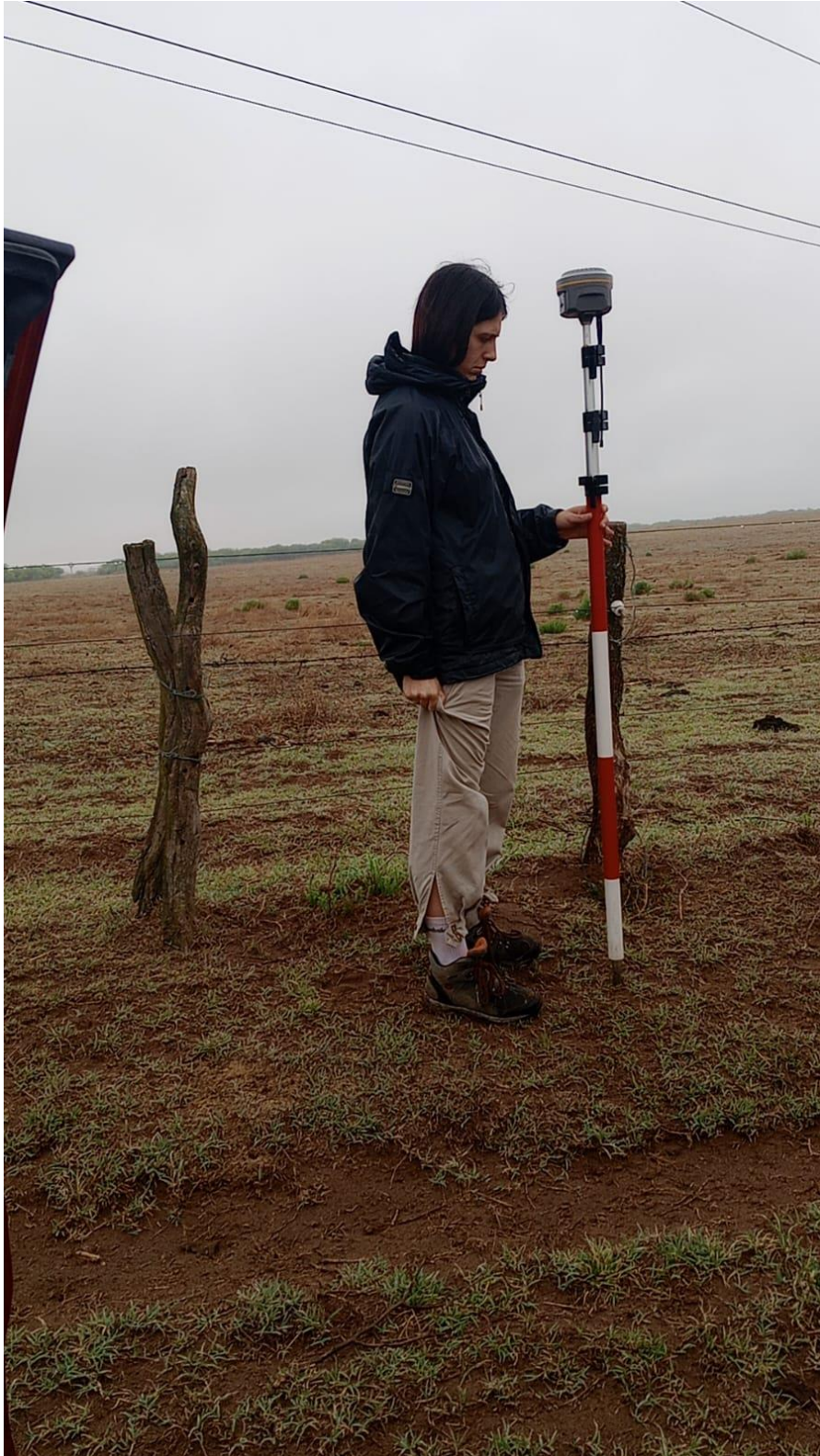


Figura 13. Medición de altura en bebederos.



Figura 14. Datos técnicos en "Target".

La Tabla 2 muestra las mediciones de altura se realizaron en los puntos donde se instalarán los bebederos.

Tabla 2. Altura en msnm ubicación de los bebederos.

| Punto de referencia | Altura msnm | Distancia desde el punto de 1 (Tanque) | $\Delta h$ con punto 1 como referencia |
|---------------------|-------------|--|--|
| Tanque              | 608,21      | 0                                      | 0 m                                    |
| Bebedero 1          | 605,13      | 150                                    | 3,08 m                                 |
| Bebedero 2          | 605,46      | 290                                    | 2,75 m                                 |
| Bebedero 3          | 601,41      | 580                                    | 6,8 m                                  |
| Bebedero 4          | 597,01      | 870                                    | 11,2 m                                 |
| Bebedero 5          | 593,12      | 1170                                   | 15,09 m                                |
| Bebedero 6          | 604,49      | 320                                    | 3,72                                   |

## Calidad del agua

De acuerdo a los valores propuestos por Bavera (2011) (Tabla 3) para la clasificación de agua de bebida según su salinidad. [1]

Tabla 3. Clasificación de las aguas para bebida de bovinos según su salinidad. Fuente [1].

| Para         |                       |                                       |                    | Sales<br>totales<br>g/l | Cloruro<br>(de<br>sodio)<br>g/l | Sulfato<br>g/l | Magnesio<br>g/l |
|--------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|
| Cría         | Invernada<br>pastoril | Tambo bovino<br>y engorde a<br>corral |                    |                         |                                 |                |                 |
| Deficiente   | Deficiente            | Deficiente                            | Menos de           | 1                       | ---                             | ---            | ---             |
| Muy buena    | Muy buena             | Muy buena                             | Más de             | 1                       | 0,6                             | 0,5            | 0,2             |
| Muy buena    | Muy buena             | Buena                                 | Hasta alrededor de | 2                       | 1,2                             | 1              | 0,25            |
| Buena        | Aceptable             | Aceptable                             | Hasta alrededor de | 4                       | 2,4                             | 1,5            | 0,3             |
| Aceptable    | Mala                  | Mala                                  | Hasta alrededor de | 7                       | 4,2                             | 2,5            | 0,4             |
| Mala         | ---                   | ---                                   | Hasta alrededor de | 11                      | 6,6                             | 4              | 0,5             |
| Condicionada | ---                   | ---                                   | Hasta alrededor de | 13                      | 10                              | 7              | 0,6             |

Donde:

**Deficiente:** Por su bajo contenido salino estas aguas no contribuyen con minerales a la dieta animal, presentando estos síntomas de pica y/o hambre de sal. El problema es menos grave, pues se soluciona administrando permanentemente una suplementación dietética mineral completa ad libitum.

**Muy buena:** esta agua contiene sales en cantidad adecuada para cubrir las necesidades minerales que las pasturas no brindan. La producción se favorece con este tipo de agua.

**Buena:** Su contenido salino supera las necesidades del animal, pero sin acarrearle problemas, pues elimina eficientemente el sobrante. En algunos casos puede ser engordadora.

**Aceptable:** Puede causar diarreas animales no acostumbrados a la misma y disminución en la producción. En animales acostumbrados no siempre se correlaciona la condición corporal de los animales con las pasturas que consumen.

**Mala:** Podrá emplearse en animales acostumbrados, con suma precaución y en ciertas épocas y pasturas. Disminuye marcadamente la producción y puede producir mortandades. Hay un bajo aprovechamiento de los forrajes y el estado de la hacienda es generalmente malo.

Condicionada: Debe emplearse por poco tiempo, cuando no se encuentra otra fuente de agua y con grandes precauciones. Produce diarreas intensas y mortandades. No hay producción. [1].

Se realizaron dos tomas de muestra en la perforación. Una el día 20 de agosto (invierno) y otra el 18 de noviembre (primavera). Los resultados se adjuntan en Anexo II.

De acuerdo a la Clasificación detallada en Tabla 3, se puede considerar el agua como Buena para invernada. Se observa como es natural una leve dilución en las sales relacionada con el inicio de la primavera, debido a las lluvias de temporada. Si bien el contenido de sulfatos se encuentra dentro de valores aceptables se deben mantener control mediante análisis semestrales a fin de tomar medidas al respecto y evitar problemas gastrointestinales con el consiguiente deterioro y pérdida de peso en el ganado.

## Desarrollo del Proyecto

El proyecto consta de dos etapas, la primera, instalación de la perforación, bomba y descarga al tanque, la segunda, el diseño del sistema de tuberías desde el reservorio hasta los bebederos. Lo que conlleva a realizar los cálculos de manera separada. En el gráfico podemos ver diferenciadas las dos etapas por color.



Figura 15. Primera etapa (trazo azul) y segunda etapa (Trazo blanco). Elaboración propia sobre imagen Google Earth 2023.

## Perforación – Tanque.

Para el dimensionamiento de la bomba de la nueva perforación, tanque australiano, y demás partes del sistema, se tiene en cuenta la distancia, las diferencias de altura y se debe calcular consumo de agua diario de los animales.



Figura 16. Recorrido de la cañería, tramo P-B.

Según consta en el informe de la empresa perforista el nivel estático del acuífero se encuentra a una profundidad de 12 metros, el nivel dinámico se encuentra a 16 metros por lo que la bomba se colocara a 18 metros de profundidad.

La parte abastecida por la nueva perforación debe proveer agua a 200 animales, de distintas categorías. El consumo de estos varía dependiendo el tamaño, para el cálculo hace para el caso más desfavorable, es decir el consumo en verano, como se señaló anteriormente, se consideran 70 litros diarios por animal:

$$\text{Consumo de agua diario} = 70 \text{ litros} \times 200 \text{ animales}$$

$$\text{Consumo de agua diario} = 14.000 \text{ l}$$

El establecimiento cuenta con un tanque tipo australiano de 10m de diámetro y 1m de altura, datos con los que podemos calcular el volumen. Dejando una capacidad útil de 95.000 litros aproximadamente, por lo que este, sin abastecimiento tendría una independencia de 6 días en caso de algún inconveniente por el cual no pudieran recargarlo.

Como punto de partida se plantea que la bomba trabaje entre 3-5 horas diarias. La bomba que fue colocada tiene un caudal de 5000 litros/hora por lo que trabajando 3 horas diarias, alcanza para cubrir lo abastecido a los bebederos. El caudal quedaría de la siguiente manera:

$$v = 5000 \frac{l}{h} \times 3 \frac{h \cdot m^3}{1000 l} = 15 [m^3]$$

$$Q = \frac{v [m^3]}{t [s]} = \frac{15 [m^3]}{10.800 [s]} = 0,00138 \frac{[m^3]}{[s]}$$

Una vez definido el caudal, se propone una velocidad inicial.

Se adopta una velocidad de circulación del fluido para el agua entre  $0,7 < v < 4,5$  m/s ya que se ha está comprobado experimentalmente que una velocidad mayor provocaría más movimiento del fluido y mucho ruido, lo cual no es conveniente. Teniendo en cuenta eso, se adopta una velocidad de:

$$v = 2,5 \frac{m}{s}$$

Calculada la velocidad, se procede a hacer un **precálculo del diámetro** interno de la tubería:

$$Di = \sqrt{\frac{4 \times 0,00138 \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\pi \times 2,5 \left[ \frac{m}{s} \right]}} = 0,0265 [m] = 26,5 [mm]$$

Establecido el **diámetro interior necesario**, se selecciona un **diámetro comercial** de la tubería, manguera de polietileno de baja densidad, adoptando el diámetro interior del mismo.

| TUBO IPS AGRO   |      | Artículo        | Medidas Ø (pulg)     |
|---|------|-----------------|----------------------|
|  |      | 3071            | 1/2 x 100 m (K6)     |
|   |      | 3072            | 3/4 x 100 m (K4)     |
|   |      | 3073            | 1 x 100 m (K4)       |
|   |      | 3074            | 1 1/4 x 100 m (K2.5) |
|   |      | 3075            | 1 1/2 x 100 m (K2.5) |
|   |      | 3076            | 2 x 100 m (K2.5)     |
|   |      | 3077            | 2 1/2 x 50 m (K2.5)  |
|   |      | 3051            | 1/2 x 20 m (K6)      |
|   | 3052 | 3/4 x 20 m (K4) |                      |

Figura 17. Catálogo de tuberías.

$$\varnothing = 1^{1/4}'' = 0,0317 \text{ m}$$

La letra K en los caños de polietileno indica la resistencia a la presión. En este caso K=2.5 equivale a 2,5 Bar o 2,5 Kg/cm<sup>2</sup>; o una columna de agua a 25 metros de altura siendo suficiente para soportar la presión en este uso.

Con el diámetro obtenido por tabla, se recalcula la velocidad a la que circula el fluido

$$V = \frac{4 \times 0,00138 \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\pi \times (0,0317[m])^2} = 1,74 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Se calcula el **número de Reynolds** teniendo en cuenta la viscosidad cinemática del agua a 15°C,  $\mu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$$Re = \frac{1,74 \left[ \frac{m}{s} \right] \times 0,0317[m]}{1 \times 10^{-6} \left[ \frac{m^2}{s} \right]} = 5,5158 \times 10^4$$

Una vez obtenido el número de Reynolds, procedemos a calcular la rugosidad relativa para obtener el coeficiente de fricción de las cañerías.

### Rugosidad relativa

La rugosidad relativa se define como la relación entre la rugosidad absoluta del material que se está utilizando y el diámetro de la cañería.

Se adopta una rugosidad absoluta, denominada con la letra  $k$  y en este caso, corresponde a un caño de polietileno:

$$k = 0,0015 \text{ mm}$$

$$K = \frac{k}{D_i} = \frac{0.0015 \text{ mm}}{0.0317 \text{ m}} = \frac{1,5 \times 10^{-6} \text{ m}}{0.0317 \text{ m}} = 4,73 \times 10^{-5}$$

Con la rugosidad relativa y el número de Reynolds, se obtiene el coeficiente de fricción mediante el diagrama de Moody

### Diagrama de Moody

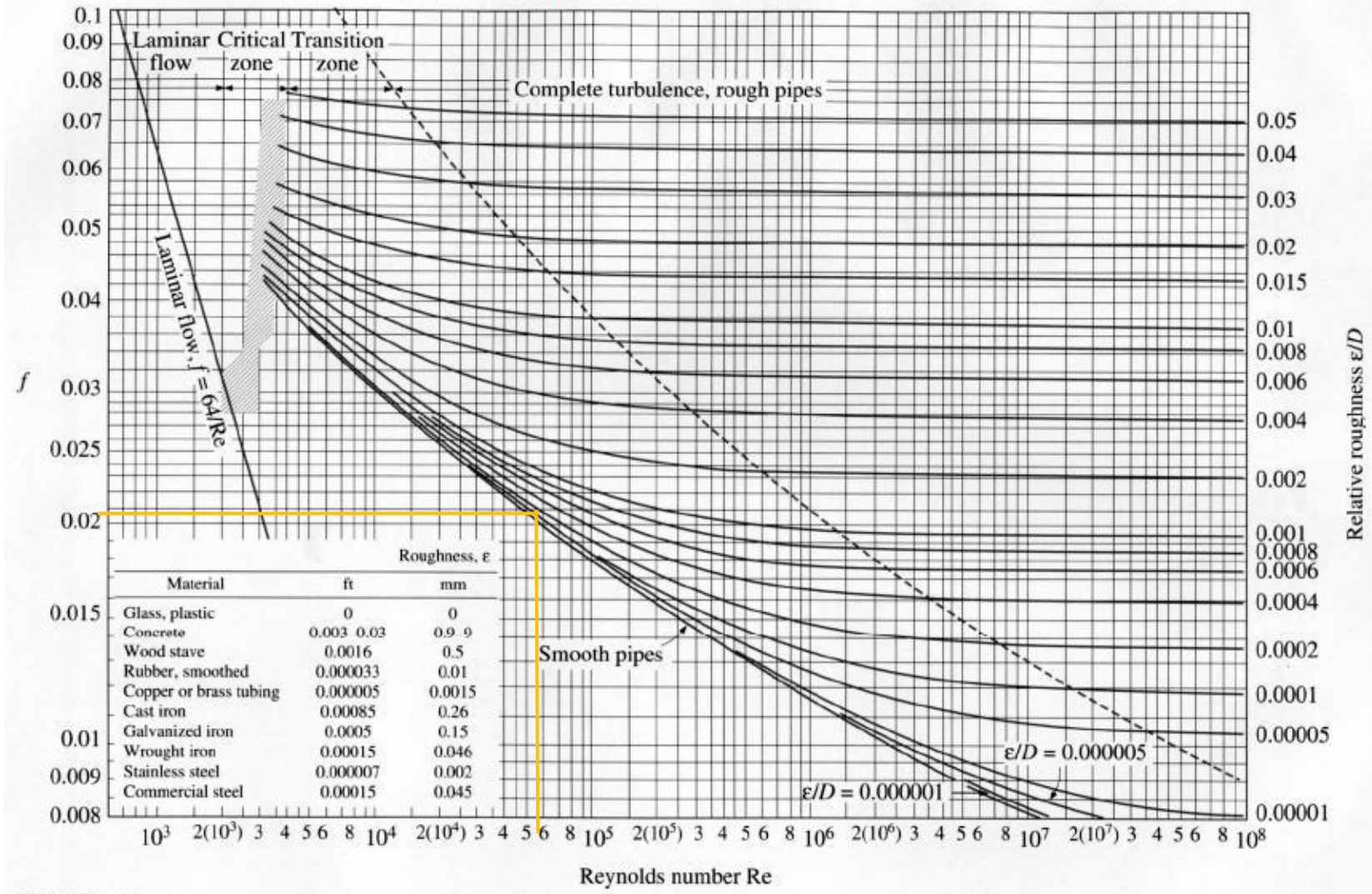


Ilustración 1. Diagrama de Moody.

$$f = 0,021$$

Con la ecuación de Darcy- Weisbach se calcula el total de perdida de carga debido al recorrido de la tubería más los accesorios.

Tabla 4. Pérdida de carga en tramo B-T.

| Perforación – tanque.                   |          |                         |                         |
|---|----------|-------------------------|-------------------------|
| Accesorios                              | Cantidad | Longitud equivalente(m) | Longitud equi Total (m) |
| Codo 90°                                | 1        | 1,68                    | 1,68                    |
| “Te”                                    | 1        | 3,66                    | 3,66                    |
| Reducción 1 <sup>1/4</sup> ” a 1”       | 1        | 1,35                    | 1,35                    |
| Conexión tanque 1 <sup>1/4</sup> ” a 2” | 1        | 0,55                    | 0,55                    |
| <b>Total (m)</b>                        | -        | -                       | <b>7,24</b>             |

$$J_{p-t} = 0,021 \times \frac{105 + 7,24[m]}{0,0317[m]} \times \left( \frac{\left(1,28 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 \times 9,81 \left[\frac{m}{s^2}\right]} \right) = 6,21 [m]$$

**Aplicamos la ecuación de la energía** entre la perforación y el tanque para determinar la necesidad de energía que debe contener el fluido para llegar al reservorio, donde las velocidades se consideran despreciables. Las presiones 1 y 2, al ser un acuífero libre y un tanque abierto, son igual a la presión atmosférica y por último, H<sub>B</sub> es el dato que nos interesa obtener para verificar que la bomba cumple con los requisitos. Una vez reducida la ecuación, despejamos H<sub>B</sub>.

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + Z_1 + H_B - J_{i-n} = \cancel{\frac{P_2}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_2^2}{2g}} + Z_2$$

Por lo que la ecuación resulta:

$$H_B = Z_2 - Z_1 + J_{i-n}$$

Donde Z<sub>1</sub>=0 (Nivel de referencia), Z<sub>2</sub>, se toma en el caso más desfavorable, que sería cuando el tanque está lleno. Por otro lado, la bomba se encuentra instalada a 18m de profundidad, siendo 16m el nivel dinámico y 14m de profundidad el nivel

estático del acuífero, por lo que se cuenta con 2m a favor, quedando los cálculos de la siguiente manera:

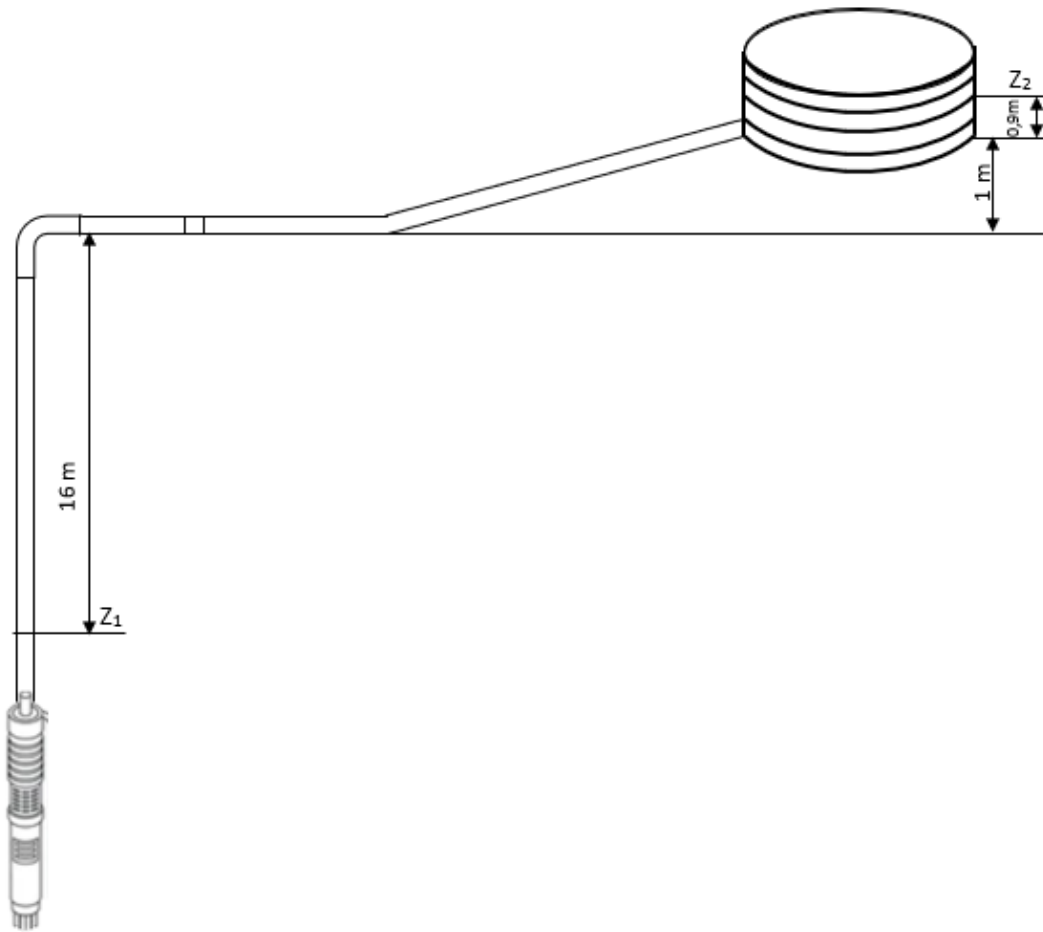


Figura 18. Diferencia de altura entre bomba y reservorio.

$$Z_2 = 17 [m] + 0,9 [m] = 17,9 [m]$$

$$H_B = J_{1-2} + Z_2 - Z_1 = 6,21 [m] + 17,9 [m] = 24,11[m]$$

$$H_B = 24,11 [Kg.m/Kg]$$

Son los kilográmetros de energía que transporta cada kg de fluido que circula.

El rendimiento de la bomba centrífuga se encuentra entre:  $45\% < \eta_B < 65\%$

Según la relación caudal - altura manométrica el rendimiento de la bomba es de es de

$$\eta_B = 50\% = 0,50$$

$$N_m = \frac{\gamma \times Q \times H_b}{75 \times \eta_B} = \frac{998 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] \times 0,00138 \left[ \frac{m^3}{s} \right] \times 24,11[m]}{75 \times 0,50} = 0,88[CV] \times 0,986$$

$$N_m = 0,867 [HP]$$

Con los datos  $Q=5 \text{ m}^3/\text{h}$  ;  $H_b=24,11\text{m}$  ; el  $N_m= 0,867 \text{ HP}$

Podemos corroborar si la elección de la bomba por parte de la empresa perforista satisface lo requerido anteriormente.

La bomba es “ES” serie FN 54 (4”), que tiene una altura manométrica de 320m, y un caudal máximo de  $28 \text{ m}^3/\text{h}$ . Comparando con los respectivos valores, la bomba supera las necesidades del establecimiento. Se aclara que fue elegida por el propietario en función de futuras ampliaciones del sistema de bombeo en el campo.

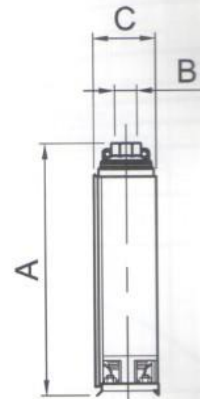
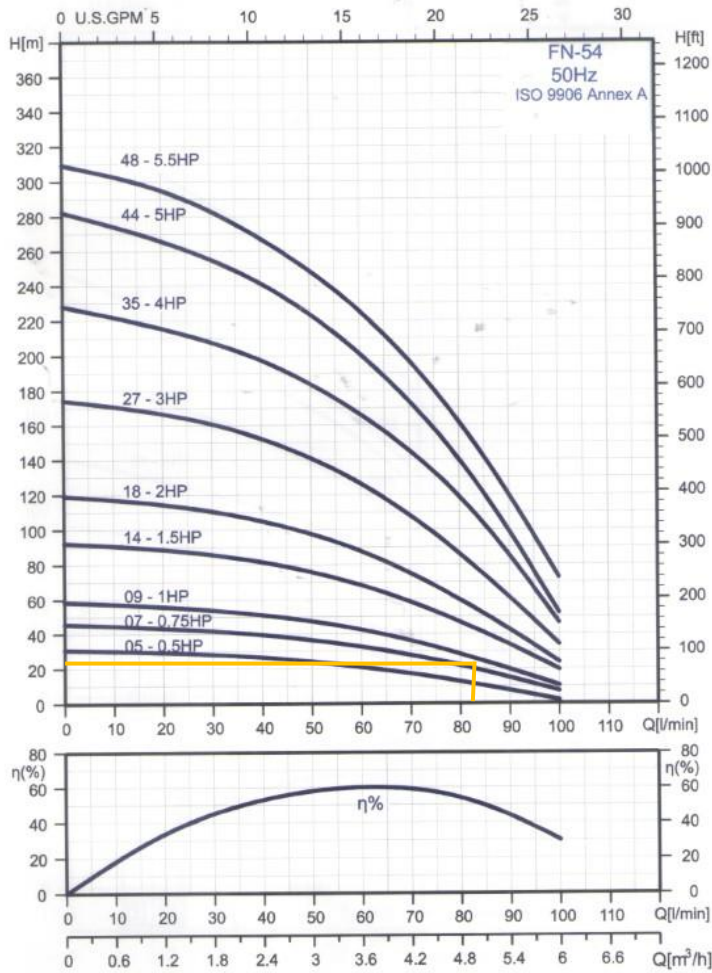
En la figura 19 vemos la curva de rendimiento y la selección del motor en base a la potencia consumida por el mismo. En donde se detalla la bomba necesaria acorde a los cálculos realizados.

$$Q = 83,33 \text{ l}/\text{min} \quad H_B = 24,11 \text{ m}$$

En el anexo III se encuentran las especificaciones de la bomba.

# FN-54

# 4"



| PUMP TYPE |        | STAGES | MOTOR P <sub>2</sub> |     | Q=DELIVERY             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      | Dimensions and Weights |                |   |
|-----------|--------|--------|----------------------|-----|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|------|------------------------|----------------|---|
| PUMP TYPE | STAGES |        | KW                   | HP  | H=TOTAL HEAD IN METERS |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      | Net Weight             | Dimensions(mm) |   |
|           |        | l/min  |                      |     | 0                      | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90 | 100  | 120  |                        | A              | B |
| FN-5405   | 5      | 0.37   | 0.5                  | 33  | 29                     | 28  | 27  | 26  | 25  | 24  | 21  | 18  | 13  | 8   | 3  | 2.7  | 257  | 96                     |                |   |
| FN-5407   | 7      | 0.55   | 0.75                 | 46  | 43                     | 42  | 41  | 39  | 38  | 36  | 33  | 28  | 22  | 15  | 7  | 3.0  | 301  | 96                     |                |   |
| FN-5409   | 9      | 0.75   | 1.0                  | 59  | 55                     | 54  | 52  | 51  | 49  | 47  | 43  | 37  | 28  | 20  | 10 | 3.3  | 344  | 96                     |                |   |
| FN-5414   | 14     | 1.1    | 1.5                  | 93  | 87                     | 86  | 83  | 81  | 79  | 76  | 68  | 58  | 47  | 33  | 20 | 4.1  | 452  | 96                     |                |   |
| FN-5418   | 18     | 1.5    | 2.0                  | 120 | 113                    | 111 | 108 | 105 | 102 | 98  | 88  | 75  | 60  | 42  | 25 | 4.7  | 538  | 96                     |                |   |
| FN-5427   | 27     | 2.2    | 3.0                  | 175 | 164                    | 161 | 157 | 152 | 147 | 141 | 127 | 109 | 87  | 61  | 35 | 7.2  | 805  | 96                     |                |   |
| FN-5435   | 35     | 3.0    | 4.0                  | 228 | 212                    | 208 | 203 | 197 | 191 | 184 | 168 | 145 | 119 | 85  | 46 | 8.9  | 972  | 96                     |                |   |
| FN-5444   | 44     | 3.7    | 5.0                  | 282 | 261                    | 255 | 249 | 241 | 233 | 223 | 201 | 173 | 140 | 99  | 52 | 10.3 | 1166 | 96                     |                |   |
| FN-5448   | 48     | 4.0    | 5.5                  | 309 | 289                    | 283 | 276 | 267 | 258 | 248 | 225 | 197 | 162 | 120 | 73 | 10.9 | 1291 | 96                     |                |   |

Figura 19. Curva característica de la bomba sumergible.

## Reservorio a bebederos

La salida del tanque hacia los bebederos apunta al sur, se tiene en cuenta que existen 3 tramos con diferentes cotas, por lo que se deben trabajar por separado. A continuación, el lote de llorón (LL) es de 720m de longitud, el cual se encuentra subdividido en parcelas de 145m cada una, y el lote de alfalfa ( $\alpha$ ) es de 600m de largo, dividido en parcelas de 150m. Por lo que quedan 9 parcelas alimentadas por 5 bebederos distribuidos para los tres lotes, mientras que el número 6 se coloca para un lote externo, cuya finalidad es netamente por seguridad en caso de que un animal se cruce y pueda contar con bebida.



Figura 20. Ubicación de los bebederos.

Se definen como:



Figura 21. Diferentes circuitos. Verde=Tramo B-C. Celeste = Tramo B-D. Rosa= Tramo B-E

El tramo blanco (Tramo A-B), es el punto de salida del tanque, en donde se colocan dos "Te" consecutivas para realizar la conexión de las cañerías que llegan al bebedero 1 y al bebedero 6. La cañería señalizada con el color verde (Tramo B-C) recorre una distancia de 170m. La tubería celeste (Tramo B-D) es la que conduce desde el bebedero 2 al 5 por una longitud de 1130 m de distancia. Y por último, la rosa (Tramo B-E) tiene una distancia de 310m.

## Caudal

Cantidad de animales: Se calculan que se encontrarán 195 animales por parcela, estos se clasifican entre novillos en crecimiento y bovino en terminación.

Consumo diario: el cálculo normal es de 7 litros cada 50kg de peso vivo, por lo que el consumo diario por animal se aproxima a los 70 litros diarios.

Según Bavera:

Tabla 5. Consumo de agua según categoría y temperatura ambiente. Fuente: [1]

| Peso en kg                                   | 4,4° C | 10° C | 14,4° C | 21,1° C | 26,6° C | 32,2° C |
|--|--------|-------|---------|---------|---------|---------|
| Vaquillonas, novillos y toros en crecimiento |        |       |         |         |         |         |
| 182  | 15,1   | 16,3  | 18,9    | 22,0    | 25,4    | 36,0    |
| 273  | 20,1   | 22,0  | 25,0    | 29,5    | 33,7    | 48,1    |
| 364  | 23,8   | 25,7  | 29,9    | 34,8    | 40,1    | 56,8    |
| Bovinos en terminación                       |        |       |         |         |         |         |
| 273  | 22,7   | 24,6  | 28,0    | 32,9    | 37,9    | 54,1    |
| 364  | 27,6   | 29,9  | 34,4    | 40,5    | 46,6    | 65,9    |
| 454  | 32,9   | 35,6  | 40,9    | 47,7    | 54,9    | 78,0    |
| Vacas preñadas                               |        |       |         |         |         |         |
| 409  | 25,4   | 27,3  | 31,4    | 36,7    | ---     | ---     |
| Vacas lactando                               |        |       |         |         |         |         |
| +409   | 43,1   | 47,7  | 54,9    | 64,0    | 67,8    | 61,3    |
| Toros adultos                                |        |       |         |         |         |         |
| 636  | 30,3   | 32,6  | 37,5    | 44,3    | 50,7    | 71,9    |
| +727   | 32,9   | 35,6  | 40,9    | 47,7    | 54,9    | 78,0    |

Debido a que los bebederos son alimentados por medio de la gravedad, se debe tomar en cuenta la diferencia de cotas entre los diferentes tramos. Por lo que primero se llevan a cabo los cálculos que aplican en todos los tramos y luego se diferencia por segmentos.

Cuando la distancia desde la zona de pastoreo hasta las aguadas es considerable y se encierra a los bovinos mediante el cierre de la aguada, los animales tienden a acudir a la misma a la misma hora cada uno o dos días, dependiendo de la zona. En esos días, el consumo de agua instantáneo es mucho más elevado que si se distribuyera en tres o cuatro tomas diarias. Sin embargo, a lo largo del mismo periodo, el consumo total de agua sigue siendo equivalente, es decir, no consumen ni más ni menos agua en total.

Una vaca puede consumir unos 70 litros diarios, a una razón de 15 l/min aproximadamente, en pastoreo rotativo con agua en la parcela, como es el caso, los hábitos de la toma de agua varían con respecto a los de los bovinos que se encuentran en parcelas sin bebederos. En este caso, tomando el animal agua un promedio de 4 a 5 veces por día, menor cantidad por vez, a distintas horas y sin permanencia al lado de la bebida ya que son conscientes de que la tienen cerca y a disposición.

Con el agua en la parcela en pastoreo rotativo, los animales no actúan con espíritu gregario dirigiéndose en grupos grandes a la aguada, si no que van en forma individual o en

pequeños grupos y por poco tiempo por lo que, para el cálculo del caudal, se hace a partir del largo total del bebedero y de cuantas vacas pueden beber en simultaneo según la longitud de estos.

Para poder dimensionar, primero definimos la disposición de los bebederos, sus dimensiones son 2,00 m de largo x 0,4m de alto x 0,8m de ancho. Los cuales tienen una capacidad de 330 litros (dado que son curvos). Se colocan de manera tal que por parcela quedan dos bebederos unidos alimentados por una sola tubería. La misma se encuentra regulada por una válvula con flotante protegido por una tapa de hormigón para evitar que los animales puedan moverlo y quede perdiendo líquido. Dicho protector ocupa 0,5m, por lo que el largo de la aguada resulta de 3,5m.

También es necesario considerar cuantos animales pueden estar bebiendo al mismo tiempo. Según Bavera [1] se estima que los animales ocupan 60cm por cabeza. Llamando X a la cantidad de animales que pueden beber en simultaneo:

$$X = \frac{3,50m}{0,6m} = 5,86 m \approx 6 vacas$$

Por lo que, para poder calcular el tiempo de recuperación de la bebida, se considera que 6 vacas consumen a razón de 15 l/min.

Por la disposición de los bebederos y la rotación de los animales en las parcelas se debe tener en cuenta que los animales ubicados en el sur del establecimiento se encontrarán todos juntos en una sola parcela. Por lo que el caudal queda determinado por la siguiente ecuación:

$$Q = 18 \text{ l/min} \times 6 \text{ vacas} = 108 \text{ l/min}$$

$$\Rightarrow Q = 0,0018 \text{ m}^3/\text{s}$$

A partir del caudal necesitamos definir una velocidad experimental, esta es crucial para el diseño y dimensionamiento de las tuberías, ya que influye en las pérdidas de carga y la eficiencia del transporte del fluido.

Cuando hablamos de conducción por gravedad la velocidad de circulación del fluido para el agua varía entre  $0,5 < v < 2$  m/s. Teniendo en cuenta eso, se adopta una velocidad de:

$$v = 1 \frac{m}{s}$$

Una vez calculada la velocidad, se procede a hacer un **precálculo del diámetro** interno de la tubería:

$$Di = \sqrt{\frac{4 \times 0,0018 \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\pi \times 1 \left[ \frac{m}{s} \right]}} = 0,0478 [m] = 47,8 [mm]$$

Establecido el **diámetro interior necesario**, se selecciona un **diámetro comercial** de la tubería, vemos los diámetros del catálogo propuesto (Figura 16). Donde se selecciona el inmediato superior:

$$\emptyset = 2" = 0,0508 m$$

Con el diámetro obtenido por tabla, recalculo la velocidad a la que circula el fluido:

$$V = \frac{4 \times 0,0018 \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\pi \times (0,0508 [m])^2} = 0,88 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Se calcula el **número de Reynolds** teniendo en cuenta la viscosidad cinemática del agua a 15°C,  $\mu = 1 \times 10^{-6} m^2/s$ .

$$Re = \frac{0,88 \left[ \frac{m}{s} \right] \times 0,0508 [m]}{1 \times 10^{-6} \left[ \frac{m^2}{s} \right]} = 4,511 \times 10^4$$

Una vez obtenido el número de Reynolds, procedemos a calcular la rugosidad relativa para obtener el coeficiente de fricción de las cañerías.

### Rugosidad relativa

La rugosidad relativa se define como la relación entre la rugosidad absoluta del material que se está utilizando y el diámetro de la cañería.

Se adopta una rugosidad absoluta, denominada con la letra k y en este caso, corresponde a un caño de polietileno:

$$k = 0,0015 \text{ mm}$$

$$K = \frac{k}{D_i} = \frac{0.0015\text{mm}}{0.0508\text{m}} = \frac{1,5 \times 10^{-6}\text{m}}{0.0508\text{m}} = 2,95 \times 10^{-5}$$

Con la rugosidad relativa y el número de Reynolds, vamos al diagrama de Moody (Figura 21) para obtener **el coeficiente de fricción**.

**Diagrama de Moody**

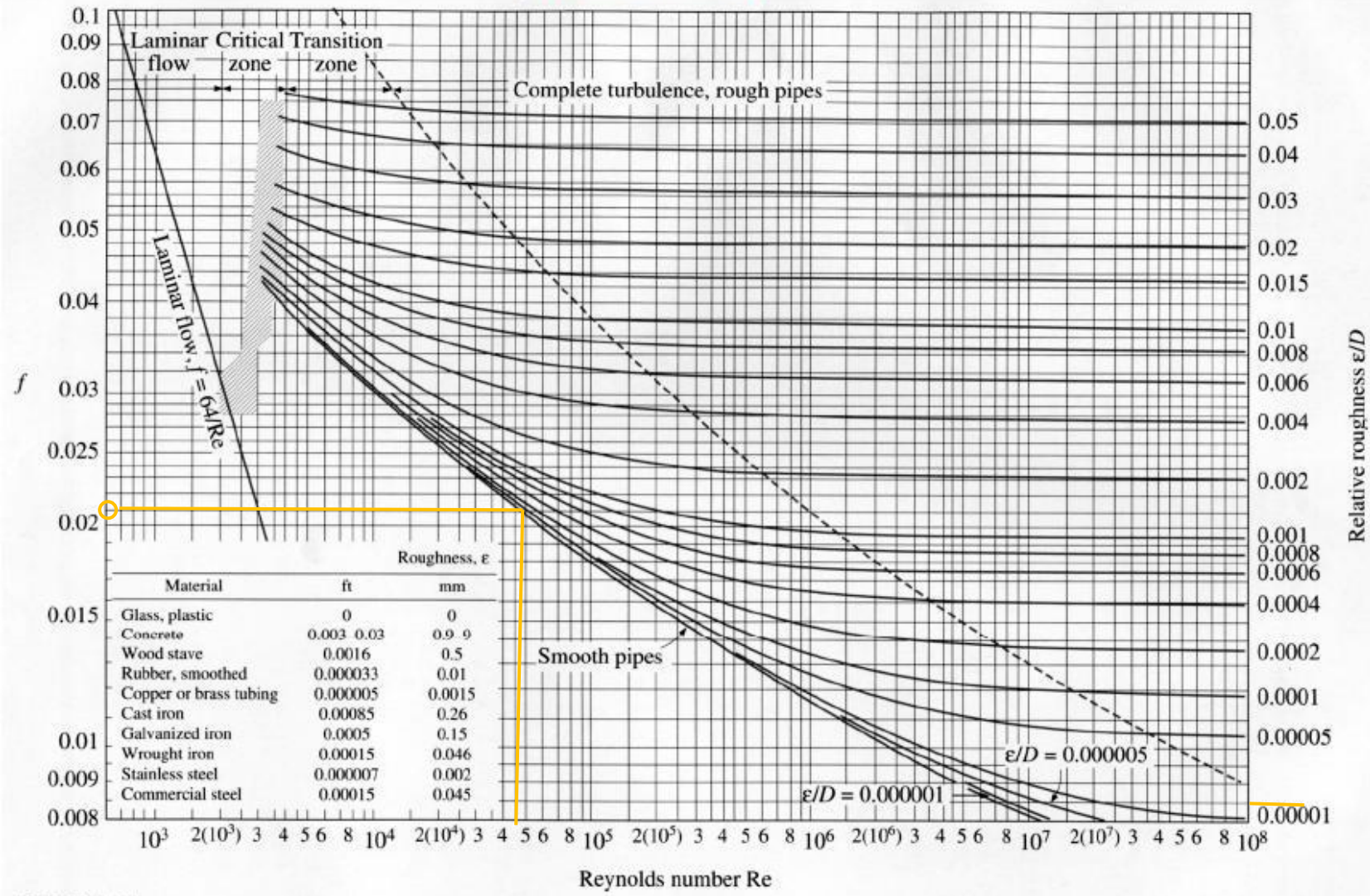


Figura 22. Diagrama de Moody. Fuente [5]

$$f = 0,021$$

Una vez definido el coeficiente de fricción procedemos a calcular las pérdidas de carga correspondiente a cada uno de los distintos tramos. Estos deben tener en cuenta los accesorios utilizados para las distintas conexiones.

### **Cálculo de pérdidas por medio de las longitudes equivalentes $L_i$**

Para cada accesorio instalado en la cañería (codo, válvula, curvas, etc.) se obtiene una longitud equivalente en metros de tubo recto que produciría las mismas pérdidas que el accesorio seleccionado.

Las pérdidas se calculan por medio de la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$J_{1-2} = f \times \frac{L + L_i[m]}{D[m]} \times \left( \frac{\left( v \left[ \frac{m}{s} \right] \right)^2}{2 \times 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]} \right) = X [m]$$

### **Pérdidas de carga en accesorios**

El agua conducida por una cañería, independientemente de la posición de esta última, sufre resistencias a su movimiento debidas al rozamiento, las que serán aumentadas por la presencia de codos, derivaciones, válvulas, etc. Asimismo, la rugosidad de la pared interna influye aumentando dicho rozamiento. Por lo tanto, la pérdida de carga depende de la elección de las cañerías y sus dimensiones.

La pérdida de carga significa pérdida de dinero. Una pérdida de carga doble significa gastos duplicados del bombeo de agua. [1]

Para poder tenerlos en cuenta, vamos a utilizar el método de longitud equivalente para los accesorios. Se adjunta tabla de longitud equivalente en Anexo IV.

Dependiendo de los elementos utilizados en cada tramo, se hace la sumatoria correspondiente.

**Aplicamos la ecuación de la energía**, entre el punto del tanque y el bebedero correspondiente para cada sección para determinar si la energía contenida por el fluido debido a la gravedad es suficiente para alcanzar la aguada. Donde las velocidades se consideran

aproximadas a cero debido a que se encuentran en el tanque y en los bebederos. Las presiones 1 y 2, al estar los reservorios abiertos, son igual a la presión atmosférica y por último,  $H_B$  es igual a cero debido a que llegan por la energía potencial gracias a la gravedad. Una vez reducida la ecuación, podremos comparar la energía que transporta el fluido debido a la diferencia de alturas con respecto a las pérdidas ocasionadas por la tubería utilizada.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_B - J_{i-n} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

$$Z_n - Z_i > J_{i-n} = [Kg.m/Kg]$$

### Tramo B-C

El primer tramo (Figura 23), lleva el agua hasta el bebedero 1.

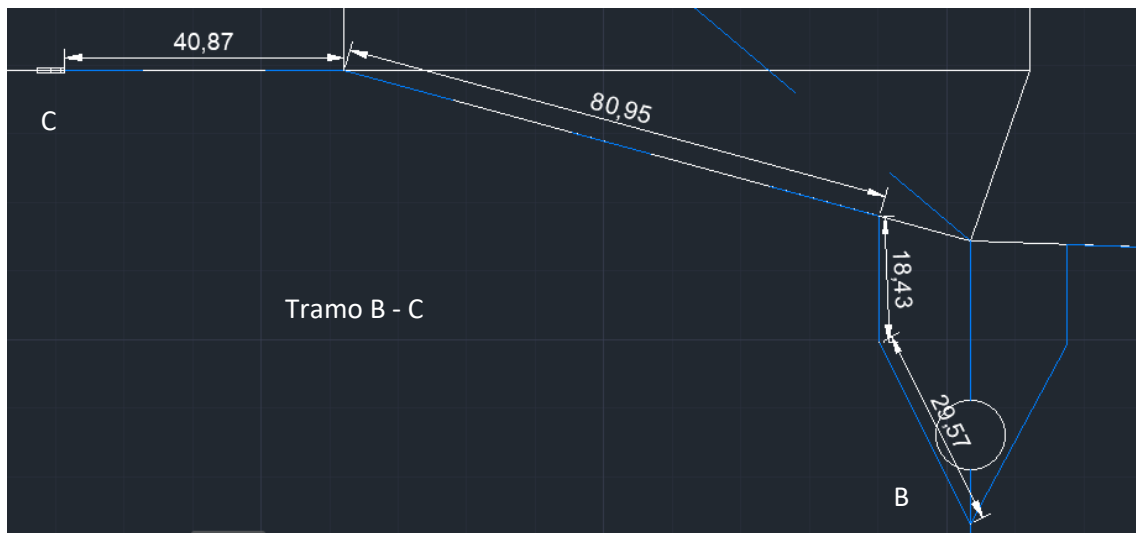


Figura 23. Longitud Tramo B-C

Se debe verificar que la diferencia de alturas es mayor a la pérdida de carga en la tubería.

$$J_{B-C} < Z_B - Z_C$$

$$\Delta h = Z_B - Z_C = 608,21 - 605,13 = 3,08 \text{ m}$$

La tubería recorre una distancia de 169,82m  $\approx$  170 m y los accesorios que utiliza se detallan en la siguiente tabla, con su respectiva longitud equivalente en metros.

Tabla 6. Longitud equivalente en Tramo B-C.

| <b>Tramo B-C</b>                      |                 |                                |                               |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Accesorios</b>                     | <b>Cantidad</b> | <b>Longitud equivalente(m)</b> | <b>Longitud equiTotal (m)</b> |
| <b>Conexión con filtro De 3" a 2"</b> | 1               | 25                             | 25                            |
| <b>Espiga espiga</b>                  | 1               | 0,1                            | 0,1                           |
| <b>Válvula esférica</b>               | 1               | 0,1                            | 0,1                           |
| <b>Codo 90°</b>                       | 2               | 1,68                           | 3,36                          |
| <b>Válvula esférica</b>               | 1               | 0,1                            | 0,1                           |
| <b>"Te"</b>                           | 1               | 3,66                           | 3,66                          |
| <b>Total (m)</b>                      | -               | -                              | <b>32,32</b>                  |

Ahora se hace la sumatoria correspondiente a la pérdida de carga en el tramo B-C de la tubería:

$$J_{B-C} = 0,021 \times \frac{(170 + 32,32)[m]}{0,0508[m]} \times \left( \frac{\left(0,88 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 \times 9,81 \left[\frac{m}{s^2}\right]} \right) = 3,30 [m]$$

$$J_{B-C} = 3,30 > 3,08 = Z_B - Z_C$$

NO VERIFICA

El resultado obtenido demuestra que las pérdidas de carga son mayores que la diferencia de altura en los distintos puntos, por lo que se debe recalcular aumentando el diámetro (Tabla 7).

Tabla 7. Catálogo de diámetro de la tubería

| Liviano o agro          |                 |               |                                       |
|-------------------------|-----------------|---------------|---------------------------------------|
| Ø comercial en pulgadas | Ø interno en mm | Espesor en mm | Presión nominal en kg/cm <sup>2</sup> |
| 1/2                     | 13              | 1,80          | 4                                     |
| 3/4                     | 19              | 1,80          | 2,5                                   |
| 1                       | 25              | 2,00          | 2,5                                   |
| 1 1/4                   | 32              | 2,00          | 2,5                                   |
| 1 1/2                   | 38              | 2,00          | 2,5                                   |
| 2                       | 50              | 2,60          | 2,5                                   |
| 2 1/2                   | 63              | 3,30          | 2,5                                   |
| 3                       | 75              | 4,00          | 2,5                                   |
| 4                       | 100             | 5,30          | 2,5                                   |

$$V = \frac{4 \times 0,0018 \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\pi \times (0,075[m])^2} = 0,41 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Con la velocidad, recalculamos el número de Reynolds y obtenemos el nuevo coeficiente de fricción.  $1^{1/4}$ .

$$Re = \frac{0,41 \left[ \frac{m}{s} \right] \times 0,075[m]}{1 \times 10^{-6} \left[ \frac{m^2}{s} \right]} = 3,39 \times 10^4$$

El coeficiente de fricción resulta:  $f = 0,023$

Al aumentar el diámetro, se recalculan las pérdidas localizadas en la siguiente tabla:

Tabla 8. Recálculo de longitud equivalente en tramo B-C.

| Tramo B-C                       |          |                         |                        |
|---------------------------------|----------|-------------------------|------------------------|
| Accesorios                      | Cantidad | Longitud equivalente(m) | Longitud equiTotal (m) |
| Conexión con filtro 3" a 2 1/2" | 1        | 30                      | 30                     |
| Espiga espiga                   | 1        | 0,1                     | 0,1                    |
| Válvula esférica                | 1        | 0,3                     | 0,3                    |
| Codo 90°                        | 2        | 1,98                    | 3,96                   |
| Válvula esférica                | 1        | 0,3                     | 0,3                    |
| "Te"                            | 1        | 4,27                    | 4,27                   |
| <b>Total (m)</b>                | -        | -                       | <b>39,04</b>           |

$$J_{1-2} = 0,023 \times \frac{(170 + 39,04)[m]}{0,063[m]} \times \left( \frac{\left(0,57 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 \times 9,81 \left[\frac{m}{s^2}\right]} \right) = 1,26 [m]$$

$$J_{B-C} = 1,26 < 3,08 = Z_B - Z_C$$

VERIFICA

### Tramo B-D

El segundo tramo recorre una distancia de 1130m donde se encuentran 4 bebederos distribuidos como se muestra en la figura 23.

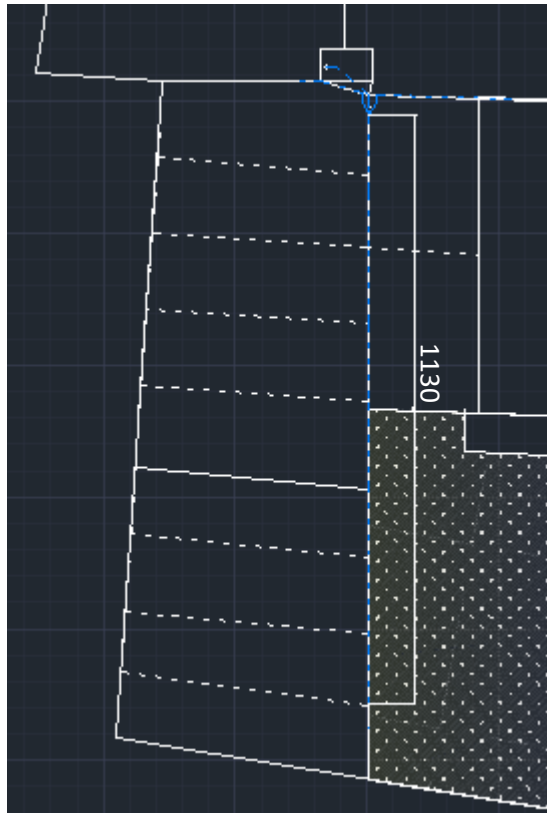


Figura 24. Longitud tramo B-D.

$$\Delta h = Z_B - Z_D = 608,21 - 593,12 = 15,09 m$$

Para calcular la pérdida asociada, debemos adicionar la longitud equivalente de los accesorios.

Tabla 9. Longitud equivalente Tramo B-D

| Tramo B-D                          |          |                         |                         |
|------------------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|
| Accesorios                         | Cantidad | Longitud equivalente(m) | Longitud equi Total (m) |
| Conexión tanque con filtro 3" a 2" | 1        | 25                      | 25                      |
| Espiga-espiga                      | 10       | 0,1                     | 1,0                     |
| Codo 90°                           | 2        | 1,68                    | 3,36                    |
| Válvula esférica                   | 1        | 0,1                     | 0,1                     |
| "Te"                               | 5        | 3,66                    | 3,66                    |
| Rosca M - Espiga                   | 1        | 0,2                     | 0,2                     |
| <b>Total (m)</b>                   | -        | -                       | <b>33,4</b>             |

Ahora se hace la sumatoria correspondiente a la pérdida de carga en el tramo B-C de la tubería

$$J_{B-D} = 0,021 \times \frac{(1130 + 33,4)[m]}{0,0508[m]} \times \left( \frac{(0,88 \left[ \frac{m}{s} \right])^2}{2 \times 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]} \right) = 18,97 [m]$$

$$J_{B-D} = 18,97 > 15,09 = Z_B - Z_D$$

NO VERIFICA

No verifica, por lo que se debería aumentar el diámetro de la tubería.

Colocando una tubería de diámetro comercial 2 1/2" (de la tabla 7), obtenemos:

$$V = \frac{4 \times 0,0018 \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\pi \times (0,063[m])^2} = 0,57 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Recalculamos las pérdidas localizadas:

Tabla 10. Recálculo de pérdidas en tramo B-D

| Tramo B-D  |          |                         |                         |
|--|----------|-------------------------|-------------------------|
| Accesorios   | Cantidad | Longitud equivalente(m) | Longitud equi Total (m) |
| Conexión tanque con filtro 3" a 2 <sup>1/2</sup> " | 1        | 30                      | 30                      |
| Espiga-espiga                                      | 10       | 0,1                     | 0,1                     |
| Codo 90°   | 2        | 1,98                    | 3,96                    |
| Válvula esférica                                   | 1        | 0,3                     | 0,3                     |
| "Te"   | 3        | 4,27                    | 12,81                   |
| Rosca M - Espiga                                   | 1        | 0,3                     | 0,3                     |
| <b>Total (m)</b>                                   | -        | -                       | <b>49,47</b>            |

Con la velocidad, recalculamos el número de Reynolds y obtenemos el nuevo coeficiente de fricción.

$$Re = \frac{0,57 \left[ \frac{m}{s} \right] \times 0,063[m]}{1 \times 10^{-6} \left[ \frac{m^2}{s} \right]} = 3,59 \times 10^4$$

El coeficiente de fricción resulta:

$$f = 0,022$$

Por lo que las pérdidas:

$$J_{B-D} = 0,022 \times \frac{(1130 + 49,47)[m]}{0,063[m]} \times \left( \frac{(0,57 \left[ \frac{m}{s} \right])^2}{2 \times 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]} \right) = 6,82[m]$$

$$J_{B-D} = 6,82 < 15,09 = Z_B - Z_D$$

VERIFICA

## Tramo B-E

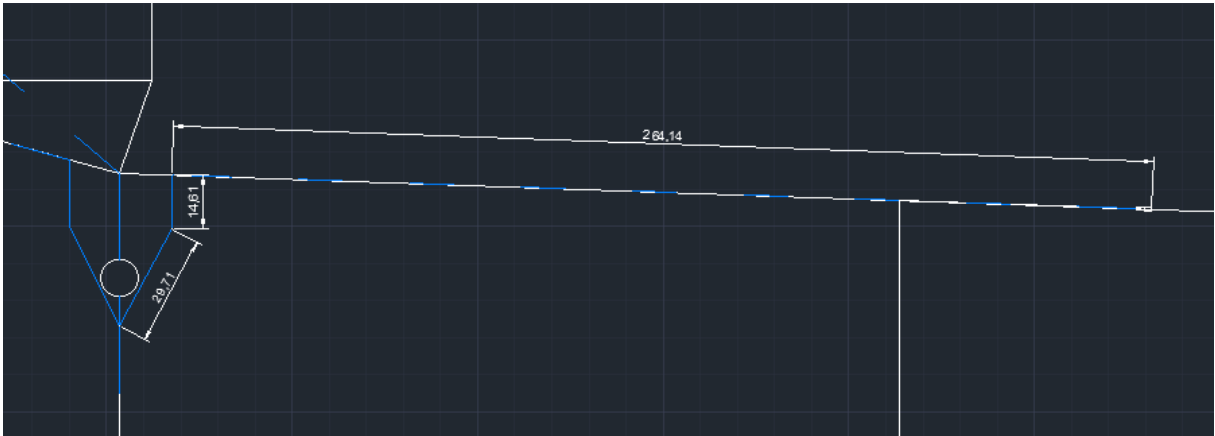


Figura 25. Longitud tramo B-E.

$$\Delta h = Z_B - Z_E = 608,21 - 604,49 = 3,72 \text{ m}$$

Este último tiene una distancia de 320 m de longitud. A esta se le suman las longitudes equivalentes de los accesorios correspondiente a la pérdida de carga en el tramo B-E de la tubería (Tabla 10)

Tabla 11. Longitud equivalente Tramo B-E

| Tramo B-E                             |          |                         |                         |
|---------------------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|
| Accesorios                            | Cantidad | Longitud equivalente(m) | Longitud equi Total (m) |
| Conexión tanque con filtro De 3" a 2" | 1        | 25                      | 25                      |
| Espiga espiga                         | 3        | 0,1                     | 0,3                     |
| Codo 90°                              | 2        | 1,68                    | 3,36                    |
| Válvula esférica                      | 1        | 0,1                     | 0,1                     |
| "Te"                                  | 2        | 3,66                    | 7,32                    |
| Espiga – Rosca M                      | 1        | 0,2                     | 0,2                     |
| <b>Total (m)</b>                      | -        | -                       | <b>36,30</b>            |

$$J_{B-E} = 0,021x \frac{320 + 36,30[m]}{0,0508[m]} x \left( \frac{\left(0,88 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 x 9,81 \left[\frac{m}{s^2}\right]} \right) = 5,81 [m]$$

$$J_{B-E} = 5,81 > 3,72 = Z_B - Z_C$$

NO VERIFICA

Escalamos al diámetro comercial inmediatamente superior en la Tabla 7.

$$V = \frac{4 x 0,0018 \left[\frac{m^3}{s}\right]}{\pi x (0,063[m])^2} = 0,57 \left[\frac{m}{s}\right]$$

Con la velocidad, recalculamos el número de Reynolds y obtenemos el nuevo coeficiente de fricción.

$$Re = \frac{0,57 \left[\frac{m}{s}\right] x 0,063[m]}{1x10^{-6} \left[\frac{m^2}{s}\right]} = 3,59x10^4$$

El coeficiente de fricción resulta:

$$f = 0,022$$

Tabla 12. Recálculo Tramo B-E.

| Tramo B-E  |          |                         |                         |
|--|----------|-------------------------|-------------------------|
| Accesorios   | Cantidad | Longitud equivalente(m) | Longitud equi Total (m) |
| Conexión tanque con filtro 3" a 2 <sup>1/2</sup> " | 1        | 30                      | 30                      |
| Espiga espiga                                      | 3        | 0,1                     | 0,3                     |
| Codo 90°   | 2        | 1,98                    | 3,96                    |
| Válvula esférica                                   | 1        | 0,3                     | 0,3                     |
| "Te"   | 2        | 4,27                    | 8,54                    |
| Espiga – Rosca M                                   | 1        | 0,3                     | 0,3                     |
| <b>Total (m)</b>                                   | -        | -                       | <b>43,73</b>            |

Por lo que las pérdidas:

$$J_{B-D} = 0,022x \frac{(320 + 43,73) [m]}{0,063[m]} x \left( \frac{\left(0,57 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 x 9,81 \left[\frac{m}{s^2}\right]} \right) = 2,55[m]$$

$$J_{B-E} = 2,55 < 3,72 = Z_B - Z_E$$

#### VERIFICA

De esta manera se establece que la cañería desde el punto de vista técnico- económico debe ser de diámetro interior 2<sup>1/2</sup>".

El material de la tubería que se utilizará es polietileno de baja densidad, que por sus características resulta altamente recomendable para riego, aguadas, etc. Está especialmente diseñado para tendidos largos que se encuentran bajo condiciones climáticas y de instalación con altas exigencias. Se presenta en rollos de diferentes longitudes según sus diferentes características, la medida más habitual es de 100 metros. La presión de trabajo varía entre K6 y K2,5 según el diámetro elegido. Además, por ser un tubo bicapa está desarrollado con los aditivos específicos en cada una de sus capas para lograr un mejor uso y rendimiento. La capa exterior está aditivada con protección a los rayos ultra violeta y en la capa blanca interna con antioxidantes que mejoran su vida útil.

La unión de tubos de polietileno mediante adhesivos o roscado no es una opción viable debido a las características del material. En el caso de tubos de gran diámetro y espesor, la unión por soldadura a tope podría ser una alternativa, aunque requiere equipos y dispositivos especializados.

La forma más sencilla y rápida de realizar una unión en tubos de polipropileno es mediante el sistema de enchufe, utilizando piezas con espiga ranurada, como se ilustra en la figura 26. Estas piezas están fabricadas mediante moldeo por inyección en polipropileno, lo que les confiere alta tenacidad, excelente resistencia al impacto, y un peso reducido.



Figura 26. Pieza con espiga ranurada.

Las conexiones para la unión con tubos de PEBD son inyectadas en polipropileno y tienen todos los requerimientos para realizar una instalación fácil, simple y rápida. En cualquier terreno y casi sin herramientas se obtiene una instalación con muy pocas uniones y con excelentes condiciones de servicio. Además, son completamente atóxicas y las dimensiones de las piezas son tales que no reducen significativamente la sección de paso en la unión.

Para realizar la unión, es necesario ablandar el extremo del tubo. La forma más eficaz de hacerlo es sumergiendo el extremo del tubo en agua hirviendo, ya que la temperatura ideal de ablandamiento es de aproximadamente 100°C. Este proceso permite insertar la espiga ranurada de forma rápida y con poco esfuerzo. Una vez insertada, se deja enfriar a temperatura ambiente, lo que provoca que el tubo se contraiga y abrace firmemente las ranuras.

Es importante evitar el uso de fuego directo para ablandar el tubo, ya que esto podría generar un calentamiento desigual y no garantizar un buen sellado.

Para asegurar una unión más segura, se recomienda montar una abrazadera en la zona lisa posterior a las ranuras, o en su defecto, usar alambre blando.

## Zanjeo

Los tubos se colocan a 40 cm de profundidad mediante la previa realización de un zanjeo en el recorrido de los mismos. Esta profundidad es adecuada para evitar daños por pisoteo o exposición a la luz solar.

# **CAPÍTULO 4**

## **COTIZACIÓN DEL PROYECTO**

Una vez concluida la etapa de cálculos e instalaciones, se detallan los elementos seleccionados para llevar a cabo el proyecto. Estos fueron elegidos teniendo en cuenta relación costo-calidad, así como también se tienen en cuenta los servicios realizados. En anexo V se adjuntan imágenes de los elementos del proyecto y detalles de conexión. A continuación, en Tabla 10, se detalla la cotización de todos los factores intervinientes en el desarrollo realizado:

Tabla 13. Cotización del Proyecto

| <b>Sistema de bombeo de agua.</b>  |  |               |              |                       |                         |
|--|--|---------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| <b>PLANILLA DE COSTOS DE INSTALACION HIDRAULICA CON BOMBA CENTRIFUGA</b> |  |               |              |                       |                         |
| <b>1</b>   | <b>MATERIALES</b>                                    |               |              |                       |                         |
| <b>Ítem</b>  | <b>Descripción</b>                                   | <b>Unidad</b> | <b>Cant.</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Subtotal</b>         |
| 1  | Análisis de agua                                     | Un            | 2            | \$ 25.000             | \$ 50.000               |
| 2  | Estudio topográfico                                  | Un            | 1            | \$ 493.750            | \$ 493.750              |
| 3  | Perforación (incluye bomba e instalación de tablero) | Un            | 1            | \$ 2.900.000          | \$ 2.900.000            |
| 4  | Caño polietileno negro K2,5 x 100m                   | Un            | 18           | \$ 110.222            | \$ 1.984.000            |
| 5  | Espiga - rosca M                                     | Un            | 12           | \$ 1.852,55           | \$ 22.230,6             |
| 6  | Válvula esférica                                     | Un            | 3            | \$ 5.510,25           | \$ 16530,75             |
| 7  | Bebederos  | Un            | 12           | \$ 115.000            | \$ 1.848.000            |
| 8  | Flotante bebederos                                   | Un            | 6            | \$ 57.328             | \$ 343.968              |
| 9  | Cubre flotante                                       | Un            | 6            | \$ 42.500             | \$ 255.000              |
| 10   | Zanjeo e instalación de bebederos                    | Un            | 1            | \$ 2.500.000          | \$ 2.500.000            |
| 11   | Unión espiga-espiga                                  | Un            | 15           | \$ 1.181,05           | \$ 17.715,75            |
| 12   | Curva 90°  | Un            | 12           | \$ 2.334,45           | \$ 28013,4              |
| 13   | "Te" espiga triple x 10 U                            | Un            | 6            | \$ 2.765              | \$ 16.590               |
| 14   | Flotante automático                                  | Un            | 1            | \$ 5.293              | \$ 5.293                |
| 15   | Arandela de 18mm a 32mm x 10U                        | Un            | 4            | \$ 4.611,23           | \$ 18.444,92            |
| <b>A</b>   | <b>SUBTOTAL - 1</b>                                  |               |              |                       | <b>\$ 10.499.536,42</b> |

|          |                                       |   |    |                 |                         |
|----------|---------------------------------------|---|----|-----------------|-------------------------|
| <b>2</b> | <b>Total de obra</b>                  |   |    |                 |                         |
| B        | Gastos generales y otros (subtotal A) | % | 5  | \$524976,82     | \$ 11.024.513,24        |
| C        | Impuestos (IVA) (de Subtotal B)       | % | 21 | \$ 2.315.147,78 | \$ 13.339.661,02        |
| D        | <b>TOTAL DE OBRA</b>                  |   |    |                 | <b>\$ 13.339.661,02</b> |

El presupuesto resulta de un total de \$13.339.661,02 el 21/11/2024.

Esta cotización es resultado de un desarrollo cuidadoso priorizando una óptima relación coste-beneficio. Busca garantizar la máxima eficiencia y satisfacción, utilizando recursos de calidad.

# **CAPÍTULO 5**

## **CONCLUSIONES**

El proyecto desarrollado para diseñar un sistema de bombeo de agua en el establecimiento ganadero *La María* no solo aborda una necesidad crítica, sino que también refleja cómo la ingeniería puede ser una herramienta clave para mejorar la vida en el campo. El acceso al agua, recurso esencial para la vida y la producción, es el corazón de este trabajo. A través de un enfoque técnico preciso y una visión sostenible, se ha logrado una solución que garantiza que los animales puedan disponer de agua en cantidad y calidad, incluso en los momentos de mayor demanda.

Este sistema no solo responde a un problema inmediato, como la insuficiencia del agua disponible debido al descenso de la napa freática, sino que también marca un antes y un después en la forma en que el establecimiento gestiona este recurso. Con la perforación de un nuevo pozo, la instalación de una bomba eficiente y el diseño cuidadoso de la red de distribución de agua, el proyecto asegura que el ganado pueda acceder a los bebederos estratégicamente ubicados sin interrupciones. Al mismo tiempo, se reducen los desperdicios de agua y energía, algo tan importante en el contexto actual de sostenibilidad.

El impacto va mucho más allá de los aspectos técnicos. Garantizar el agua para los animales mejora su bienestar, ya que el acceso regular y suficiente a este recurso reduce su estrés y favorece su salud. Esto, a su vez, potencia la productividad del ganado, reflejándose en mejores tasas de crecimiento y, en última instancia, en una explotación más rentable. Pero, más importante aún, este proyecto muestra el compromiso de quienes gestionan el establecimiento con el cuidado de sus animales y la responsabilidad hacia el medio ambiente.

A nivel económico, la inversión realizada tiene un retorno tangible no solo en términos de productividad, sino también en la tranquilidad que ofrece contar con un sistema diseñado para durar, incluso frente a posibles contratiempos. El tanque australiano, con capacidad para almacenar varios días de agua, y la infraestructura de tuberías diseñada para funcionar por gravedad, aseguran un suministro confiable con un mantenimiento reducido. Esto no solo protege la inversión, sino que también permite pensar en el futuro y en posibles ampliaciones del sistema.

Finalmente, este proyecto tiene un impacto que trasciende las fronteras del establecimiento. En una región donde los recursos hídricos son limitados, iniciativas como esta no solo benefician al productor, sino que también contribuyen al desarrollo sostenible de la región. Demuestra que es posible combinar eficiencia, respeto por el medio ambiente y bienestar animal en un modelo productivo.

En conclusión, este trabajo no solo resuelve una necesidad puntual, sino que representa una apuesta por un futuro más equilibrado y sostenible para la ganadería. Es un

ejemplo de cómo, con conocimiento y visión, se pueden construir soluciones que transformen no solo una explotación, sino también la vida de quienes dependen de ella.

## Bibliografía

- [1] G. Bavera. *Aguas y aguadas para el ganado*. 4<sup>ta</sup> Ed. Rio Cuarto. Imberti – Bavera. 2011.
- [2] J. H. Veneciano y C. A. Frasinelli. *Cría y recría de bovinos*. San Luis. Casagrande. 2014.
- [3] A. Fernández Mayer. (2017). *Calidad de agua para consumo vacuno*. [online]. Available: [http://produccion-animal.com.ar/agua\\_bebida/279-Calidad\\_del\\_agua.pdf](http://produccion-animal.com.ar/agua_bebida/279-Calidad_del_agua.pdf)
- [4] E. Duarte. “Uso del agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero (Parte I), *Plan agropecuario*, R. 139, pp.52-55, Agosto 2011.
- [5] V. L. Streeter, E. B. Wylie and K. W. Bedford. *Mecánica de fluidos*. 9<sup>na</sup> ed. Mc Graw Hill. 2000.
- [6] R. Resnick, D. Halliday y K. S. Krane. *Física*. Vol. 1. 5<sup>ta</sup> ed. Grupo editorial patria: México, 2010.
- [7] “Instalaciones termomecánicas”, 34, Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de San Luis. 2022.
- [8] “Mecánica de los fluidos”, 24, Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de San Luis. 2020.
- [9] A. Herrero, “La calidad del agua y su importancia en los alimentos” en Seminario de la bolsa de cereales, Buenos Aires. 2003, pp 1-2.
- [10] A. Pordomingo, “Feedlot alimentación, diseño y manejo”, INTA, EEA Anguil, no 95, Agosto 2013.
- [11] M. Galván and A. Collado. *Escurremientos hídricos superficiales en la Cuenca Hidrográfica de “El Morro”, provincia de San Luis*. EEA San Luis. Centro Regional La Pampa-San Luis. Ediciones INTA. San Luis. 2009.
- [12] M. Blarasin, A. Cabrera, E. Matteoda, J. Felizzia, L. Maldonado, F. N. Becher Quinodóz and J. Giuliano Albo. *El agua subterránea y la actividad ganadera-tambera*. 1<sup>era</sup> ed. Rio Cuarto: Unión Editora, 2014.

# **Anexos**

# Anexo I

## Estación total



### Sistema GNSS RTK SOUTH NUEVO GALAXY G1



Linux 4G Web

Linux OS AD constellations Tilt survey AP hot spot NFC Radio Router Bluetooth 3-proofing Cloud service 8G SSD storage RINEX support

**Dejate Sorprender... Un viaje a otra Galaxia...**  
Potente, resistente, pequeño, el más vendido!!!

- 692 canales
- GPS – GLONASS – GALILEO – BeiDou - QZSS - SBAS
- RTK – GPRS
- Radios interna configurables 1w/2w/3w
- Ranura para tarjeta SIM
- Memoria interna de 8GB – USB externo – SD
- Módulo 3G – 4G
- Bluetooth 4.0 - Wifi
- Sensor de inclinación
- Protección IP67

- Sistema Operativo Linux
- Plataforma de administración UI web
- Posibilidad de actuar como repetidora de Radio e Internet.
- Ivoice, envía mensajes verbales del estado del equipo
- Precisión de 8mm en RTK y de 2.5mm en estático



Contactese con un asesor comercial para más información:  
[info@geobauen.com.ar](mailto:info@geobauen.com.ar)

(5411) 4789.0533 - [www.geobauen.com.ar](http://www.geobauen.com.ar)

GEOBAUEN es Distribuidor oficial y Service Partner de LEICA GEOSYSTEMS y SOUTH.



## Anexo II

### Análisis 1



UNSL - FICA  
ÁREA DE RECURSOS NATURALES  
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS  
Ruta Nacional 148 - Extremo Norte  
Tel/Fax 02657- 434545 int. 7146-7154

### Análisis de agua - N° 7438

|                   |                         |                  |                         |
|-------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|
| Fecha de entrada: | 20/08/24                | Punto de Muetréo | La Maria                |
| Remitida por:     | Ing. Agr. Alberto Panza | Localización:    | Colonia Los Manantiales |
| Observaciones:    | Perforacion Nueva       |                  |                         |

### EXAMEN QUÍMICO

|  |         |                    |
|--|---------|--------------------|
| pH   | 7,53    |                    |
| Cond. Elec. a 25°C                             | 5,015   | dS.m <sup>-1</sup> |
| Residuo Seco (110°C)                           | 4269,00 | mg.L <sup>-1</sup> |
| Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> )     | 0,00    | mg.L <sup>-1</sup> |
| Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> ) | 475,80  | mg.L <sup>-1</sup> |
| Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )       | 926,98  | mg.L <sup>-1</sup> |
| Cloruros (Cl <sup>-</sup> )                    | 667,40  | mg.L <sup>-1</sup> |
| Calcio (Ca <sup>++</sup> )                     | 232,46  | mg.L <sup>-1</sup> |
| Magnesio (Mg <sup>++</sup> )                   | 54,67   | mg.L <sup>-1</sup> |
| Sodio (Na <sup>+</sup> )                       | 1159,20 | mg.L <sup>-1</sup> |
| Potasio (K <sup>+</sup> )                      | 66,45   | mg.L <sup>-1</sup> |
| Arsénico (As <sup>3+</sup> )                   | 0,05    | mg.L <sup>-1</sup> |

Dureza total en CO<sub>3</sub>Ca =805,00 mg/L

#### **AGUA PARA USO GANADERO**

Calificación: **Satisfactoria**

Según sales totales: **Alto tenor salino**

Director Ing. Agr. Osvaldo Barbosa

El Laboratorio de Suelos y Aguas no se hace responsable por la calidad del muestreo cuando el material no es extraído por su personal.

## Análisis 2



Villa Mercedes (SL) 20/11/2024

Solicitante: **Alberto Panza**  
Fecha de toma de muestra: 18/11/2024  
Hora de toma de muestra: 16:30  
Lugar: Perforación "La María"

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

|  |       |
|--|-------|
| Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )  | 5280  |
| pH   | 7,23  |
| TSD mg/l                                   | 4000  |
| Alcalinidad total ( $\text{CaCO}_3$ ) mg/l | 201   |
| Alc. f                                     | 0     |
| Cloruros mg/l                              | 371   |
| Dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ) mg/l      | 603,5 |
| Dureza Calcio mg/l                         | 416   |
| Dureza Magnesio mg/l                       | 187   |
| Sulfatos mg/l                              | 880   |
| Amonio mg/l                                | < 0,1 |
| Nitrato mg/l                               | < 5   |
| Nitrito mg/l                               | < 0,1 |
| Arsénico mg/l                              | 0,04  |
| Hierro mg/l                                | 0,15  |
| Turbidez (ntu)                             | 1,07  |
| Color                                      | 2     |
| Sodio mg/l                                 | 1355  |
| Potasio mg/l                               | 196   |
| Fluor mg/l                                 | 4,4   |



Ing. Salvador Costanzo  
MP 2950

Especificaciones de la bomba

# Serie FN

4"

## BOMBAS SUMERGIBLES 4" CON IMPULSORES FLOTANTES



FN Ø 1 1/4

### APLICACIONES

- Instalaciones hidráulicas sea para uso industrial que residencial.
- Sistemas de presurización.
- Riego.
- Almacenaje de agua.
- Drenaje.

### RENDIMIENTOS

- Caudal de suministro max. 28 m<sup>3</sup>/h, Altura manométrica max. 320m.

### CARACTERÍSTICAS

- Camisa exterior en acero inox AISI 304, espesor 1.5mm, diámetro ext. 89mm.
- Bocas de aspiración y caudal en acero inoxidable AISI 304.
- Válvula de retención en acero inoxidable AISI 304.
- Difusores en polycarbonato reforzado con fibras de vidrio, resistente a los ácidos y a la corrosión.
- Impulsores en Noryl.
- Eje: acero hexagonal AISI 304  
Ø 9.5mm (FN15 – FN75) Ø 12mm (FN105 – FN240).
- Cojinetes:  
N. 1 cojinete - en las partes hidráulicas hasta 19 impulsores  
N. 2 cojinetes - en las partes hidráulicas con más de 20 impulsores.
- Filtro de succión en acero inox AISI 304.
- Brida de acoplamiento según estándares NEMA.

### LÍMITES DE EMPLEO

- Temperatura máx. del líquido: 30°C.
- Cantidad máx. de arena: 50 g/m<sup>3</sup>.



FN Ø 2"



## POMPES IMMERGÉES 4" AVEC ROUES FLOTTANTS



### APPLICATIONS

- Installations hydrauliques soit pour usage industriel qui résidentiel.
- Systèmes de pressurisation.
- Irrigation.
- Stockage d'eau.
- Drainage.

### PERFORMANCES

- Débit max. 28 m<sup>3</sup>/h, Hauteur max. 320 mt..

### CARACTÉRISTIQUES

- Chemise extérieure en acier inox AISI 304, épaisseur 1.5mm, diam. extérieur 89mm.
- Bouches d'aspiration et refoulement en acier inox 304.
- Clapet anti-retour en acier inox 304.
- Diffuseurs en polycarbonate renforcé avec les fibres de verre, résistant aux acides et à la corrosion.
- Roues en Noryl.
- Arbre: acier hexagonal AISI 304  
Ø 9.5mm (FN15 – FN75), Ø 12mm (FN105 – FN240).
- Roulements:  
N. 1 roulement en parties hydrauliques jusqu'à 19 roues  
N. 2 roulements en parties hydrauliques au-delà de 20 roues.
- Filtre d'aspiration en acier inoxydable AISI 304.
- Bride d'accouplement selon les règles NEMA.

### LIMITES D'UTILISATION

- Température max. du liquide: 30°C.
- Quantité max. de sable: 50 g/m<sup>3</sup>.

## Anexo IV

### Longitud equivalente

| Diámetro nominal de los accesorios |       | Codo 45° | Codo 90° | Codo 180° | Curva 90° | Te    | Válvula retención o clapper | Válvula esclusa y válvulas de bebedero totalmente abiertas | Válvula globo totalmente abierta |
|------------------------------------|-------|----------|----------|-----------|-----------|-------|-----------------------------|--|----------------------------------|
| mm                                 | Pulg. |          |          |           |           |       |                             |  |                                  |
| 12                                 | ½     | 0,24     | 0,46     | 1,09      | 0,30      | 1,00  | 1,22                        | 0,12   | 5,18                             |
| 19                                 | ¾     | 0,30     | 0,61     | 1,52      | 0,45      | 1,37  | 1,83                        | 0,15   | 6,71                             |
| 25                                 | 1     | 0,40     | 0,82     | 1,83      | 0,52      | 1,74  | 2,44                        | 0,18   | 8,24                             |
| 32                                 | 1 ¼   | 0,51     | 1,07     | 2,53      | 0,70      | 2,32  | 3,06                        | 0,24   | 11,00                            |
| 38                                 | 1 ½   | 0,61     | 1,31     | 3,05      | 0,82      | 2,74  | 4,27                        | 0,30   | 13,12                            |
| 51                                 | 2     | 0,76     | 1,68     | 3,98      | 1,07      | 3,66  | 5,80                        | 0,36   | 16,78                            |
| 63                                 | 2 ½   | 0,92     | 1,98     | 4,58      | 1,28      | 4,27  | 7,01                        | 0,43   | 20,43                            |
| 76                                 | 3     | 1,16     | 2,44     | 5,49      | 1,59      | 5,18  | 9,76                        | 0,52   | 25,01                            |
| 102                                | 4     | 1,53     | 3,36     | 7,32      | 2,14      | 6,71  | 13,12                       | 0,70   | 33,55                            |
| 127                                | 5     | 1,92     | 4,27     | 9,46      | 2,74      | 8,24  | 17,69                       | 0,88   | 42,70                            |
| 152                                | 6     | 2,89     | 4,88     | 11,28     | 3,36      | 10,00 | 20,74                       | 1,07   | 51,85                            |
| 203                                | 8     | 3,00     | 6,10     | 15,85     | 4,27      | 13,12 | ---                         | 1,37   | 68,02                            |
| 254                                | 10    | 3,96     | 7,93     | 18,60     | 5,18      | 16,16 | ---                         | 1,77   | 85,40                            |
| 305                                | 12    | 4,55     | 9,76     | 22,57     | 6,10      | 20,74 | ---                         | 2,07   | 100,65                           |
| 356                                | 14    | 5,15     | 11,28    | 25,92     | 7,32      | 23,79 | ---                         | 2,44   | 115,90                           |
| 406                                | 16    | 5,80     | 12,85    | 30,50     | 8,24      | 26,81 | ---                         | 2,74   | 134,20                           |

| <b>TABELA 7 - PERDA DE CARGA EM ACESSÓRIOS</b>  |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tabela de perdas de cargas localizadas em conexões, considerando-se os comprimentos equivalentes em metros de canalização |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| CONEXÃO   |   | Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |   | MATERIAL   | ¾"   | 1"   | 1 ¼" | 1 ½" | 2"   | 2 ½" | 3"   | 4"   | 5"   |
| Curva 90°   |  | PVC  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 1,2  | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,6  | 1,9  |
|   | Metal   | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,9  | 1,0  | 1,3  | 1,6  | 2,1  |      |
| Curva 45°   |  | PVC  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,0  | 1,1  |
|   | Metal   | 0,2  | 0,2  | 0,3  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,9  |      |
| Joelho 90°  |  | PVC  | 1,2  | 1,5  | 2,0  | 3,2  | 3,4  | 3,7  | 3,9  | 4,3  | 4,9  |
|   | Metal   | 0,7  | 0,8  | 1,1  | 1,3  | 1,7  | 2,0  | 2,5  | 3,4  | 4,2  |      |
| Joelho 45°  |  | PVC  | 0,5  | 0,7  | 1,0  | 1,3  | 1,5  | 1,7  | 1,8  | 1,9  | 2,5  |
|   | Metal   | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,8  | 0,9  | 1,2  | 1,5  | 1,9  |      |
| Tê de passagem direta   |  | PVC  | 0,8  | 0,9  | 1,5  | 2,2  | 2,3  | 2,4  | 2,5  | 2,6  | 3,3  |
|   | Metal   | 0,4  | 0,5  | 0,7  | 0,9  | 1,1  | 1,3  | 1,6  | 2,1  | 2,7  |      |
| Tê de saída lateral   |  | PVC  | 2,4  | 3,1  | 4,6  | 7,3  | 7,6  | 7,8  | 8,0  | 8,3  | 10,0 |
|   | Metal   | 1,4  | 1,7  | 2,3  | 2,8  | 3,5  | 4,3  | 5,2  | 6,7  | 8,4  |      |
| Tê de saída bilateral   |  | PVC  | 2,4  | 3,1  | 4,6  | 7,3  | 7,6  | 7,8  | 8,0  | 8,3  | 10,0 |
|   | Metal   | 1,4  | 1,7  | 2,3  | 2,8  | 3,5  | 4,3  | 5,2  | 6,7  | 8,4  |      |
| União   |  | PVC  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,15 | 0,2  | 0,25 |
|   | Metal   | 0,01   | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Saída de canalização  |  | PVC  | 0,9  | 1,3  | 1,4  | 3,2  | 3,3  | 3,5  | 3,7  | 3,9  | 4,9  |
|   | Metal   | 0,5  | 0,7  | 0,9  | 1,0  | 1,5  | 1,9  | 2,2  | 3,2  | 4,0  |      |
| Luva de redução (*)   |  | PVC  | 0,3  | 0,2  | 0,15 | 0,4  | 0,7  | 0,8  | 0,85 | 0,95 | 1,2  |
|   | Aço   | 0,29   | 0,16 | 0,12 | 0,38 | 0,64 | 0,71 | 0,78 | 0,9  | 1,07 |      |

Tabla A.3 - Pérdida de carga en accesorios - Longitud equivalente para tubo liso (plástico, cobre o tubo de aleación de cobre), de NBR 5626:1998, y TABLA 7 - Pérdida de carga en accesorios - "Tabla de pérdidas de carga localizadas en accesorios, considerando las longitudes equivalentes en metros de tubo" de Schneider Motobombas.

## Anexo V

### Elementos del proyecto



### Conexiones

#### Accesorios



**ESPIGA CON ROSCA H**



**ESPIGA DOBLE CON CODO**



**ESPIGA CON ROSCA M**



**ESPIGA DOBLE**



**ESPIGA TRIPLE TE**



*Conexión reservorio a bebederos*



*Conexión de los bebederos*

