**APÉNDICE A**

**CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DEL SISTEMA**

**CÁLCULO DE ECUACIÓN DEL SISTEMA**

Al aplicar la ecuación de energía entre dos superficies libres, puntos (1) y (2), se obtiene:

Despejando

Para el presente proyecto no existen condiciones de succión, por lo que las bombas están sumergidas y están succionan el agua residual directamente sin necesidad de accesorios y tuberías. Entonces:

, , ,

Reemplazando estos valores en la ecuación y considerando sólo condiciones de descargas, se obtiene lo siguiente:

En el proyecto, se tiene dos tramos de tuberías de materiales diferentes esto es acero inoxidable y Acero A53, con sus respectivos accesorios los que se definen en las siguientes tablas.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla de pérdidas menores del sistema** | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| Descripción | | Tramo | No. | Coef. Pérdidas menores | Subtotal |
| pérdidas |
| Codo 90o bridado | | 1-2 | 5 | 0.30 | 1.50 |
| Válvula check | | 2-3 | 1 | 2.00 | 2.00 |
| Válvula compuerta | | 2-3 | 1 | 0.14 | 0.14 |
| Tee de derivación | | 2-3 | 1 | 0.20 | 0.20 |
|  | | Total por pérdidas menores | | | 3.84 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Selección del diámetro de la tubería** | | | | | | |
| **Material:** | **INOXIDABLE TRAMO 1-2** | | | |  |  |
| ø (plg) | ø int (mm) | Caudal [lt/seg] | Velocidad [ft/seg] | Carga  Velocidad m |  |  |
| 2 | 50.8 | 15.02 | 24.30 | 9.17 |  |  |
| 2.5 | 63.5 | 15.02 | 15.55 | 3.76 |  |  |
| 3 | 78.00 | 15.02 | 10.31 | 1.65 |  |  |
| 4 | 102 | 15.02 | 6.03 | 0.56 | **SELECCIÓN** |  |
| 6 | 152.4 | 15.02 | 2.70 | 0.11 |  |  |
| 8 | 203.2 | 15.02 | 1.52 | 0.04 |  |  |
| **Material:** | **ACERO A53 GRADO B CED 40 TRAMO 2-3** | | | |  |  |
| ø (plg) | ø (mm) | Caudal [lt/seg] | Velocidad [ft/seg] | Carga  Velocidad [m] |  |  |
| 2 | 50.8 | 15.02 | 24.30 | 9.17 |  |  |
| 2.5 | 63.5 | 15.02 | 15.55 | 3.76 |  |  |
| 3 | 78.00 | 15.02 | 10.31 | 1.65 |  |  |
| 4 | 102 | 15.02 | 6.03 | 0.56 | **SELECCIÓN** |  |
| 6 | 152.4 | 15.02 | 2.70 | 0.11 |  |  |
| 8 | 203.2 | 15.02 | 1.52 | 0.04 |  |  |

|  |
| --- |
| Por el criterio de selección de **1.96 ft/seg (0.6 m/s) <Velocidad<6.56 ft/seg(2 m/s)**, se selecciona diámetros de 4 pulgadas. |
|

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cálculo del factor de fricción en tubería impulsión**  **Tubería de acero inoxidable**        De los ábacos de Moody      **Tubería de acero A53 Grado B CED 40**        De los ábacos de Moody      **Tabla de tubería de impulsión** | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| Descripción | | Tramo | Long  [ft]. | Factor de fricción |
|
| Acero inoxidable, Dn= 4 pulg | | 1-3 | 14.04 | 0.016 |
| Acero A53, Dn= 4 pulg. | | 3-2 | 38.13 | 0.019 |
|  | |  | | |

La ecuación quedaría como:

Debido a que

A la ecuación de la altura dinámica total se la puede representar como:

Donde representa todas las pérdidas menores que ocurren en los accesorios y válvulas de las mismas. Con base en el estudio de flujo en tuberías se sabe que en general varía aproximadamente como el cuadrado del caudal, es decir, .Así la ecuación del sistema se puede escribir en la forma:

Donde depende de los tamaños y longitudes de la tubería, de los factores de fricción y de los coeficientes de pérdidas menores.

Se puede cambiar la forma de la curva del sistema abriendo o cerrando válvulas, cambiando la disposición o medidas de las tuberías y variando los niveles del sistema.

Se expresa la ecuación con el caudal Q en GPM, porque es más usual encontrar curvas de los fabricantes con este valor. Entonces la ecuación sería:

La ecuación revela cuánta carga real debe dar la bomba al fluido a fin de mantener un cierto caudal, entre ellos el de diseño.

Con la ecuación A.1, se procede a graficar a diferentes caudales incluyendo el caudal de diseño, con esto se obtiene el punto de operación con un cabezal requerido de 30.57 ft a 238.16 GPM.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAUDAL [lt/seg] | CAUDAL [GPM] | CAUDAL [m3/seg] | TDH [ft] |
|
| 2 | 31.71 | 0.002 | 25.45 |
| 4 | 63.42 | 0.004 | 25.73 |
| 6 | 95.14 | 0.006 | 26.19 |
| 8 | 126.85 | 0.008 | 26.84 |
| 10 | 158.56 | 0.010 | 27.67 |
| 12 | 190.27 | 0.012 | 28.69 |
| 14 | 221.99 | 0.014 | 29.89 |
| **15.02** | **238.16** | **0.015** | **30.57** |
| 16 | 253.70 | 0.016 | 31.27 |
| 18 | 285.41 | 0.018 | 32.84 |
| 20 | 317.12 | 0.020 | 34.60 |
| 22 | 348.84 | 0.022 | 36.54 |
| 24 | 380.55 | 0.024 | 38.67 |
| 26 | 412.26 | 0.026 | 40.98 |
| 28 | 443.97 | 0.028 | 43.47 |
| 30 | 475.69 | 0.030 | 46.15 |
| 32 | 507.40 | 0.032 | 49.01 |
| 34 | 539.11 | 0.034 | 52.06 |