UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS EN SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA PARA EL SECTOR MINERO

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

CÉSAR HUMBERTO YALÁN CANO

PROMOCIÓN 2007-I

LIMA – PERÚ

2014

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi madre Hilda, a la memoria de mi padre César, mis hermanos Oskar, José, Claudia y Lucía por haberme apoyado en todo momento y por su ejemplo de superación, perseverancia y constancia.

A mi amada esposa Vanessa e hija Astrid del Carmen, quienes son mi principal motivación y pilares para alcanzar mis metas.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA ..... **II**

TABLA DE CONTENIDO ..... **III**

PRÓLOGO **1**

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN **3**

1.1 Objetivo 3

1.2 Alcances 4

1.3 Justificación 5

1.4 Descripción del trabajo 5

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTO TEORICO DEL CÁLCULO HIDRÀULICO Y TRANSITORIOS HIDRÁULICOS **7**

2.1 Fundamento teórico del cálculo hidráulico 7

2.2 Teorema de Bernoulli. Ecuación de la Energía 7

2.2.1 Ecuación de la energía para una bomba: 9

2.2.2 Pérdidas de carga primaria 10

2.2.3 Pérdidas secundarias 11

2.2.4 Número de Reynolds (Re) 11

2.2.5 Coeficiente de fricción 12

2.3 Criterios de diseño 13

2.3.1 Criterio de caída de presión 13

2.3.2 Criterio de velocidad de flujo 15

2.4 Fundamento teórico de los transitorios hidráulicos 16

2.5 Tipos de transitorios hidráulicos 16

2.5.1 Transitorio lento o cuasi-elástico 16

2.5.2 Transitorio rápido o de oscilación de masa....16
2.5.3 Transitorio muy rápido o golpe de ariete....17
2.6 Descripción física del golpe de ariete como transitorio hidráulico elástico ...17
2.6.1 Primera fase....18
2.6.2 Segunda fase....19
2.6.3 Tercera fase....19
2.6.4 Cuarta fase....20
2.7 Balances integrales unidimensionales....23
2.7.1 Balance integral de fuerzas o pulso de Jowkowski....24
2.7.2 Balance integral de masa: Celeridad del pulso de presión....28
2.8 Conceptos de acontecimiento rápido y lento....32
2.8.1 Acontecimiento rápido....34
2.8.2 Acontecimiento lento....35
2.9 Balances diferenciales: ecuaciones básicas de un transitorio hidráulico 37
2.9.1 Balance diferencial de masa: Ecuación de la continuidad....38
2.9.2 Balance diferencial de fuerzas....43
2.10 Simplificación de las ecuaciones de un transitorio hidráulico....46
2.11 Condiciones de contorno simple....47
2.11.1 Punto de presión constante: descarga atmosférica o depósito ...48
2.11.2 Válvula de retención (comportamiento ideal)....49
2.11.3 Cambio de sección recta en una tubería simple....50
2.11.4 Confluencia de tubería en un nudo....51
2.12 Modelos de solución de las ecuaciones del transitorio hidráulico....51
2.12.1 Modelo elástico inercial....53
2.12.2 Modelo rígido inercial....53
2.12.3 Modelo cuasi-estático....54

CAPÍTULO 3: CÁLCULO HIDRÁULICO Y ÁNALISIS DE LOS TRANSITORIOS HIDRÁULICOS.....55

3.1 Parámetros de diseño 55

3.2 Selección de materiales de tuberías.....56

3.2.1 Límites de materiales de tubería de acero.....66

3.2.2 Límites de materiales de tubería de HDPE.....67

3.3 Consideraciones de diseño 69

3.4 Cálculo hidráulico de los sistemas de bombeo 70

3.5 Resultados del cálculo hidráulico 81

3.5.1 Sistema de bombeo Nº1.....81

3.5.2 Sistema de bombeo Nº2.....82

3.5.3 Sistema de bombeo Nº3.....83

3.5.4 Sistema de bombeo Nº4.....84

3.5.5 Sistema de bombeo Nº5.....85

3.5.6 Sistema de bombeo Nº6.....86

3.5.7 Sistema de bombeo Nº7.....87

3.6 Análisis de los transitorios hidráulicos 88

3.6.1 Velocidad de onda.....88

3.7 Análisis de transitorios hidráulicos por el método del acontecimiento rápido89

3.8 Resultados del método del acontecimiento rápido.....95

3.8.1 Sistema de bombeo Nº1.....95

3.8.2 Sistema de bombeo Nº2.....96

3.8.3 Sistema de bombeo Nº3.....98

3.8.4 Sistema de bombeo Nº4.....100

3.8.5 Sistema de bombeo Nº5.....102

3.8.6 Sistema de bombeo Nº6.....104

3.8.7 Sistema de bombeo Nº7 105

3.9 Análisis de transitorios hidráulicos por el método de las características 107

CAPÍTULO 4: COSTOS 113

4.1 Costos directos 113

4.2 Costos indirectos 114

4.3 Resumen de costos 114

CAPÍTULO 5: ÁNALISIS DE RESULTADOS 117

5.1 Análisis técnico 117

5.1.1 Sistema de bombeo Nº1 117

5.1.2 Sistema de bombeo Nº2 118

5.1.3 Sistema de bombeo Nº3 121

5.1.4 Sistema de bombeo Nº4 121

5.1.5 Sistema de bombeo Nº5 125

5.1.6 Sistema de bombeo Nº6 125

5.1.7 Sistema de bombeo Nº7 128

5.2 Confrontación de resultados 130

CONCLUSIONES 133

RECOMENDACIONES 134

BIBLIOGRAFÍA 135

ANEXOS 137

PRÓLOGO

Los transitorios hidráulicos, o conocido como golpe de ariete, generan sobrepresiones y/o depresiones, que son parámetros importantes en el diseño de sistemas de bombeo de fluidos y en especial el transporte de agua en el sector minero, ya que ésta es fundamental para la operación minera.

El cálculo y análisis de los transitorios hidráulicos se puede realizar por diferentes métodos, siendo el método del acontecimiento rápido y el método de las características los más conocidos y empleados por las empresas de ingeniería del sector minero.

El objetivo del presente informe es realizar un análisis técnico-económico del método del acontecimiento rápido y el método de las características para el análisis de transitorios hidráulicos de sistemas de bombeo de agua en el sector minero, para establecer un criterio de uso de cada uno de los métodos.

En el primer capítulo se muestra la introducción del presente informe dividida en cuatro subcapítulos describiendo los objetivos, alcances, justificaciones y descripción del presente trabajo de investigación.

En el segundo capítulo se describen los conceptos básicos de la mecánica de fluidos para el cálculo hidráulico de los sistemas de bombeo, los criterios de diseño adoptados, la teoría de los transitorios hidráulicos y se describe el cálculo por el método del acontecimiento rápido y el método de las características.

En el tercer capítulo se definen los materiales empleados para cada fluido y los limites de dichos materiales ante cargas ocasionales o sobrepresiones generadas por los transitorios hidráulicos. Asimismo se realiza el cálculo hidráulico de los siete sistemas de bombeo y el análisis de transitorios hidráulicos a los siete sistemas de bombeo por el método del acontecimiento rápido y el método de las características.

En el cuarto capítulo se determinan los costos de cada sistema de bombeo calculado por cada método.

En el quinto capítulo se realiza el análisis técnico de los resultados de ambos métodos y se hace la confrontación de resultados técnicos y económicos.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente informe de acuerdo a los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

Muchas de las operaciones y procesos mineros requieren transportar fluidos, los cuáles pueden ser transportados mediante camiones cisterna, por el efecto de la gravedad o por un sistema de bombeo. Este último comprende tanques, reservorios, bombas, tuberías, válvulas, accesorios, instrumentos de control y medición.

En los sistemas de bombeo se presenta un fenómeno conocido como "golpe de ariete". Este fenómeno se presenta durante el cierre de válvulas, arranque y parada de bombas no controladas o un corte intempestivo de la energía generándose sobrepresiones y/o depresiones que al superar los límites de los materiales empleados en las tuberías, válvulas, bombas o soportes hacen fallar el sistema, lo cual es indeseable.

1.1 Objetivo

Realizar un análisis técnico-económico entre el método del acontecimiento rápido y el método de las características para el análisis de transitorios hidráulicos de sistemas de bombeo de agua en el sector minero, con la finalidad de establecer un criterio de uso de cada uno de los métodos.

1.2 Alcances

El presente informe de ingeniería abarca lo siguiente:

- Cálculo hidráulico de siete sistemas de bombeo de agua, diseñados para la compañía minera Yanacocha en los años 2008 y 2009, teniendo en cuenta que todos los sistemas sean de succión positiva y de descarga libre en un reservorio o tanque.
- Análisis de transitorios hidráulicos de los siete sistemas de bombeo por el método del acontecimiento rápido.
- Análisis de transitorios hidráulicos de los siete sistemas de bombeo mediante el método de las características empleando el software Hammer V8i desarrollado por la firma Bentley.
- Determinar el costo de los sistemas de bombeo diseñados bajo el método del acontecimiento rápido.
- Determinar el costo de los sistemas de bombeo diseñados bajo el método de método de las características.

El presente informe no incluye lo siguiente:

- Desarrollo de planos de los sistemas de bombeo.
- La determinación de los caudales de cada sistema de bombeo, los caudales se tomarán como parámetro de ingreso.

1.3 Justificación

Los sistemas de bombeo son diseñados tomando en cuenta que deben abastecer el caudal requerido para un proceso determinado, y con el menor costo. El costo depende del material la tubería y su espesor, los cuales deben ser tal que soporten la sobrepresión como consecuencia de un cierre intempestivo de válvula o un corte de energía eléctrica. Para evaluar si un material y espesor de tubería son los adecuados para soportar la sobrepresión se realiza un análisis de transitorios hidráulicos, para cual se tiene el método acontecimiento rápido y método de las características. De acuerdo a la experiencia en el diseño de diferentes sistemas de bombeo en algunos casos estos métodos dan resultados diferentes, lo cual representa costos adicionales que se quieren evitar; por lo que hace necesario realiza el análisis de transitorios hidráulicos en los sistemas de bombeo de agua para el sector minero a fin de establecer el uso del método acontecimiento rápido y método de las características con la finalidad de evitar el sobredimensionamiento de los sistemas de bombeo.

1.4 Descripción del trabajo

El trabajo se inicio con el análisis de siete sistemas de bombeo de agua del sector minero, los cuales se encuentran funcionando actualmente.

Para cada sistema de bombeo se especifica es material de tuberías, válvulas y accesorios adecuados a las características físicas del fluido a transportar, gradiente hidráulico y perdidas de energía

Considerando los materiales de las tuberías, válvulas y accesorios, diámetros interior de tuberías y gradiente hidráulico, se realizo el análisis de transitorios hidráulicos por el método del acontecimiento rápido y el método de las características a cada sistema de bombeo.

Se llevo a cabo el costeo de cada sistema de bombeo, de acuerdo a cada método de cálculo de transitorios hidráulicos aplicado.

Se realizó el análisis técnico, de los resultados obtenidos por la aplicación de cada método en cada uno de los siete sistemas de bombeo.

Finalmente se listo una comparación técnica-económica en cada uno de los siete sistemas de bombeo, a los que se aplicaron el método del acontecimiento rápido y el método de las características.

CAPÍTULO 2:

FUNDAMENTO TEORICO DEL CÁLCULO HIDRÀULICO Y TRANSITORIOS HIDRÁULICOS

2.1 Fundamento teórico del cálculo hidráulico

En los siguientes acápites de desarrollará la teoría y criterios de diseños empleados en el cálculo hidráulico de los sistemas de bombeo, que posteriormente serán empleados en el análisis de transitorios hidráulicos.

2.2 Teorema de Bernoulli. Ecuación de la Energía

La forma más conocida del teorema de Bernoulli es:

$$\frac{P}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}+ Z = Constante \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$

Donde:

P : Presión, en Pa

V : Velocidad del fluido, en m/s

Z : Elevación, en m

γ : Peso especifico del fluido, en N/m^3

g : Aceleración de la gravedad, g= $9,81 m/s^2$

La suma de los tres términos es constante a lo largo de una línea de corriente en un movimiento permanente e irrotacional (Un fluido ideal).

Cada uno de los tres términos tiene las dimensiones de una energía por unidad de peso del fluido

Al término $V^2/2g$, se le conoce con el nombre de energía de velocidad o energía cinética y representa la altura desde que debe caer libremente un cuerpo, que parte del reposo, para adquirir la velocidad V.

Los otros dos términos son la altura de presión y la elevación. Su suma representa la energía potencial y constituye la cota piezométrica.

El teorema de Bernoulli significa que para una línea de corriente la suma de la energía cinética y la potencial es constante. En una tubería cada línea de corriente tiene un valor propio para la suma de Bernoulli. Su representación grafica a lo largo de una línea de corriente es la siguiente:

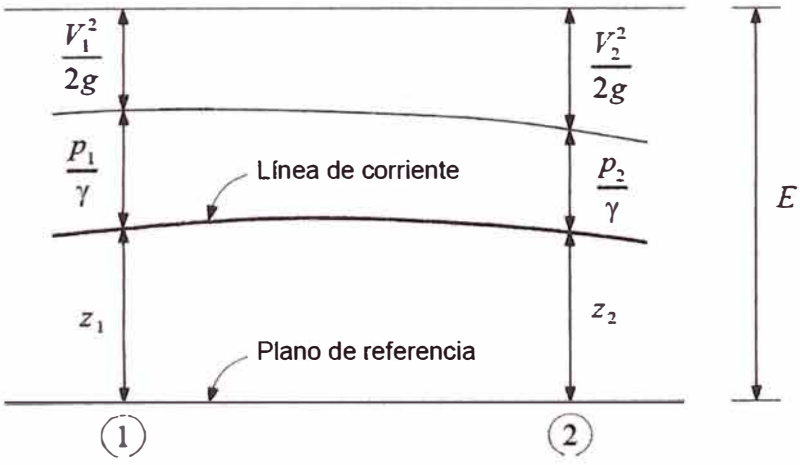


Figura 2.1 Representación Grafica del Teorema de Bernoulli

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

En un fluido ideal, la energía E en la sección 1 es igual a la energía en la sección 2, como se puede apreciar en la Figura 2.1.

Para un fluido real habría pérdida de energía entre la sección 1 y 2. En realidad no es energía perdida, sino transformada en calor debido a la fricción. En consecuencia la ecuación de la energía para un fluido real es entonces:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{{V_1}^2}{2g} + Z_1 += \frac{P_2}{\gamma} + \frac{{V_2}^2}{2g} + Z_2 + \sum hf_{1-2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.2)$$

O bien:

$$E_1 = E_2 + \sum hf_{1-2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.3)$$

Donde E es la energía total y $\sum hf_{1-2}$ es la disipación de energía entre las secciones 1 y 2. Los sub-índices 1 y 2 corresponden a las secciones indicadas en la Figura 2.1.

2.2.1 Ecuación de la energía para una bomba:

Si aplicamos la ecuación de la energía entre la sección (i) y la sección (f) del sistema de bombeo como el de la Figura 2.2 se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{P_i}{\gamma} + \frac{{V_i}^2}{2g} + Z_i + H = \frac{P_f}{\gamma} + \frac{{V_f}^2}{2g} + Z_f + \sum hf_{p\,i-f} + \sum hf_{s\,i-f} \dots\dots\dots (2.4)$$

Donde:

P_i : Presión inicial, en Pa

V_i : Velocidad del fluido inicial, en m/s

Z_i : Elevación inicial, en m

H : Altura dinámica de la bomba, en m

P_f : Presión final, en Pa

V_f : Velocidad del fluido final, en m/s

Z_f : Elevación final, en m

γ : Peso especifico del fluido, en N/m^3

g : Aceleración de la gravedad, g= 9,81m/s^2

$hf_{p\,i-f}$: Altura de pérdidas primarias, en m

$hf_{s\,i-f}$: Altura de pérdidas secundarias, en m

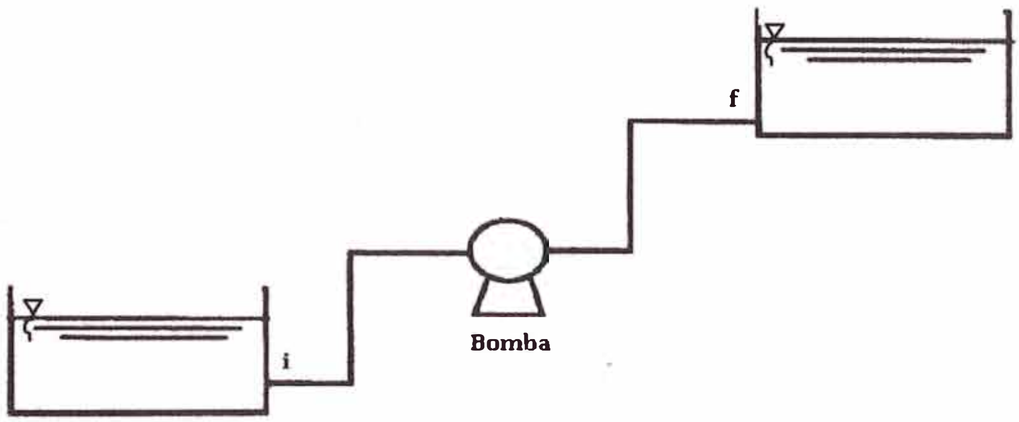


Figura 2.2 Representación Grafica del Sistema de Bombeo

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Pérdidas de carga primaria

Las pérdidas primarias se dan sólo en las tuberías y se determinan empleando la ecuación de Darcy-Weisbach, expresada de la siguiente forma:

$$hf_p = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.5)$$

Donde:

hf_p : Altura de pérdidas primarias, en m

f : Coeficiente de fricción

L : Longitud de tubería, en m

D : Diámetro interior de la tubería, en m

V : Velocidad del fluido, en m/s

g : Aceleración de la gravedad, g= 9,81m/s^2

2.2.3 Pérdidas secundarias

Las pérdidas secundarias se dan en los accesorios, válvulas, elementos de instrumentación y control. Para su cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$hf_s = K\frac{V^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.6)$$

Donde:

hf_s : Altura de pérdidas secundarias, en m

K : Coeficiente de forma del accesorio

V : Velocidad del fluido, en m/s

g : Aceleración de la gravedad, g= 9,81m/s^2

2.2.4 Número de Reynolds (Re)

El valor del número de Reynolds determina el tipo de régimen al cual está sometido el fluido a través del interior de la tubería. Se define en base a la siguiente expresión:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

Donde:

Re : Número de Reynolds

V : Velocidad del fluido, en m/s

D : Diámetro interior de la tubería, en m

ρ : Densidad del fluido, en kg/m^3

μ : Viscosidad dinámica del fluido, en Pa.s

Además el número de Reynolds permite predecir el carácter turbulento o laminar del flujo. Cuando el valor es menor de 2000 el flujo será laminar y si es mayor el flujo es considerado turbulento.

2.2.5 Coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción es un número adimensional que depende de la rugosidad de la tubería, geometría de la tubería y régimen de flujo. En el caso de flujos de régimen laminar se determina mediante la siguiente expresión.

$$f = \frac{64}{Re} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

Para regímenes de flujo turbulento se emplea la ecuación de Colebrook-White, representándose mediante la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2log_{10}\left(\frac{e}{3{,}7D} + \frac{2{,}51}{Re\sqrt{f}}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.9)$$

Como se puede observar la ecuación de Colebrook-White tiene al coeficiente de fricción en ambos miembros de la ecuación, por lo que se requiere de iteraciones para resolverla. Swamee–Jain desarrollaron una ecuación en la cual se puede determinar de manera directa el coeficiente de

fricción. En consecuencia para el cálculo hidráulico de los sistemas de bombeo se empleará la siguiente expresión.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2log_{10}\left(\frac{e}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.10)$$

Donde:

f : Factor de fricción

e : Rugosidad absoluta del material de la tubería, en mm

D : Diámetro interior de la tubería, en mm

Re : Número de Reynolds

2.3 Criterios de diseño

Los criterios de diseño establecen las prácticas y estándares de ingeniería que deberán ser seguidas en la ejecución del diseño de los sistemas de bombeo y dimensionamiento de tuberías. Para el cálculo hidráulico de los siete sistemas de bombeo se han adoptado los siguientes criterios de diseño:

2.3.1 Criterio de caída de presión

Cuando la presión inicial es conocida, es relativamente sencillo dimensionar una línea. El dimensionamiento de la tubería deberá ser tal modo de no exceder la máxima pérdida friccional admisible y lograr la presión requerida en el punto de consumo. A continuación, se establecen recomendaciones acerca de la máxima caída de presión debido a pérdidas fricciónales.

- Para líneas presurizadas de fluidos líquidos: 5% de la longitud de línea.
- Para líneas presurizadas gravimétricas : 3% de la longitud de línea.

Un margen de seguridad de 5% a 20% debe ser añadido a todos los cálculos por pérdidas fricciónales, debido a las variaciones de superficie internas y/o variaciones de diámetro interno, ya sea por fabricación, envejecimiento y/o naturaleza del fluido. Este margen de seguridad debe ser añadido sólo en el caso de pérdidas primarias y no en secundarias.

Las perdidas primarias, secundarias y coeficiente de fricción deberán ser determinados de acuerdo a lo indicado en los ítems 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4 y 2.2.5.

En cuanto a la rugosidad absoluta de las tuberías, se consideran los siguientes valores:

- HDPE : 0,021300 mm[(1)]
- Acero Inoxidable : 0,045720 mm[(2)]
- Acero al Carbono : 0,045720 mm[(2)]
- Acero al Carbono Galvanizado : 0,152400 mm[(2)]

[(1)] Fuente: Fabricante Performance Pipe

[(2)] Fuente: Libro Flow of Fluid Through Valve, Fittings and Pipe - Crane

2.3.2 Criterio de velocidad de flujo

Cada tamaño de línea calculada debe ser revisado para asegurarse de que la velocidad resultante sea razonable. Si el tamaño de una tubería no está regido por la caída de presión o factores económicos, entonces los límites de velocidad son por lo general el factor decisivo. Además, otras limitaciones de velocidad, tales como sedimentación, velocidad de erosión, velocidad sónica, velocidad de arrastre y ruido deben considerarse al dimensionar las tuberías.

Cuando la velocidad es el factor decisivo, las tuberías para solución acuosa deberán ser dimensionadas en base al flujo de diseño y al siguiente criterio de velocidad:

- Servicio general : 1,0 a 3,0 m/s
- Drenajes y succión de bombas : 1,0 a 2,0 m/s

La finalidad del criterio de la velocidad es ser una guía general. Velocidades fuera de este rango admisible pueden ser aceptables y deberán ser evaluadas.

2.4 Fundamento teórico de los transitorios hidráulicos

El movimiento de un fluido es usualmente complejo. Un flujo es estacionario si la velocidad, presión y área de flujo no varían con el tiempo en alguna determinada sección, aun pudiendo estos variar de un punto a otro. Pero si en algún punto las condiciones varían con el tiempo se dice que el flujo es transitorio o variable.

2.5 Tipos de transitorios hidráulicos

Existen tres tipos de transitorios hidráulicos, los cuales están clasificados en función de la rapidez con la que se producen los cambios en las condiciones o variables que definen el transitorio hidráulico:

2.5.1 Transitorio lento o cuasi-elástico

Las variables significativas de flujo, fundamentalmente caudales y presiones varían de manera muy lenta con el tiempo.

2.5.2 Transitorio rápido o de oscilación de masa

Los cambios de las variables significativas a lo largo del tiempo son importantes, pero no tanto como para tomar en cuenta los efectos elásticos del fluido y de la tubería. De hecho las variaciones de presión no llegan a modificar de manera significativa la energía elástica almacenada por el fluido y/o el material de la tubería de conducción. El modelo hidráulico que lo analiza se conoce con el nombre de “modelo rígido”.

2.5.3 Transitorio muy rápido o golpe de ariete

Debido a la violencia de las perturbaciones introducidas en los sistemas hidráulicos se genera cambios de presión muy importantes, variando de manera significativa la energía elástica almacenada en el fluido y tubería. El modelo hidráulico que se utiliza para este tipo de transitorios hidráulicos considera la compresibilidad del fluido y elasticidad de la tubería, y se le conoce como el "modelo elástico".

2.6 Descripción física del golpe de ariete como transitorio hidráulico elástico

Para describir el fenómeno se considera una instalación simple, comprendida por un sistema de bombeo provisto de una válvula de retención en la descarga que alimenta a un depósito a través de una tubería horizontal, como se muestra en la Figura 2.3. El transitorio sobreviene cuando por un fallo de energía, por ejemplo, se produce la parada del sistema de bombeo. Como se va a ver en la descripción del fenómeno, el proceso se caracteriza por una transformación alternativa cíclica de la energía cinética que arrastra el líquido en energía elástica que almacenarán tanto el fluido como las paredes de la propia tubería.

Ya que se quiere centrar la atención exclusivamente en la descripción física del fenómeno, se admitirá que no existen perdidas por fricción, lo que equivale a suponer un amortiguamiento nulo en la transmisión de las sucesivas perturbaciones. Asimismo se despreciará la inercia que puede tener el grupo motor-bomba, por lo que la válvula de retención se supondrá cierra de inmediato al producirse un fallo en el suministro de energía del

motor. Tampoco la altura cinética del fluido $V^2/2g$ es tomada en consideración. Con estas simplificaciones la condición inicial que representa la parada del sistema de bombeo sería una línea de alturas piezométricas horizontal, que es la correspondiente al régimen estacionario.

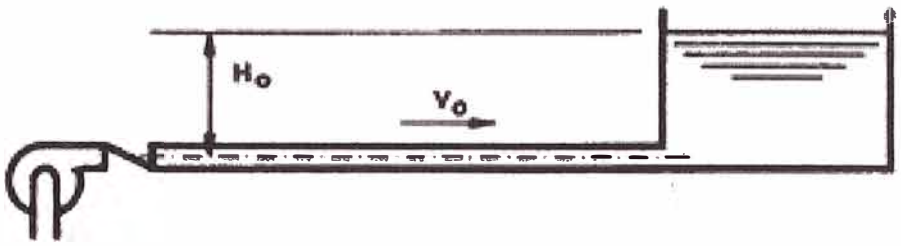


Figura 2.3 Sistema de bombeo provisto por una válvula de retención

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

2.6.1 Primera fase

Cuando se produce la parada (accidental o voluntaria) del sistema de bombeo, la válvula de retención y el fluido continua en movimiento a lo largo de la tubería hasta que la depresión que se crea tras la válvula de retención debida a la ausencia del fluido (el que avanza no es repuesto), provoca su detención. En estas condiciones, pues, viaja una onda depresiva hacia el depósito que además va deteniendo el fluido. Si tal perturbación se propaga con una celeridad de valor a, al cabo de un tiempo L/a (siendo L la longitud del conducto) toda la tubería estará bajo los efectos de una depresión y con el fluido en reposo. La energía cinética del fluido se ha transformado en un gradiente de presiones. Ha concluido la primera fase del golpe de ariete, la primera cuarta parte del ciclo. La Figura 2.4 recoge tres fotos instantáneas de esta primera fase en la parte superior izquierda. La tercera fotografía marca el final de esta primera fase y el inicio de la siguiente.

2.6.2 Segunda fase

En este momento la presión es constante en el interior del depósito y es obviamente superior a la de la tubería (bajo los efectos de la depresión). Este desequilibrio es reparado por el depósito introduciendo fluido en la tubería que inicia un retroceso abierto hacia la válvula de retención con una velocidad, en ausencia de perdidas, igual a $-V_0$. Ahora es el gradiente energético deposito-tubería el que se convierte en energía cinética. Con el fluido a velocidad de régimen (aunque en sentido contrario), nuevamente se tiene la presión de partida en la tubería, de manera que al cabo de $2\,L/a$ segundos, toda ella está sometida a dicha presión inicial y el fluido circulando con una velocidad $-V_0$. La segunda fase se ha completado. Tres nuevas fotografías de esta fase aparecen en la parte inferior izquierda de la Figura 2.4 de nuevo la ultima presenta la situación final de esta fase y la inicial de la siguiente fase.

2.6.3 Tercera fase

El inicio de la tercera fase es una consecuencia de la concentración incontrolada de líquido junto a la válvula de retención primero y poco a poco en toda la tubería, ya que el depósito, desconocedor de cuanto liquido debe reponer para compensar la depresión, sigue permitiendo el flujo hacia la tubería. El resultado es un brusco aumento de presión junto a la válvula de retención que se propaga hacia el depósito, acompañado de una detención progresiva del fluido en la tubería, de modo que transcurridos $3\,L/a$ segundos (final de la tercera fase), todo el fluido de la tubería está en reposo y la conducción sometida a una sobrepresión de la misma magnitud que la depresión inicial. De nuevo hay una transformación de energía cinética en

potencial. La parte superior derecha de la Figura 2.4 recoge tres momentos de esta fase. El tercero marca el final de esta fase y el inicio de la siguiente.

2.6.4 Cuarta fase

Llegada la perturbación hasta las inmediaciones del depósito (es el inicio de la cuarta fase) existe un gradiente de presión entre la tubería y deposito (mayor presión en la tubería que en el depósito), que hace que el fluido inicie de nuevo el movimiento, esta vez en la dirección original y con la misma velocidad $-V_0$. Transcurridos $4L/a$ segundos, la situación es idéntica a la que se tenía en el instante inicial. La Figura 2.4 presenta en su parte inferior derecha tres momentos de esta fase. El último es, a su vez, la situación de partida para el nuevo ciclo y, obviamente, coincide con la Figura 2.3.

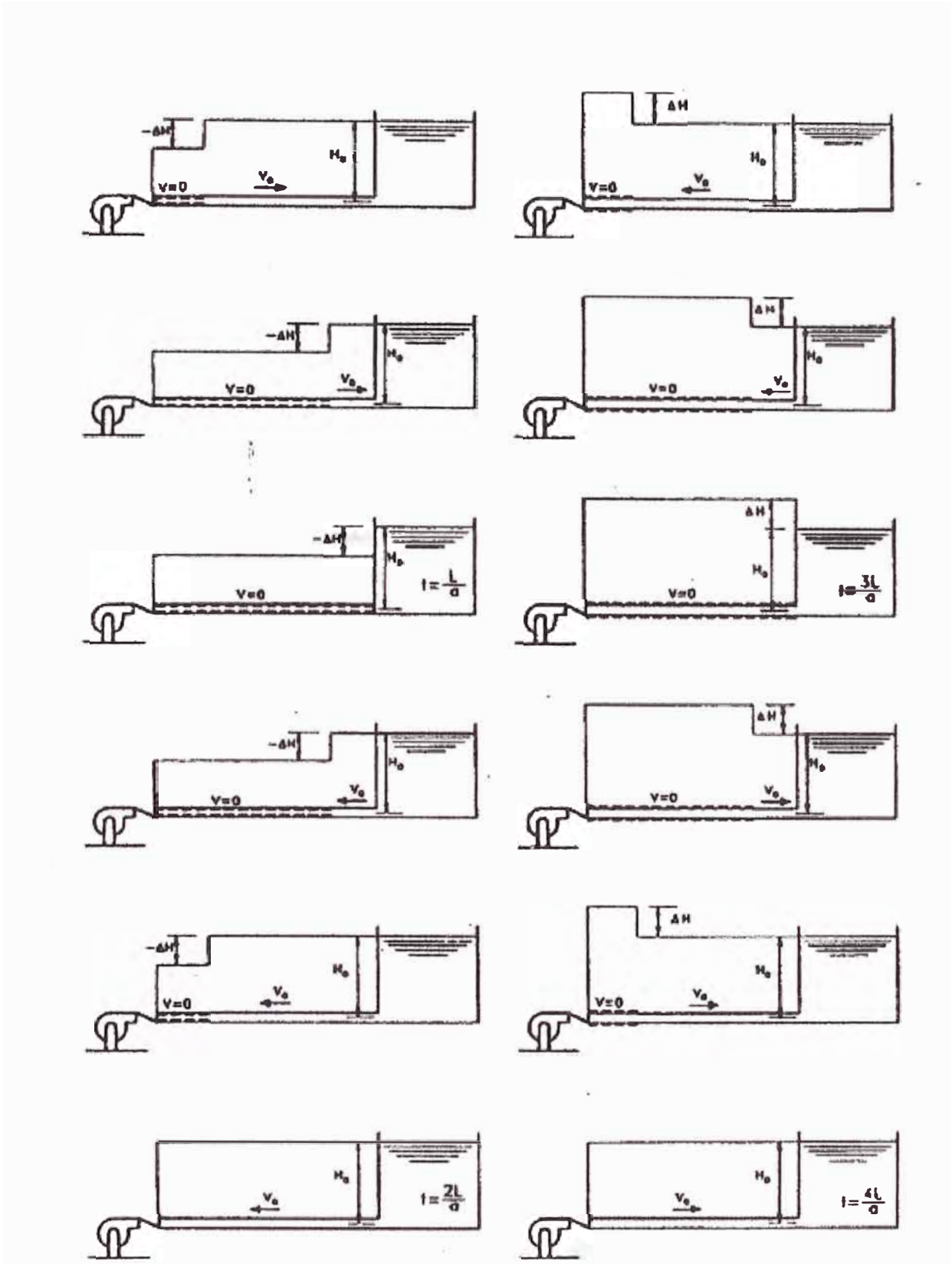


Figura 2.4 Sistema de bombeo provisto por una válvula de retención

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Las Figuras 2.5 y 2.6 ayudan a clarificar la exposición precedente por cuanto muestran las variaciones temporales, respectivamente, de la atura piezométricas al lado de la válvula de retención y en el punto medio de la tubería, y de velocidades en el punto medio de la tubería y a la entrada del depósito.

En resumen, el golpe de ariete en una tubería simple (el problema es mucho más complejo cuando aparecen ramificaciones), es un fenómeno cíclico de periodo $4 \cdot L/a$ que se inicia con la fase depresiva, para la instalación de la figura 2.3, continuando seguidamente con sobrepresiones y depresiones alternativas. En realidad debido al rozamiento, las fluctuaciones que presentan las figuras 2.5 y 2.6, no son rectangulares, sino curvas más suaves que se amortiguan en el tiempo.

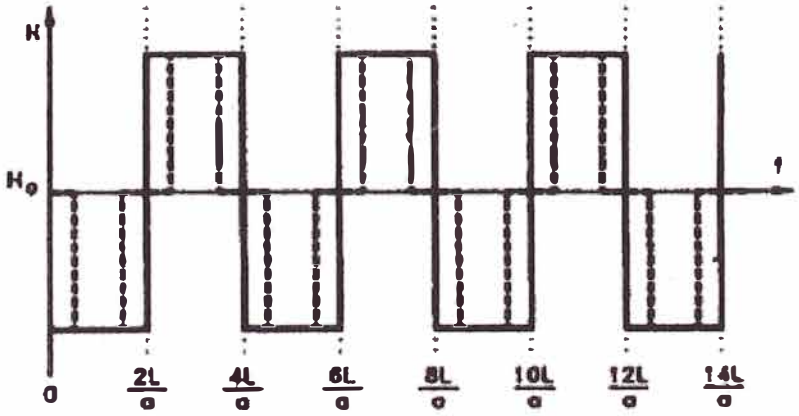


Figura 2.5 Variación de la altura piezométrica junto a la válvula de retención

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

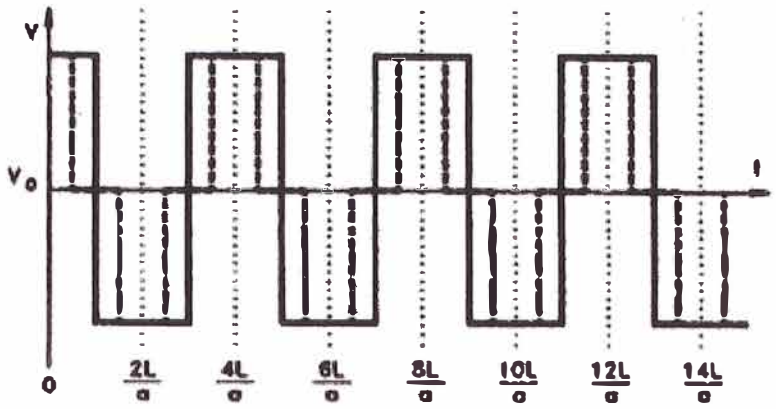


Figura 2.6 Variación de la velocidad a la entrada del depósito

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

La descripción intuitiva anterior puede ser fundamentada de manera rigurosa mediante la aplicación principios físicos conocidos. Los balances integrales que se consideran en el siguiente párrafo tienen este propósito:

2.7 Balances integrales unidimensionales

Las dos expresiones básicas de los transitorios hidráulicos elásticos, a saber la relación causa-efecto ($\Delta V\ \Delta p$), o pulso de Jowkowski, así como la celeridad a la que se propaga la perturbación pueden ser elaboradas a partir de balances integrales de masa y fuerza.

Por balance integral se entiende el que se lleva a cabo sobre un elemento de volumen finito, que en este caso coincide con la totalidad de la conducción, a diferencia del balance diferencial que se efectúa sobre un elemento de volumen infinitesimal. Los balances diferenciales de fuerza y masa permitirán establecer las ecuaciones constitutivas básicas de los transitorios hidráulicos elásticos.

2.7.1 Balance integral de fuerzas o pulso de Jowkowski

El pulso de Jowkowski para el máximo cambio de velocidad posible, es decir, desde el valor inicial V_O hasta cero, se deduce fácilmente a partir de la aplicación de la ecuación integral de la cantidad de movimiento (o balance integral de fuerzas) al volumen de control detallado en la figura 2.7, y admitiendo los siguientes supuestos:

- No se consideran perdidas por fricción en las tuberías
- El flujo es unidimensional, con una sola variable espacial significativa (el eje x).
- El cierre de la válvula es, además de instantáneo (tiempo de cierre, $T_0 = 0$) total, por lo que el decremento de la velocidad coincide con su valor inicial V_0.
- La tubería es horizontal, no existiendo, por tanto, contribución del campo gravitatorio. En general, la influencia del peso del fluido es irrelevante cuando se analizan transitorios hidráulicos elásticos.
- La línea de alturas piezométricas no contempla la perdida de altura en la tubería a causa del término cinético.

De la ecuación integral de la cantidad de movimiento, se tiene:

$$\sum F = \frac{\partial}{\partial}(M_{VC}) + \int_{SC} \rho V dQ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.11)$$

En donde el significado de cada término es el siguiente:

: Fuerzas exteriores que actúan sobre el volumen de control

$\frac{\partial}{\partial}(M_{VC})$: Variación local de la cantidad de movimiento encerrada en el volumen de control

$\int_{SC} \rho V dQ$: Flujo de cantidad de movimiento a través de la superficie de control.

El decremento de velocidad $\Delta V = 0 - V_0 = -V_0$ genera un pulso de presión Δp cuya intensidad se quiere determinar. Debido a la elasticidad de las paredes de la tubería y a la compresibilidad del fluido, el pulso de presión, o perturbación, se desplaza con una celeridad a, en el sentido de aguas arriba. La Figura 2.7 presenta una fotografía instantánea de la situación de la tubería en un instante $0 < t < L/a$, en la que se observan dos partes bien delimitadas de la conducción. En la parte próxima a la válvula, $L - x$, la velocidad es nula y la presión ha aumentado respecto al valor de régimen en Δp, estando la tubería consecuentemente dilatada respecto a su situación original. La zona próxima al depósito, que comprende los primeros x metros de la tubería, se encuentra en la situación original.

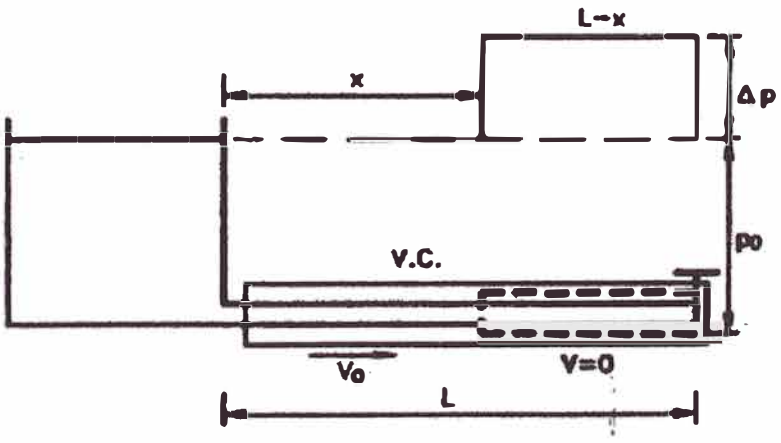


Figura 2.7 Situación tras cierre de la válvula de retención

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Los valores de los términos que componen la ecuación (2.11) son los indicados a continuación. Las fuerzas exteriores son:

$$\sum F = -(p_0 + \Delta p).A + p_0.A = -\Delta p.A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.12)$$

En donde las fuerzas gravitacionales y de rozamiento, en la dirección de la tubería, no tienen contribución alguna por las hipótesis efectuadas. Tan solo aparecen las fuerzas de presión, siendo Δp la magnitud a determinar.

La cantidad de movimiento encerrada en el volumen de control es:

$$M_{VC} = V_0.x.A.\rho \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.13)$$

Y su variación temporal:

$$\frac{\partial M_{VC}}{\partial t} = V_0.\rho.A.\frac{dx}{dt} = V_0.\rho.A.[-(a - V_0)] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.14)$$

Habiéndose considerado, al derivar, que las variaciones temporales de densidad, ρ, y de sección, A, son mucho menos significativas que la variación temporal de la longitud de tubería afectada por la perturbación generada por el cierre de la válvula, de valor genérico x. De otra parte, y por definición, la celeridad de una onda se refiere siempre al fluido, y no a una referencia fija. Por tanto:

$$\frac{dx}{dt} = a - V_0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.15)$$

En donde se tiene en cuenta que a y V_0 son positivos y dx/dt es negativo.

El último sumando de la ecuación (2.11) resulta ser:

$$\int_{SC} \rho.V.dQ = 0 - \rho.V_0^2.A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.16)$$

Ya que no sale fluido del Volumen de Control y continúa existiendo aporte al no haber llegado, en el instante de tiempo genérico considerado, la perturbación al depósito.

Sustituyendo (2.12), (2.13) y (2.14) en (2.11), se obtiene:

$$-\Delta p.A = -a.V_0.\rho.A + \rho.V_0^2.A - \rho.V_0^2.A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.17)$$

Es decir:

$$-\Delta p = \rho.a.V_0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.18)$$

O bien, relacionando la variación de presión con la velocidad:

$$\Delta p = -\rho.a.\Delta V \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.19)$$

Ya que, en este caso el fluido ha sido totalmente frenado y el decremento habido es igual a $\Delta V = 0 - V_0$.

El pulso de Jowkowski $\Delta p = \rho.a.V_0$ constituye, en la inmensa mayoría de los casos, la máxima sobrepresión que se puede alcanzar, toda vez que se corresponde con el máximo decremento de velocidad posible. Se debe tener presente, además, que su valor se ha obtenido con una serie de hipótesis simplificativas (cual es despreciar la fricción), que ponen en todo caso del lado conservador.

Existen, sin embargo, situaciones en las que es posible alcanzar sobrepresiones superiores a la proporcionada por la ecuación (2.16). Por un

lado, el llamado efecto de empaquetamiento, que es tanto más importante cuando mayores sean las perdidas, añade valores extra a los pulsos de Jowkowski. Por otro lado, cuando se rompe la columna de líquido y aparece cavitación, los picos subsiguientes al colapso de la burbuja de vapor pueden ser extremadamente violentos.

2.7.2 Balance integral de masa: Celeridad del pulso de presión

La expresión para la celeridad propuesta por Korteweg tiene una fácil deducción que, al mismo tiempo, aporta claridad a los conceptos de elasticidad de tubería y fluido. Resulta intuitivo que el valor de la celeridad en un sistema dado dependa fundamentalmente tanto del parámetro que caracteriza la elasticidad del medio fluido (K), como del parámetro que hace lo propio con el material de la tubería (E). Otros parámetros menos relevantes son el espesor (e) y la forma de la sección recta del conducto que, en el caso que aquí se trata, se plasma en el diámetro (D) de la conducción.

De otra parte, también es lógico decir que la celeridad a seria infinita si el fluido y tubería fueran totalmente rígidos.

En el valor de la celeridad, aunque de manera mucho menos relevante, también influye el modo de sujeción de la tubería, ya que dependiendo de cómo se haya llevado a cabo, tendrá la posibilidad de expansionarse longitudinalmente, además de axialmente. En principio tres casos cabria a contemplar:

- Tubería sujeta solo en sentido longitudinal en el extremo de aguas arriba.
- Tubería totalmente anclada y sin juntas de expansión.
- Tubería totalmente anclada y con juntas de expansión.

El presente fundamento teórico solo se trata el tercero de los supuestos, el más común.

La expresión de la celeridad para el caso bajo consideración puede calcularse efectuando un balance de volúmenes. El razonamiento es elemental y utiliza también la figura 2.7. En el instante genérico que esta figura considera, el fluido continua entrando en la conducción, y así seguirá hasta el instante $t = L/a$ en que la perturbación alcanza el depósito. Obviamente esa entrada de fluido es posible porque este se comprime al tiempo que la tubería se dilata. Todos estos efectos están originados por el aumento de presión Δp.

El balance de volúmenes es simplemente:

$$\Delta\forall_T = \Delta\forall_1 + \Delta\forall_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.20)$$

Siendo, por un lado

$$\Delta\forall_T = V_0.A.L/a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.21)$$

El volumen entrante.

Por otro lado:

$$\Delta\forall_1 = \forall.\Delta p/K \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.22)$$

Es el volumen adicional que se ha generado como resultado de haberse comprimido el fluido, tal y como se deduce a partir de la definición del modulo elástico del fluido (nótese que no se toman en consideración los signos opuestos de Δp y $\Delta\forall$ por tener este ultimo un valor positivo en el balance efectuado).

Finalmente:

$$\Delta\forall_2 = L.\Delta A = L.\frac{\pi.D}{2}.\Delta D \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.23)$$

Es el aumento de volumen debido a la dilatación de las paredes. Lógicamente $\Delta\forall_1 + \Delta\forall_2$ representa el hueco total generado para dar cabida a $\Delta\forall_T$.

El incremento de diámetro ΔD se determina tomando en consideración la ley de Young, que proporciona el alargamiento unitario $\varepsilon_0 = \sigma/E = \Delta D/D$. La tensión de trabajo (σ) a la que están sometidas las paredes de la tubería es función del incremento de presión, Δp, del diámetro, D, y del espesor, e, de la conducción. En efecto, la unidad de longitud de tubería representada por su sección recta en la Figura 2.8 está sometida a las fuerzas que se indican, y de su igualdad se concluye:

$$\sigma = \frac{T}{2e} = \frac{\Delta p.D}{2e} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.24)$$

Tal y como se obtiene en estática de fluidos.

Recordando la expresión del pulso de Jowkowski, $\Delta p = \rho . a . V_0$, que corresponde a un cierre instantáneo, y teniendo presente que la ley de Young proporciona el alargamiento total en función del unitario, el balance (2.17) se expresa, sustituyendo (2.18) y (2.21), como:

$$\frac{L}{a} . V_0 . A = \rho . \frac{L . a . A . V_0}{K} + L . \frac{\pi . D}{2} . \frac{\rho . a . V_0 . D^2}{2 . e . E} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.25)$$

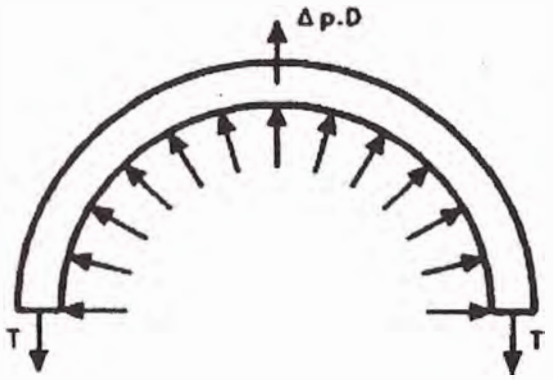


Figura 2.8 Fuerzas sobre una tubería

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Que debidamente operada, conduce hasta:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K . D}{E . e}}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.26)$$

Obsérvese que de haber considerado la tubería indeformable, es decir, de haberle supuesto un modulo de Young E infinito, el volumen $\Delta \forall_2$ habría sido nulo, y toda la variación de volumen habría sido imputable al fluido. La fórmula que se obtiene en tal caso para la celeridad es la expresión obtenida por Newton.

2.8 Conceptos de acontecimiento rápido y lento

Considérese la instalación de la Figura 2.9, en la que a final de la conducción se halla una válvula cuyo tiempo de maniobra, T_C, es variable. Si, partiendo de las condiciones de régimen, se produce un cierre instantáneo y total ($T_C = 0$), se generará, obviamente, una sobrepresión máxima igual al pulso de Joukowski $\Delta p = \rho . a . V_0$, como consecuencia de que todo el fluido es obligado por la válvula a pararse de manera inmediata. El resto de la columna va deteniéndose de manera progresiva, con una celeridad a, como consecuencia de admitir efectos elásticos en fluido y paredes.

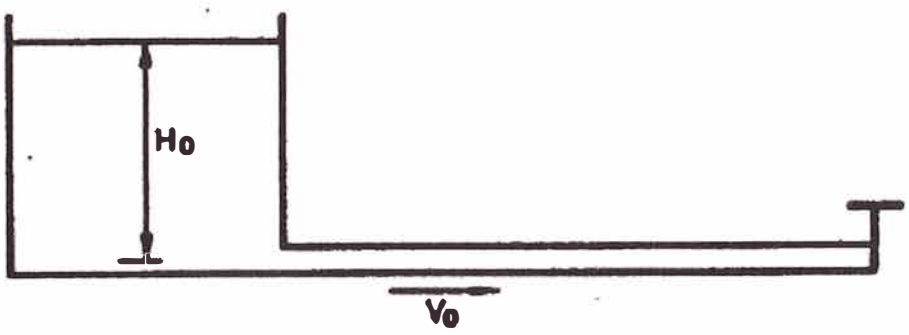


Figura 2.9 Descarga de un depósito controlada por una válvula

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Como se vio en el acápite 2.6, que la onda de presión viaja en el sentido aguas arriba, hasta el depósito donde llega en el instante L/a y allí se refleja, invirtiéndose el signo de su pulso. Posteriormente, en el tiempo $t = 2L/a$ la onda llega nuevamente a la válvula que la generó. La evolución de la presión y de la velocidad en el punto medio de la tubería, que muestra la Figura 2.10, posibilita una mejor compresión del fenómeno.

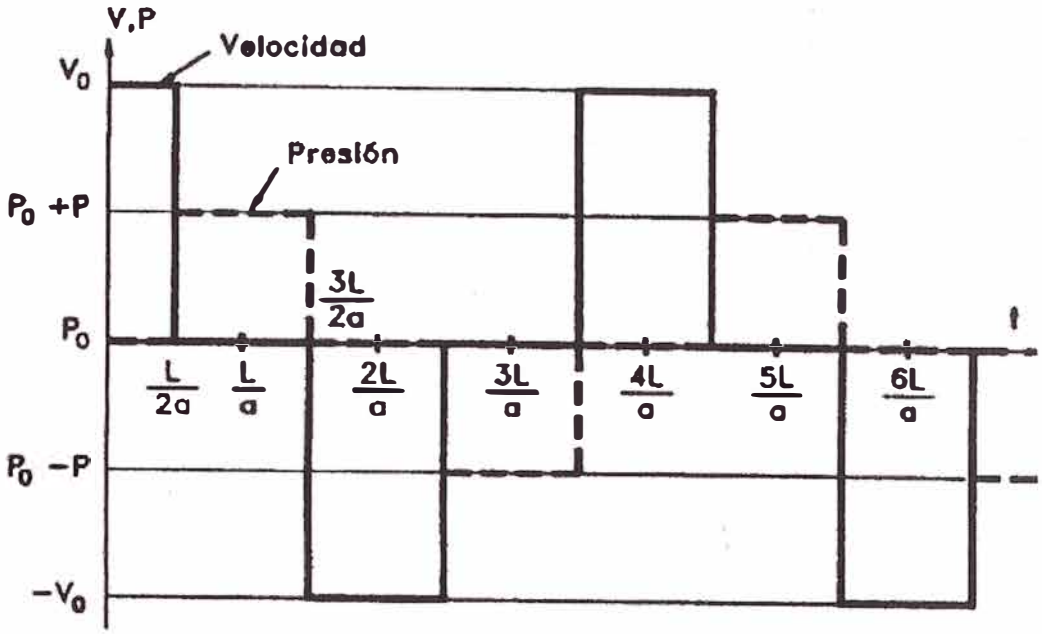


Figura 2.10 Variación de la presión y velocidad del punto medio de la conducción, tras un cierre instantáneo [(T]_C=0).

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Supóngase ahora que el cierre ya no es instantáneo, $(T_C > 0)$, pero se cumple la desigualdad $T_C < 2L/a$. Es claro que se alcanzará en la válvula la máxima sobrepresión $\Delta p = \rho . a . V_0$antes de que las primeras ondas que partieron de ella estén de vuelta con su signo invertido. Lógicamente, en este caso, se alcanza tal sobrepresión máxima por suma de una serie de ondas infinitesimales que son la consecuencia de los distintos cierres progresivos de la válvula hasta el cierre total. A un cierre como este, que no es instantáneo pero que no impide que se alcance la sobrepresión de Joukowski, se lo llama cierre rápido.

Si, finalmente, T_C es superior a $2L/a$, aun no se habrá cerrado por completo la válvula cuando las primeras ondas negativas, procedentes del depósito, estén ya de vuelta. Estas ondas negativas de retorno, tras el nuevo rebote

con la válvula, serán origen de nuevas ondas negativas que se compensaran de alguna forma con las ondas positivas que todavía produce la válvula que aun se está cerrando. En consecuencia, no se alcanzará la máxima sobrepresión $\Delta p = \rho . a . V_0$y se dirá que se trata de un cierre lento.

El planteamiento precedente se corresponde con el cierre de una válvula en donde el tiempo operacional queda perfectamente definido a partir de T_C. Sin embargo, para otros tipos de perturbaciones, como por ejemplo la parada de una bomba, es posible generalizar este concepto, y se habla, en general, de acontecimiento rápido y lento. En el caso de la parada de una bomba, por ejemplo, se toma como equivalente al tiempo de cierre T_C, el tiempo transcurrido desde que se opera la parada de la bomba, en cuyo instante la velocidad del fluido es igual a V_0, y el momento en que el flujo de agua invierte su sentido. Si este tiempo de inversión de flujo, T_I, es inferior a $2L/a$ se habla de parada de bomba rápida (o acontecimiento rápido). Si, por el contrario, el sistema tuviera una notable inercia y el tiempo de inversión, T_I, sería superior a $2L/a$ y se hablaría de una parada lenta (o acontecimiento lento).

2.8.1 Acontecimiento rápido

Como se describió líneas arriba un acontecimiento rápido es cuando el tiempo crítico es inferior a $2L/a$.

$$T_C < \frac{2L}{a} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.27)$$

La sobrepresión que se produce en un acontecimiento rápido crece gradualmente hasta llegar al pulso de Joukowski $\Delta p = \rho . a . V_0$y se mantiene hasta completar el ciclo, es decir $2L/a$. En la Figura 2.11 se muestra el crecimiento de la sobrepresión.

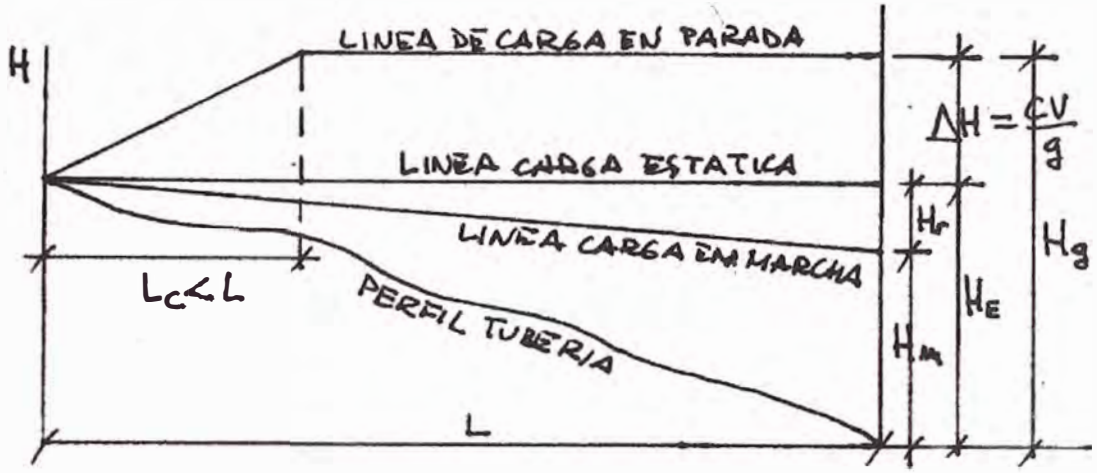


Figura 2.11 Gradiente hidráulica y sobrepresión por acontecimiento rápido

Fuente: Universidad de Sevilla – Curso online: Golpe de Ariete

Como se observa el crecimiento de la sobrepresión es gradualmente hasta la longitud crítica, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$L_C = \frac{a . T_C}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.28)$$

2.8.2 Acontecimiento lento

Como se describió líneas arriba un acontecimiento lento es cuando el tiempo crítico es superior a $2L/a$.

$$T_C > \frac{2L}{a} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.29)$$

La formula de Michaud supone que la sobrepresión máxima se alcanza precisamente en $t = 2L/a$ y proporciona su valor ante el supuesto adicional de que la velocidad disminuye linealmente, siguiendo la ley:

$$V = V_O.(1 - t/T_C) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.30)$$

Que a su vez, proporciona una disminución temporal de velocidad en la tubería igual a:

$$\Delta V = V.(2L/a) - V_O = -2L.V_O/a.T_C \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.31)$$

Con esta hipótesis la sobrepresión alcanzada en $t = 2L/a$, por aplicación del pulso de Joukowski $\Delta p = \rho.a.V_0$ será:

$$\Delta p = \frac{\rho.a.2.L.V_O}{a.T_C} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.32)$$

O bien en altura de presión:

$$\Delta H = \frac{2.L.V_O}{g.T_C} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.33)$$

En la Figura 2.12 se muestra el gráfico de la variación de la sobrepresión.

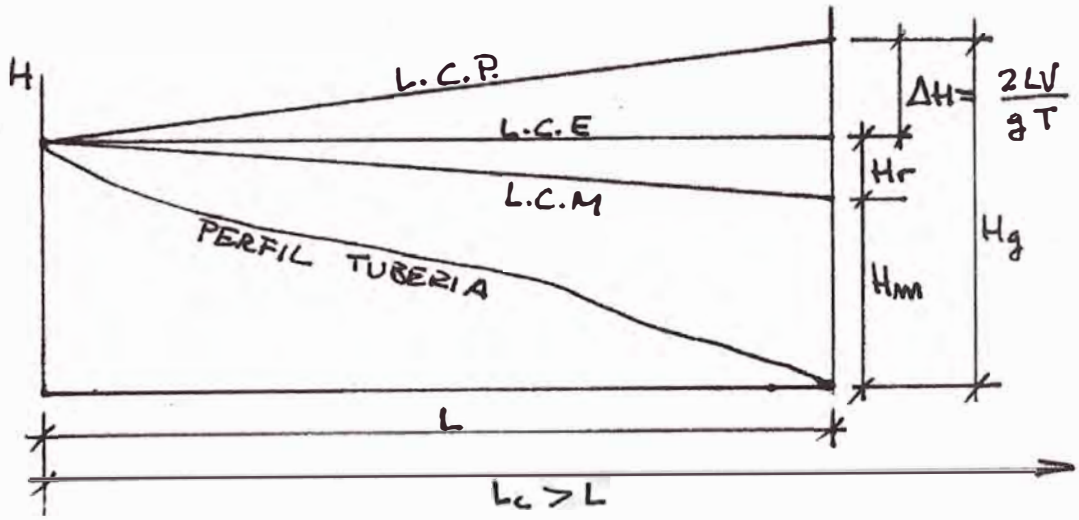


Figura 2.12 Gradiente hidráulica y sobrepresión por acontecimiento lento

Fuente: Universidad de Sevilla – Curso online: Golpe de Ariete

La formula de Michaud es válida para unas condiciones de disminución de velocidades perfectamente establecidas. Pero si estas condiciones no se

verifican puede proporciona valores para la sobrepresión máxima distintos de los reales

2.9 Balances diferenciales: ecuaciones básicas de un transitorio hidráulico

Los balances integrales realizados permiten obtener información global del fenómeno pero no el detalle de lo que acontece durante el transitorio. Sin embargo, cuando se analiza un transitorio, admitida la unidimensionalidad del flujo, se pretende obtener el detalle de la solución a través del pleno conocimiento de las funciones:

$$p = p(x,t) \;\; ; \;\; V = V(x,t) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.34)$$

Esto es, de los valores de la presión y de la velocidad a lo largo del espacio y del tiempo, a partir del instante en que se genera la perturbación que hace abandonar el estado estacionario.

Las funciones $p(x,t)$ y $V(x,t)$ resultan ser la solución de un problema diferencial mixto en el que los ingredientes son:

- Las ecuaciones en derivadas parciales que rigen el fenómeno y que se obtienen a partir de aplicar sendos balances de masa y fuerza a un elemento de volumen diferencial;
- La condición inicial que señala el punto de partida para la evolución del transitorio;
- Las condiciones de contorno que describen el comportamiento de los elementos activos que provocan y/o modifican las perturbaciones.

En los siguientes párrafos se obtienen las ecuaciones diferenciales que gobiernan el fenómeno:

2.9.1 Balance diferencial de masa: Ecuación de la continuidad

La ecuación de continuidad aplicada al volumen de control diferencial de la Figura 2.13 básicamente plantea que el flujo de masa entrante en el volumen de control más la variación temporal de masa encerrada en el mismo es igual a cero, esto es:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{VC}\rho.\delta.\forall+\int_{SC}\rho.\vec{V}.\overrightarrow{dA}=0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.35)$$

Pudiendo obviarse el carácter vectorial debido a la unidimensionalidad del flujo.

La integral del primer sumando, esto es, la masa que en un determinado momento se encuentra encerrada en el volumen de control es igual a:

$$\int_{VC}\rho.\delta.V=\left(\rho+\frac{\delta\rho}{\delta x}.\frac{\delta x}{2}\right).\left(A+\frac{\delta A}{\delta x}.\frac{\delta x}{2}\right).\partial x=\rho.A.\delta x \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.36)$$

Calculada a partir de los valores medios de densidad y sección en el interior del volumen de control. La expresión final se obtiene al operar y despreciar infinitésimos del orden superior.

La expresión completa del primer sumando de (2.35), esto es, la variación temporal que vienen dad por (2.36), se obtendrá derivando dicha expresión:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{VC}\rho.\delta.V=A.\frac{\partial\rho}{\partial t}.\partial x+\rho.\frac{\delta A}{\delta t}.\delta x \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.37)$$

En donde, como se ha dicho, no existe alargamiento de longitud en la conducción.

El flujo másico neto, segundo sumando de (2.35), se puede expresar a partir de:

$$\int_{SC} \rho.\vec{V}.\overrightarrow{dA} = \left(\rho + \frac{\delta\rho}{\delta x}.\delta x\right)\left(A + \frac{\delta A}{\delta x}.\delta x\right).\left(V + \frac{\delta V}{\delta x}.\delta x\right) - \rho.A.V \ldots\ldots\ldots (2.38)$$

Y que en términos más coloquiales podría resumirse como "masa saliente menos masa entrante".

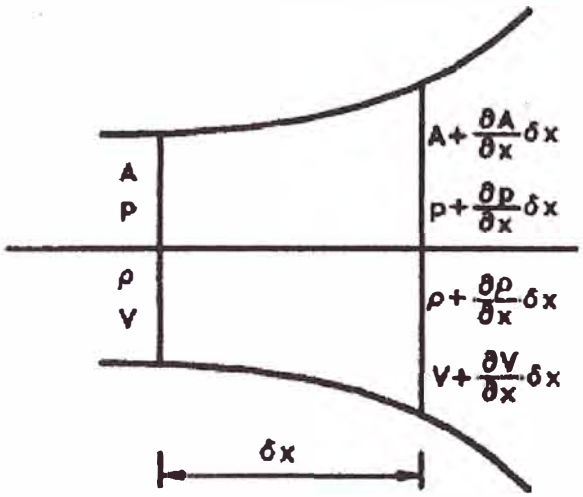


Figura 2.13 Volumen de control diferencial en tubería elástica

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Finalmente, despreciando infinitésimos de orden superior en (2.38) resulta:

$$\int_{SC} \rho.V.dA = \rho.A.\frac{\delta V}{\delta x}.\delta x + \rho.V.\frac{\delta A}{\delta x}.\delta x + A.V.\frac{\delta \rho}{\delta x}.\delta x \ldots\ldots\ldots\ldots (2.39)$$

La sustitución de (2.39) y (2.37) en (2.36) conduce a:

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{A}.\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{V}{A}.\frac{\partial A}{\partial x} + \frac{V}{\rho}.\frac{\partial \rho}{\partial x} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.40)$$

Tras haber dividido toda la igualdad por la masa $\rho \cdot A \cdot \delta x$ del volumen de control.

La expresión (2.40) puede escribirse de un modo más compacto si tenemos en cuenta que la derivada de una función $G(x(t),t)$ es igual a la suma de la derivada local más la convectiva, de acuerdo con la relación:

$$\frac{dG}{dt}=\frac{\partial G}{\partial t}+\frac{\partial G}{\partial x}.\frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.41)$$

Tomando en cuenta la expresión precedente, (2.40) se convierte en:

$$\frac{1}{\rho}.\frac{d\rho}{dt}+\frac{1}{A}.\frac{dA}{dt}+\frac{\partial V}{\partial x}=0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.42)$$

En la relación (2.42) aparecen como incógnitas la densidad,ρ, la sección, A y la velocidad V. Es conveniente expresar todos los términos en función de las variables significativas, ρ y V, lo que supone ligar los efectos elásticos (variaciones de densidad ρ y sección A) con la causa que los genera, las variaciones de presión (dp).

El primero de los cambios es inmediato a partir de la ecuación de definición del modulo elástico.

$$\frac{1}{\rho}.\frac{d\rho}{dt}=\frac{1}{K}.\frac{dp}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.43)$$

En tanto que el segundo pasa por recordar la ecuación (2.24), así como algunos conceptos básicos de elasticidad:

$$dp=\frac{2.e}{D}.d.\sigma=\frac{2.e}{D}.d.\varepsilon_0.E=\frac{2.e.E}{D}.\frac{d.D}{D} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.44)$$

Si además se recuerda la variación de la sección de la conducción en función de la del diámetro, se tiene:

$$dA = \frac{\pi . D . d . D}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.45)$$

Por lo que combinando finalmente, las dos expresiones precedentes, se llega a:

$$dA = \frac{\pi . D}{2} . \frac{D^2}{2 . e . E} . dp \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.46)$$

O bien:

$$\frac{1}{A} . \frac{dA}{dt} = \frac{D}{e . E} . \frac{dp}{dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.47)$$

La sustitución de (2.47) y (2.43) en (2.42) proporciona:

$$\frac{1}{K} . \frac{dp}{dt} + \frac{D}{e . E} . \frac{dp}{dt} + \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.48)$$

Y tras considerar la expresión de la celeridad, dada por (2.26), quedará:

$$\frac{1}{\rho . a^2} . \frac{dp}{dt} + \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.49)$$

En general resulta mucho más cómodo trabajar con la altura piezométrica H que con la presión p. La relación que liga ambas variables, utilizando el peso específico, γ, del fluido es:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.50)$$

O bien:

$$p = \rho . g . (H - z) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.51)$$

El significado de cada término aparece en la Figura 2.14

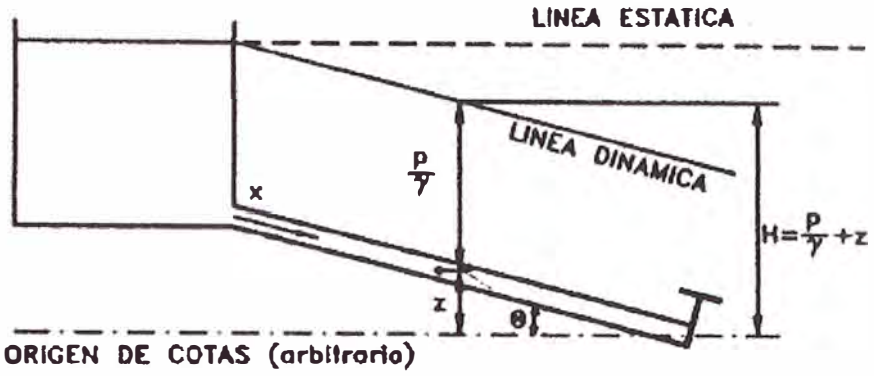


Figura 2.14 Relación entre alturas piezometricas y presiones

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

La derivada total de (2.51) da:

$$\frac{dp}{dt} = g.(H - z).\frac{d\rho}{dt} + g.\rho.\left(\frac{dH}{dt} - \frac{dz}{dt}\right) \dots\dots\dots\dots\dots (2.52)$$

La consideración de que la conducción está anclada permite establecer la relación $\partial z/\partial t = 0$; si además se tiene en cuenta que la variación total de la densidad con el tiempo es despreciable frente a las variaciones de altura piezométrica y cota, tal y como resulta intuitivo, la expresión (2.52) se convierte en:

$$\frac{dp}{dt} = g.\rho.\left(\frac{dH}{dt} - V.\frac{dz}{dt}\right) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.53)$$

Considerando que:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = -sen\theta \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.54)$$

Tal y como se desprende de la Figura 2.14, la ecuación de continuidad (2.48) queda finalmente como:

$$\frac{g}{a^2}.V.sen\theta + \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{g}{a^2}.\frac{dH}{dt} = 0 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.55)$$

2.9.2 Balance diferencial de fuerzas

Para efectuar el balance de fuerzas se utiliza el volumen de control que muestra la Figura 2.15, con las siguientes suposiciones:

a.- El flujo es unidimensional

b.- El rozamiento se calcula como si de un régimen estacionario se tratara. En realidad el coeficiente de fricción, f, es variable a lo largo del transitorio sobre todo en función de la evolución con el tiempo de los perfiles de velocidades en una sección recta. Ello, sin embargo, apenas influye en el valor del primer pico de presión, que es el de mayor interés ingenieril. El problema ha sido tratado por primera vez por Zielke (1968) pero continua sin existir, en el momento presente, un tratamiento unánimemente aceptado para modelizar la variación temporal de f en un transitorio.

c.- De las fuerzas exteriores que intervienen, dos tienen carácter superficial: las de presión (que actúan sobre la totalidad de la superficie de control), y las de rozamiento a través de las paredes laterales de la tubería. La tercera fuerza exterior que actúa es de carácter volumétrico: la gravitatoria. Puede verse, sin embargo, que la contribución de esta última fuerza es escasamente significativa, por lo que generalmente se despreciará.

La fuerza gravitatoria volumetría coincide, sencillamente, con el peso del elemento de volumen, esto es:

$$\partial W_X = g.\left(\rho + \frac{\partial \rho}{\partial x}\cdot\frac{\delta x}{2}\right).\left(A + \frac{\partial A}{\partial x}\cdot\frac{\delta x}{2}\right).\delta x = \rho.g.A.\delta x \ldots\ldots\ldots (2.56)$$

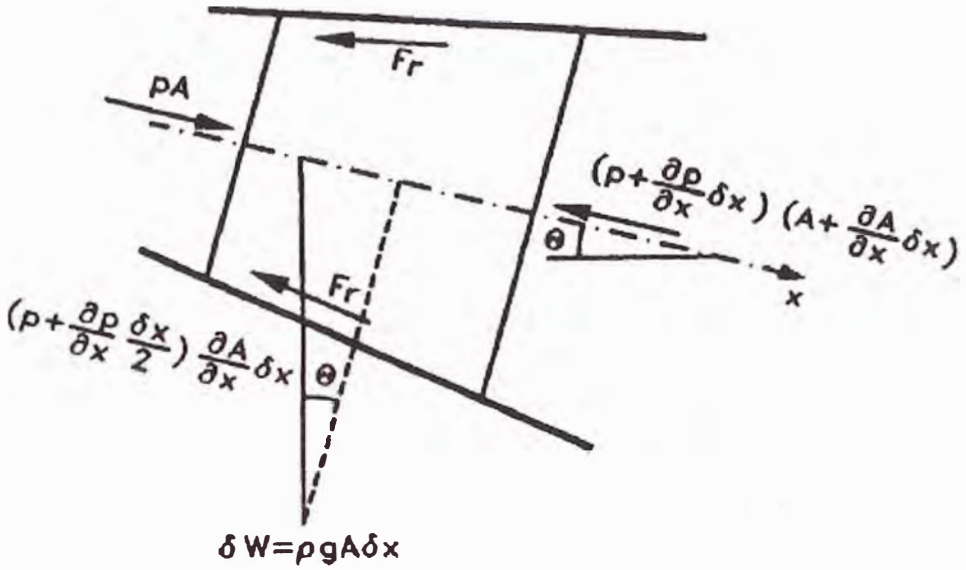


Figura 2.15 Volumen de control sobre el que se efectúa el balance de fuerzas

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Y actúa en dirección vertical. Cuando se la proyecta en la dirección del movimiento queda:

$$\delta W_X = \rho.g.A.\delta x.\sin\theta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.57)$$

Para calcular la fuerza de rozamiento, supuesto el régimen estacionario (hipótesis b) se aplica aquí la expresión e Darcy-Weisbach, por lo que se tiene:

$$\delta F_r = A.\gamma.h_f = \rho.g.f.\frac{\delta x}{D}.\frac{V^2}{2g}.A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.58)$$

Siendo f el coeficiente de fricción, mientras γ representa el peso especifico del fluido ($\gamma = \rho.g$).

Como quiera que la fuerza de rozamiento tiene sentido contrario al movimiento, y debe tomarse en consideración al hacer el balance global de fuerzas, el termino cuadrático en V debe cambiarse por $V.|V|$, que es directamente sensible a la velocidad, y por tanto adopta el sentido conveniente opuesto al flujo. No se debe olvidar que durante un transitorio el sentido de la velocidad puede estar cambiando constantemente. Por tanto, en vez de (2.58), se escribirá:

$$\delta F_r = \rho . f . \frac{\delta x . V . |V|}{2D} . A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.59)$$

En cuanto al balance de fuerzas de presión que actúa sobre la totalidad del contorno resulta ser:

$$p . A - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} . \delta x\right) . \left(A + \frac{\partial A}{\partial x} . \delta x\right) + \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} . \frac{\delta x}{2}\right) . \left(\frac{\partial A}{\partial x} . \delta x\right) \ldots\ldots\ldots (2.60)$$

En donde los sumandos primeros y segundo son las fuerzas de presión en las secciones rectas anterior y posterior, y el tercero es la fuerza de presión debida al aumento gradual de área en la tubería, que resulta ser igual al producto de la presión media por el valor del área proyectada sobre el plano perpendicular a la dirección de la fuerza considerada, como enseña la estática de fluidos aplicada a superficies curvas.

Una posterior simplificación de (2.60) conduce hasta un balance global de las fuerzas de presión igual a:

$$-A . \frac{\partial p}{\partial x} . \delta x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.61)$$

En consecuencia, la ecuación fundamental de la dinámica, balance general de fuerzas representadas por (2.57), (2.59) y (2.61), queda:

$$\sum F = -A.\frac{\partial p}{\partial x}.\delta x - \rho.f.\frac{A.\delta x.V.|V|}{2D} + \rho.g.A.\delta x.\sin\theta = \rho.A.\delta x.\frac{dV}{dt} \ldots\ldots (2.62)$$

Dividiendo en ambos miembros por $\rho.A.\delta x$, resulta la ecuación:

$$\frac{dV}{dt} + f.\frac{V.|V|}{2D} + \frac{1}{\rho}.\frac{\partial p}{\partial x} - g.\sin\theta = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.63)$$

Que requiere escasas transformaciones para ser expresada en función de las variables significativas H y V basta considerar que $\sin\theta = -\partial z/\partial x$ y a partir de (2.51) se puede escribir:

$$\frac{1}{\rho}.\frac{\partial p}{\partial x} - g.\sin\theta = \frac{1}{\rho}.\frac{\partial}{\partial x}(p + \gamma.z) = g.\frac{\partial H}{\partial x} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.64)$$

Por lo que la ecuación general del movimiento (2.63) queda finalmente:

$$\frac{dV}{dt} + f.\frac{V.|V|}{2D} + g.\frac{\partial H}{\partial x} = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.65)$$

2.10 Simplificación de las ecuaciones de un transitorio hidráulico

La combinación de las ecuaciones 2.55 y 3.65 dan lugar al siguiente sistema de ecuaciones:

$$\left.\begin{aligned} \frac{g}{a^2}.V.sen\theta + \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{g}{a^2}.\frac{dH}{dt} = 0 \\ \frac{dV}{dt} + f.\frac{V.|V|}{2D} + g.\frac{\partial H}{\partial x} = 0 \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.66)$$

Este sistema permite seguir la evolución del transitorio hidráulico al llevar la contabilidad de los diferentes pulsos de presión que se generan, reflejan transmiten y modifican a lo largo de la conducción.

Estas ecuaciones deben ser satisfechas en cada punto y en cada instante, independientemente de las condiciones e contorno impuestas, y constituyen las ecuaciones indefinidas completas del régimen transitorio.

En determinados casos, con el objeto de facilitar la integración de las ecuaciones indefinidas y permitir la resolución de casos prácticos, está justificado el depreciar algunos términos de las ecuaciones de (2.66), de esta forma se obtienen los llamados modelos simplificados.

Después de una serie de simplificaciones mediante el parámetro de Allievi y siendo la velocidad del fluido es despreciable comparada con la celeridad de onda, se tienen las siguientes ecuaciones simplificadas:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{a^2}{g}.\frac{\partial V}{\partial x} += 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + g.\frac{\partial H}{\partial x} + f.\frac{V.|V|}{2D} = 0 \end{aligned}\right\} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.67)$$

Esta simplificación es equivalente a no considerar las variaciones de energía cinética a lo largo del conducto durante los regímenes transitorios.

2.11 Condiciones de contorno simple

Las ecuaciones de (2.66) representan los pulsos de presión del sistema, sin embargo estos pulsos de presión no sobrevienen de forma espontánea, sino que son generados por ciertos elementos inherentes al sistema. Cuando se plantea la solución de un problema en concreto, es necesario saber no solo como se propaga una perturbación sino que la genera y como se modifica al alcanzar a los elementos de la conducción. Es decir, se debe saber cuál es

la configuración del sistema hidráulico y como de comportan sus elementos (tanques, tuberías, válvulas, bombas, etc.).

El cómo se transmiten las perturbaciones en el interior de una tubería simple y uniforma está regulado con las ecuaciones (2.66), mientras que como se introduce una perturbación en un punto, como se refleja en un extremo o como se modifica en una no uniformidad o en la bifurcación de la tubería viene determinado por las condiciones de contorno o comportamiento de los elementos del sistema.

2.11.1 Punto de presión constante: descarga atmosférica o depósito

Si la tubería es alimentada por o alimenta a un depósito de gran capacidad con relación al caudal circulante por la conducción, las oscilaciones de nivel en el depósito son despreciables en el periodo de tiempo característico del transitorio y, en consecuencia, se puede admitir que la presión en el punto entre la tubería y depósito es constante. Por lo que la condición de contorno se escribe de la siguiente manera:

$$H_B = z_B + h_0 = cte \;\; (p_B = cte = \gamma . h_0) \dots\dots\dots\dots\dots\dots . (2.68)$$

Lo mismo sucede cuando una tubería descarga libremente en la atmosfera, por ejemplo, en el caso de un depósito que es alimentado por su parte superior (ver Figura 2.16). La condición de contorno es:

$$H_B = z_0 = cte \;\; (p_B = 0) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots . (2.69)$$

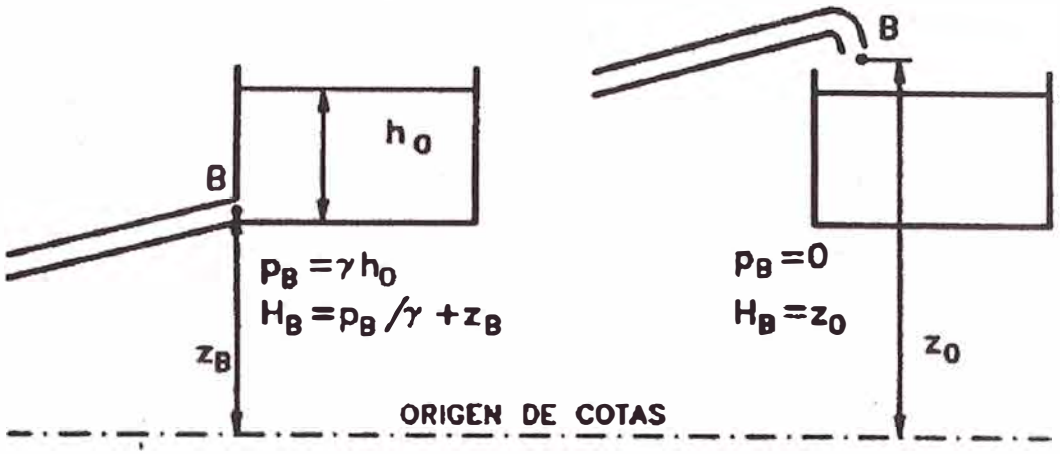


Figura 2.16 Condición de contorno con presión constante

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

2.11.2 Válvula de retención (comportamiento ideal)

Una válvula de retención en línea (ver Figura 2.17), por lo general a la salida de la bomba, representa una condición de contorno que depende del sentido del flujo. Con la hipótesis de que la válvula se comporta idealmente, es decir que cierra en el mismo instante en que se produce la inversión de flujo en la conducción, y además no provoca perdida de carga alguna, las ecuaciones que describen el comportamiento de la válvula antes del cierre son:

$$\left.\begin{matrix} V_A = V_B \\ H_A = H_B \end{matrix}\right\} Si\ V > 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.70)$$

esto es, todo ocurre como si la válvula de retención no existiera

Figura 2.17 Tubería con una válvula de retención en línea

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Si, por el contrario, el flujo se detiene o intenta invertirse, se cumplirá:

$$\left.\begin{matrix} V_A = 0 \\ V_B = 0 \end{matrix}\right\} Si\ V \leq 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.71)$$

pudiendo ser la presiones, y en consecuencia las alturas piezometricas diferentes ($H_A \neq H_B$).

2.11.3 Cambio de sección recta en una tubería simple

Supóngase una conducción que presenta un determinado cambio de sección ($A1 \neq A_2$) y en la que se ha generado un transitorio. El comportamiento del punto de cambio es elemental. En efecto, si no se toman en consideraciones las perdidas en el estrechamiento o ensanchamiento, la presión a un lado y otro inmediatamente del cambio es la misma y también los caudales coinciden, por lo que las condiciones de contorno admiten expresiones realmente sencillas:

$$\left.\begin{matrix} Q_A = Q_B \\ H_A = H_B \end{matrix}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.72)$$

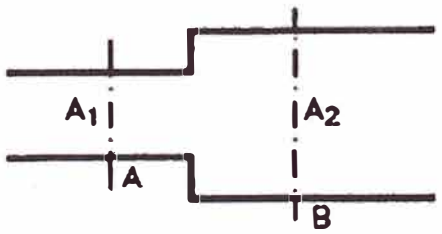


Figura 2.18 Cambio de sección en tubería simple

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

2.11.4 Confluencia de tubería en un nudo

La Figura 2.19 muestra una condición por la que viaja un pulso de presión en el sentido indicado. Al llegar la perturbación al nudo esta se transmite al resto de conducciones, al tiempo que aparece una reflexión sobre la tubería por la que discurría la perturbación.

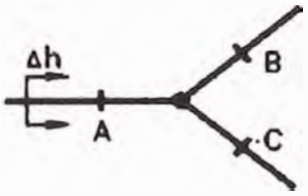


Figura 2.19 Condición de contorno en un nudo de tuberías

Fuente: Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. J. Abreu; R. Guarda; J. Izquierdo

Los puntos A, B y C son los puntos en que imaginariamente se realiza el desdoblamiento de la confluencia para definir la condición de contorno. La relación entre las variables características de los problemas en los puntos A, B y C es:

$$\left.\begin{aligned} Q_A &= Q_B + Q_C \\ H_A &= H_B + H_C \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.73)$$

Esto corresponde respectivamente con la ecuación de continuidad y la de energía (suponiendo que no se tienen perdidas) aplicadas al nudo.

2.12 Modelos de solución de las ecuaciones del transitorio hidráulico

Como se puede observar las ecuaciones (2.66) que definen el transitorio hidráulico son complejas, sin embargo existen sistemas que pueden ser resueltos con modelos mucho más sencillos y con suficiente precisión desde el punto de vista ingenieril, dado que las variaciones de flujo no son

excesivamente bruscas. En consecuencia resulta conveniente dar una visión general a los modelos que se emplean para los estudios ingenieriles.

En el acápite 2.6 se vieron los diferentes tipos de transitorios hidráulicos que existes, los cuales puede ser clasificados por la inercia, tomando en consideración lo siguiente:

- Inercial, si toma en consideración la inercia del fluido. A su vez el modelo inercial puede sub-dividirse en rígido y elástico, dependiendo de si se incluye o no la elasticidad de la tubería y compresibilidad del fluido.
- No inercial, cuando la característica dinámica le viene conferida al modelo por tener unas condiciones de contorno lentamente cambiantes en el tiempo. Este modelo es conocido como cuasi-estático y su uso es ampliamente conocido como "simulación en periodo extendido".

Los modelos inerciales son requeridos cuando tenemos cambios bruscos de velocidad en el sistema, derivados de maniobras rápidas como el cierre (o apertura) de una válvula, la puesta en marcha(o parada) de una bomba, rotura de tubería, etc. Cuando la maniobra es muy brusca, los cambios de presión que se generan en el sistema son muy importantes y los efectos elásticos en la tubería y fluido deben considerarse. En este supuesto debe utilizarse el modelo conocido como golpe de ariete.

Por otro lado si los movimientos son relativamente rápidos tan sólo debemos considerar la inercia del sistema, lo que equivale a contemplar ya el consumo energético que comporta acelerar el fluido, bien la energía que se recupera cuando el fluido es frenado. Sin embargo, la tubería puede continuar suponiéndose indeformable y el agua incompresible, lo que

equivale a admitir que el sistema es rígido. Un ejemplo típico de la aplicación de este modelo lo constituye el cálculo de la oscilación del agua en la chimenea de equilibrio de un aprovechamiento hidroeléctrico.

El modelo no inercial, también denominado cuasi-estático, es especialmente útil cuando las variaciones de velocidad del fluido en el interior de la conducción son muy lentas y, en consecuencia, la energía invertida (recuperada) en acelerar (desacelerar) el fluido es totalmente despreciable. Resulta especialmente dedicada su utilización en la simulación del comportamiento de redes de distribución de agua a presión.

A partir de la ecuación (2.66) se pueden realizar diversas simplificaciones para la deducción de las ecuaciones que rigen los tres modelos de solución.

2.12.1 Modelo elástico inercial

Viene caracterizado por el sistema de ecuaciones diferenciales (2.66) y al menos una condición de contorno es rápidamente variable en el tiempo. Este modelo es el más preciso para el análisis de transitorios hidráulicos.

2.12.2 Modelo rígido inercial

En este modelo al menos una condición de contorno es variable en el tiempo de modo significativo. La ecuación de este modelo se obtiene a partir de la ecuación (2.66) y diversas simplificaciones. La primera de es cuando la celeridad tiente al infinito ($a \rightarrow \propto$) por ser el sistema rigido o la variación local de H tiende a cero ($\partial H/\partial t \rightarrow 0$) por cambiar las condiciones de flujo muy lentamente en el tiempo, la ecuación (2.66) se convierte en:

$$\frac{\delta Q}{\delta x} = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.74)$$

Pasando a depender el flujo únicamente del tiempo y resultando a estos efectos irrelevantes la variable espacial. En definitiva:

$$Q = Q(t) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.75)$$

Mientras que la segunda ecuación de (2.66) se convierte finalmente en:

$$\frac{dQ}{dt} + g.A.\frac{\delta H}{\delta x} + f.\frac{Q.|Q|}{2.D.A} = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.76)$$

Que caracteriza el modelo rígido inercial y es conocida como ecuación de Bernoulli generalizado o ecuación de Euler.

2.12.3 Modelo cuasi-estático

Viene caracterizado por una ecuación algebraica y al menos una condición de contorno lentamente variable en el tiempo. La ecuación algebraica de este modelo se obtiene a partir de la ecuación del modelo rígido (2.76), depreciando los cambios temporales de velocidad o caudal, esto es, la inercia del fluido $(dQ/dt = 0)$, para cada instante del tiempo se obtiene:

$$g.A.\frac{dH}{dx} + f.\frac{Q.|Q|}{2.D.A} = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.77)$$

Que es conocida como la ecuación de Darcy-Weishbach que caracteriza la fricción del fluido con las paredes de la tubería en flujos estacionarios.

CAPÍTULO 3:

CÁLCULO HIDRÁULICO Y ÁNALISIS DE LOS TRANSITORIOS HIDRÁULICOS

3.1 Parámetros de diseño

Se consideran parámetros de diseño a aquella información que es imprescindible y básica para el diseño de cualquier sistema. En el caso del diseño de los sistemas de bombeo presentados en el presente informe de ingeniería tenemos los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 3.1. Parámetros de diseño

Ítem	Flujo (m^3/h)	Fluido	pH	Temperatura (°C)	Elevación E. Bombeo (m.s.n.m)	Elevación Descarga (m.s.n.m)
E.B.N°1	2 062	Agua Tratada	6 – 8	5 – 15	4 042,000	4 064,000
E.B.N°2	600	Agua de Mina	1 – 4	5 – 15	3 942,440	4 161,880
E.B.N°3	800	Agua Tratada	7 – 8	5 – 15	4 071,120	4 161,780
E.B.N°4	500	Agua Tratada	7 – 8	5 – 15	4 071,160	4 161,380
E.B.N°5	648	Agua de Mina	3 - 6	5 – 15	3 940,000	4 086,368
E.B.N°6	648	Agua de Mina	2 – 4	5 – 15	3 943,500	4 078,860
E.B.N°7	576	Agua de Mina	4 - 11	5 – 15	4 048,000	4 161,350

Fuente: Elaboración propia

3.2 Selección de materiales de tuberías

Para seleccionar los materiales adecuados se deben de analizar las características del fluido, temperatura, presión y tipo de servicio. Esto con la finalidad de establecer un grupo de materiales adecuados para cada servicio a determinadas condiciones de operación.

Para determinar los materiales de los sistemas de bombeo presentados en este informe de ingeniería nos hemos basado la especificación técnica de materiales de tuberías proporcionada por la compañía minera Yanacocha. En dicha especificación se listan una serie de grupos de materiales, denominados clases de materiales, para los diversos fluidos y condiciones de operación que la compañía minera Yanacocha emplea para su operación.

Dentro de las diversas clases de materiales de tuberías emplearemos solo nueve. Estos se detallan a continuación:

Tabla 3.2 Características de la clase de material de tuberías AF1

Clase de material: AF1	
Fluido: Agua de mina Material base: Acero inoxidable 304 Rating de bridas: ASME Clase 150	Temperatura: 1 – 150 °C Máxima presión: 230 psi Junta: Tubería ≥ 2 ½" soldada Tuberías ≤ 2" embonada
Tubería	
½" – 2"	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. TP304, sin costura y cédula 40S
2 ½" – 12"	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. TP304, sin costura y cédula 10S
Accesorios	
½" – 2"	Accesorios de acero inoxidable forjado ASTM A182 Gr. F304, dimensiones de acuerdo al ASME B16.11, Clase ASME 3000 y de extremos embonados.
2 ½" – 12"	Accesorios de acero inoxidable ASTM A403 Gr. WP304-W, dimensiones de acuerdo al ASME B16.9, cédula 10S y de extremos biselados.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable 316
Cuerpo	Acero inoxidable 316
Asientos	Teflón / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Tabla 3.3 Características de la clase de material de tuberías AG1

Clase de material: AG1	
Fluido: Agua de mina Material base: Acero inoxidable 316 Rating de bridas: ASME Clase 150	Temperatura: 1 – 100 °C Máxima presión: 230 psi Junta: Tubería ≥ 2 ½" soldada Tuberías ≤ 2" embonada
Tubería	
½" – 2"	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. TP316, sin costura y cédula 40S
2 ½" – 12"	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. TP316, sin costura y cédula 10S
Accesorios	
½" – 2"	Accesorios de acero inoxidable forjado ASTM A182 Gr. F316, dimensiones de acuerdo al ASME B16.11, Clase ASME 3000 y de extremos embonados.
2 ½" – 12"	Accesorios de acero inoxidable ASTM A403 Gr. WP316-W, dimensiones de acuerdo al ASME B16.9, cédula 10S y de extremos biselados.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable 316
Cuerpo	Acero inoxidable 316
Asientos	Teflón / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Tabla 3.4 Características de la clase de material de tuberías CG1

Clase de material: CG1	
Fluido: Agua de mina Material base: Acero inoxidable 316 Rating de bridas: ASME Clase 300	Temperatura: 1 – 100 ºC Máxima presión: 500 psi Junta: Tubería ≥ 2 ½" soldada Tuberías ≤ 2" embonada
Tubería	
½" – 2"	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. TP316, sin costura y cédula 40S
2 ½" – 12"	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. TP316, sin costura y cédula 40S
Accesorios	
½" – 2"	Accesorios de acero inoxidable forjado ASTM A182 Gr. F316, dimensiones de acuerdo al ASME B16.11, Clase ASME 3000 y de extremos embonados.
2 ½" – 12"	Accesorios de acero inoxidable ASTM A403 Gr. WP316-W, dimensiones de acuerdo al ASME B16.9, cédula 40S y de extremos biselados.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable 316
Cuerpo	Acero inoxidable 316
Asientos	Teflón / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Tabla 3.5 Características de la clase de material de tuberías AA1

Clase de material: AA1	
Fluido: Agua tratada Material base: Acero al carbono Rating de bridas: ASME Clase 150	Temperatura: 1 – 100 °C Máxima presión: 250 psi Junta: Tubería ≥ 2 ½" soldada Tuberías ≤ 2" roscada
Tubería	
½" – 2"	Acero al carbono ASTM A-106 Gr. B, sin costura y de peso extra fuerte (XS).
2 ½" – 20"	Acero al carbono ASTM A53 Gr. B, electro soldada y de peso estándar.
24" – 30"	Acero al carbono API 5L Gr. B, de doble arco de soldadura sumergido y de espesor de 0.375".
Accesorios	
½" – 2"	Accesorios de hierro maleable ASTM A197, dimensiones de acuerdo al ASME B16.3, Clase ASME 300 y de extremos roscados.
2 ½" – 30"	Accesorios de acero al carbono ASTM A234 Gr. WPB-W, dimensiones de acuerdo al ASME B16.9, de peso estándar y de extremos biselados.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable / Bronce
Cuerpo	Acero al carbono / Hierro dúctil
Asientos	Teflón reforzado / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Tabla 3.6 Características de la clase de material de tuberías CA1

Clase de material: CA1	
Fluido: Agua tratada Material base: Acero al carbono Rating de bridas: ASME Clase 300	Temperatura: 1 – 100 °C Máxima presión: 500 psi Junta: Tubería ≥ 2 ½" soldada Tuberías ≤ 2" embonado
Tubería	
½" – 2"	Acero al carbono ASTM A-106 Gr. B, sin costura y de peso extra fuerte (XS).
2 ½" – 10"	Acero al carbono ASTM A53 Gr. B, electro soldada y de peso estándar.
12" – 20"	Acero al carbono ASTM A53 Gr. B, electro soldada y cédula 40.
24" – 24"	Acero al carbono API 5L Gr. B, de doble arco de soldadura sumergido y de espesor de 0.688".
Accesorios	
½" – 2"	Accesorios de acero forjado ASTM A105, dimensiones de acuerdo al ASME B16.11, Clase ASME 3000 y de extremos embonados.
2 ½" – 10"	Accesorios de acero al carbono ASTM A234 Gr. WPB-W, dimensiones de acuerdo al ASME B16.9, de peso estándar y de extremos biselados.
12" – 24"	Accesorios de acero al carbono ASTM A234 Gr. WPB-W, dimensiones de acuerdo al ASME B16.9, cédula 40 y de extremos biselados.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable / Acero al carbono
Cuerpo	Acero al carbono / Hierro dúctil
Asientos	Teflón reforzado / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Tabla 3.7 Características de la clase de material de tuberías LUF1

Clase de material: LUF1	
Fluido: Agua tratada /Agua de mina Material base: HDPE – SDR 7.3 Rating de bridas: ASME Clase 150	Temperatura: 1 – 22 °C Máxima presión: 255 psi Junta: Termofusión
Tubería	
2" – 18"	Polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 7.3 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM F714.
Accesorios	
2" – 8"	Accesorios moldeados de polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 7.3 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM D3261.
10" – 18"	Accesorios fabricados de polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 7.3 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM D3261.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable / Acero al carbono
Cuerpo	Acero inoxidable / Acero al carbono
Asientos	Teflón reforzado / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Tabla 3.8 Características de la clase de material de tuberías LUF2

Clase de material: LUF2	
Fluido: Agua tratada /Agua de mina Material base: HDPE – SDR 9 Rating de bridas: ASME Clase 150	Temperatura: 1 – 22 ºC Máxima presión: 200 psi Junta: Termofusión
Tubería	
2" – 18"	Polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 9 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM F714.
Accesorios	
2" – 8"	Accesorios moldeados de polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 9 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM D3261.
10" – 18"	Accesorios fabricados de polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 9 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM D3261.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable / Acero al carbono
Cuerpo	Acero inoxidable / Acero al carbono
Asientos	Teflón reforzado / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Tabla 3.9 Características de la clase de material de tuberías LUF3

Clase de material: LUF3	
Fluido: Agua tratada /Agua de mina Material base: HDPE – SDR 11 Rating de bridas: ASME Clase 150	Temperatura: 1 – 22 ºC Máxima presión: 150 psi Junta: Termofusión
Tubería	
2" – 18"	Polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 11 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM F714.
Accesorios	
2" – 8"	Accesorios moldeados de polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 11 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM D3261.
10" – 18"	Accesorios fabricados de polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 11 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM D3261.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable / Acero al carbono
Cuerpo	Acero inoxidable / Acero al carbono
Asientos	Teflón reforzado / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Tabla 3.10 Características de la clase de material de tuberías LUF6

Clase de material: LUF6	
Fluido: Agua tratada /Agua de mina Material base: HDPE – SDR 17 Rating de bridas: ASME Clase 150	Temperatura: 1 – 22 ºC Máxima presión: 150 psi Junta: Termofusión
Tubería	
2" – 18"	Polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 17 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM F714.
Accesorios	
2" – 8"	Accesorios moldeados de polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 17 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM D3261.
10" – 18"	Accesorios fabricados de polietileno de alta densidad según ASTM D3350 resina 3408, espesor SDR 17 y dimensiones IPS de acuerdo a ASTM D3261.
Válvulas	
Trim	Acero inoxidable / Acero al carbono
Cuerpo	Acero inoxidable / Acero al carbono
Asientos	Teflón reforzado / Buna-N

Fuente: Compañía Minera Yanacocha

Como se puede observar en las tablas 3.2 al 3.10, en cada clase de tubería se indica la máxima presión de operación, pero no se indica la máxima presión que puede soportar bajo cargas ocasionales. Por lo que determina la máxima presión que pueden soportar las tuberías de acero y polietileno de alta densidad (HDPE).

3.2.1 Límites de materiales de tubería de acero

En la Tabla 3.11 se muestra un resumen de las clases de materiales de tubería para tuberías de acero:

Tabla 3.11. Resumen de clases de materiales de tubería de acero

Clase de material	Máx. Presión (psi)	Clase ASME	Material base de la tubería	Tipo de unión
AF1	230	#150	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. 304	Embonada Soldada
AG1	230	#150	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. 316	Embonada Soldada
CG1	600	#300	Acero inoxidable ASTM A312 Gr. 316	Embonada Soldada
AA1	285	#150	Acero al carbono ASTM A53 Gr. B	Roscada Soldada
CA1	500	#300	Acero al carbono ASTM A53 Gr. B	Embonada Soldada

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 3.11 para cada clase de material de tubería se indica la máxima presión de trabajo, esto de acuerdo a la norma ASME B 31.3 para cargas sostenidas. Las cargas sostenidas son aquellas producidas por la acción de la presión y/o peso.

Los esfuerzos sobre la tubería debido a transitorios hidráulicos se producen por las cargas denominadas ocasionales de acuerdo a la norma ASME B31.3. Las cargas ocasionales son aquellas producidas por cargas de viento, sismo y/o transitorios hidráulicos.

La norma ASME B31.3 establece que el máximo esfuerzo admisible por cargas ocasionales es 1,33 veces el máximo esfuerzo admisible por cargas sostenidas para temperaturas menores a 427 ºC.

En consecuencia se tienen los siguientes límites de presiones para cada clase de materiales de tubería:

Tabla 3.12. Máximas presiones sostenidas y ocasionales para acero

Clase de material	Máx. Presión por cargas sostenidas (psi)	Máx. Presión por cargas ocasionales (psi)
AF1	230	306
AG1	230	306
CG1	600	798
AA1	285	379
CA1	500	666

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Límites de materiales de tubería de HDPE

En la Tabla 3.13 se muestra un resumen de las clases de materiales de tubería para tuberías de HDPE.

Tabla 3.13. Resumen de clases de materiales de tubería de HDPE

Clase de material	Presión nominal de trabajo (psi)	Clase ASME	Material base de la tubería	Tipo de unión
LUF1	250	#150	Polietileno de alta densidad – SDR 7,3	Termofusión
LUF2	200	#150	Polietileno de alta densidad – SDR 9	Termofusión
LUF3	160	#150	Polietileno de alta densidad – SDR 11	Termofusión
LUF6	100	#150	Polietileno de alta densidad – SDR 17	Termofusión

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 3.13 para cada clase de material de tubería se indica la presión nominal de trabajo para cargas sostenidas de acuerdo a la norma ASTM F7214.

La norma AWWA C906-07 establece los límites de presión para las tuberías de HDPE cuando se tengan un incremento de presión en forma recurrente y ocasional. En el caso de tener un incremento de presión de forma recurrente la máxima presión que la tubería podría soportar es 1,5 veces la presión nominal de trabajo y en el caso de un incremento de forma ocasional 2 veces la presión nominal de trabajo, siempre y cuando la temperatura del fluido no exceda los 23 ºC.

En consecuencia se tienen los siguientes límites de presiones para cada clase de materiales de tubería:

Tabla 3.14. Máximas presiones sostenidas y ocasionales para HDPE

Clase de material	Presión nominal de trabajo (psi)	Máx. Presión por cargas recurrentes (psi)	Máx. Presión por cargas ocasionales (psi)
LUF1	250	375	500
LUF2	200	300	400
LUF3	150	225	300
LUF6	100	150	200

Fuente: Elaboración propia

3.3 Consideraciones de diseño

Como se puede observar en la Tabla 3.1 la temperatura de los fluidos transportados en los siete sistemas de bombeo varían en un rango de 5 a 15ºC, por lo que se considero la temperatura promedio como temperatura de diseño, es decir 10 ºC.

De acuerdo Las características de los fluidos de los sistemas de bombeo, se consideran que tienen características similares a las del agua, es decir se está asumiendo que la densidad, viscosidad y presión de vapor es similar a la del agua a la temperatura de diseño.

Como se indica en el ítem 2.3.1, se considera un factor de seguridad por envejecimiento y/o cambios de la rugosidad interna de la tubería. Para los sistemas de bombeo se emplearon acero y polietileno de alta densidad (HDPE) como materiales de las tuberías, considerándose un factor de seguridad de 1,2 para las tuberías de acero y 1,05 para las tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE)

Por otro lado se ha considerado que todos los sistemas de bombeo tengan una presión final de 1,0 mcf, con la finalidad de contrarrestar las pérdidas adicionales que se puedan generar durante la construcción debido a desviaciones al diseño original.

3.4 Cálculo hidráulico de los sistemas de bombeo

A continuación se detalla el procedimiento seguido para determinar las características hidráulicas de los sistemas de bombeo. Como ejemplo se muestra el cálculo hidráulico del sistema de bombeo Nº1:

- Condiciones ambientales
  - Presión atmosférica : 62,55 kPa
  - Temperatura de diseño : 10 ºC

- Características del fluido
  - Fluido : Agua tratada
  - Gravedad específica @ 10 ºC $(S.G.)$: 1,0
  - Viscosidad absoluta @ 10 ºC (μ) : 1,31 mPa.s
  - Presión de vapor @ 10 ºC (P_V) : 1,23 kPa

- Condiciones de la instalación
  - Flujo total : 2 062,12 m3/h
  - Elevación de la succión : 4 043,135 msnm
  - Presión en la succión : 0,50 mcf
  - Nivel del líquido : 4 043,635 msnm
  - Elevación de descarga : 4 064,000 msnm

- Presión final requerida : 7,10 mcf
- Altura estática : 20,36 m (Succión y descarga)

De acuerdo a las características del flujo y altura estática se consideró emplear cuatro bombas centrífugas horizontales, las cuales tendrían un arreglo de acuerdo al siguiente esquema:

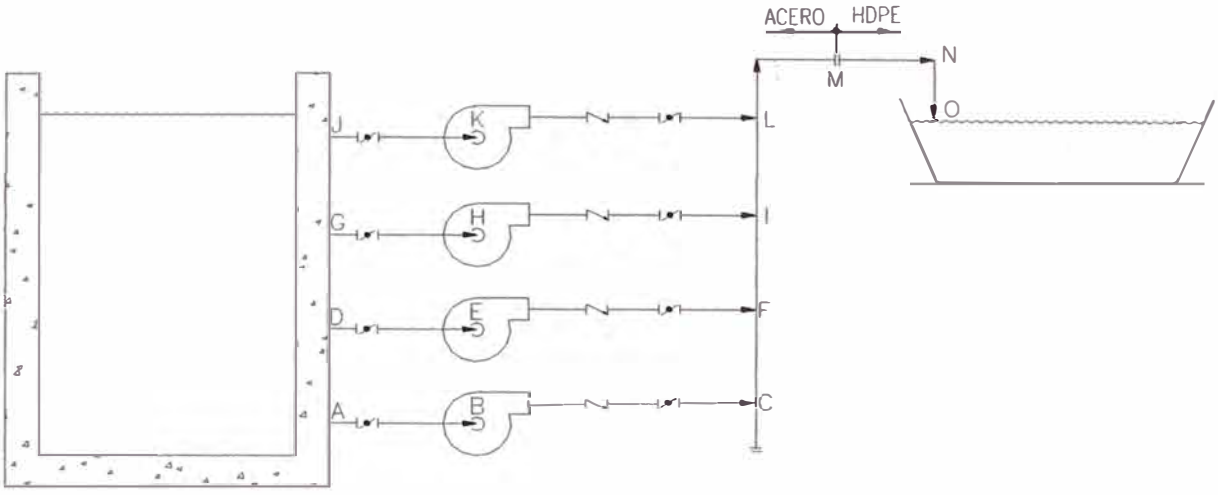


Figura 3.1 Esquema del Sistema de Bombeo Nº1

Fuente: Elaboración propia

Con esta configuración se tiene que cada bomba deberá tener la capacidad transportar un flujo de 515,53 m^3/h. Con la finalidad de determinar la altura dinámica de la bomba (ADT) y los diámetros del sistema de bombeo se establece la ruta crítica, es decir la más desfavorable desde el punto de vista de pérdidas por fricción. Esta ruta se establece en base al esquema de la Figura 2.3 y esta seria A-B-C-F-I-L-M-N-O.

Para determinar los diámetros y materiales adecuados para cada tramo de la ruta critica es necesario validar el cálculo hidráulico mediante un análisis de transitorios hidráulicos, esto con la finalidad de optimizar los diámetros y

materiales, es decir minimizar la longitud de la tubería de acero y reducir el espesor de las tuberías en polietileno de alta densidad.

El análisis de transitorios hidráulicos de los sistemas de bombeo de detallan en el acápite 3.6, a continuación se muestra el cálculo hidráulico del sistema de bombeo Nº1 validado por un análisis de transitorios hidráulicos.

- Tramo A-B: Tubería de succión
  - Flujo : 515,53 m3/h
  - Longitud : 3,60 m
  - Diámetro interior de tubería : 387,35 mm (16" Peso estándar)
  - Material : Acero al carbono ASTM A53 - B
  - Rugosidad : 0,045720 mm
  - Velocidad : 1,22 m/s
  - Número de Reynolds (Re) : 359 873,82
  - Coeficiente de fricción (f) : 0,01525
  - Altura de velocidad $(V^2/2g)$: 0,08 m
  - %Pérdidas por fricción por longitud : $hf_N = \frac{hf_p}{L}.100\% = \frac{fV^2}{2gD}.100\%$
  - : 0,30%
  - Factor de seguridad $(F.S)$: 1,2
  - %Perdidas por fricción de diseño : $hf_D = hf_N * F.S$
  - : 0,36%
  - Pérdidas primarias : $\frac{hf_D * L}{100}$
  - : 0,01 m
  - Accesorios : $K_{TOTAL} = 0,47$

- Válvulas : $K_{TOTAL} = 0{,}40$
- Otros : $K_{TOTAL} = 0{,}78$
- Pérdidas secundarias : 0,12 m

- Tramo B-C: Tubería de descarga
  - Flujo : 515,53 m3/h
  - Longitud : 5,93 m
  - Diámetro interior de tubería : 336,55 mm (14" Peso estándar)
  - Material : Acero al carbono ASTM A53 - B
  - Rugosidad : 0,045720 mm
  - Velocidad : 1,61 m/s
  - Número de Reynolds (Re) : 414 194,399
  - Coeficiente de fricción (f) : 0,01517
  - Altura de velocidad $(V^2/2g)$: 0,13 m
  - %Perdidas por fricción por longitud : $hf_N = \frac{hf_p}{L}.100\% = \frac{fV^2}{2gD}.100\%$
  - : 0,60%
  - Factor de seguridad $(F.S)$: 1,2
  - %Pérdidas por fricción de diseño : $hf_D = hf_N * F.S$
  - : 0,71%
  - Pérdidas primarias : $\frac{hf_D * L}{100}$
  - : 0,04 m
  - Accesorios : $K_{TOTAL} = 1{,}09$
  - Válvulas : $K_{TOTAL} = 1{,}70$
  - Pérdidas secundarias : 0,37 m

- Tramo C-F: Manifold de descarga
  - Flujo : 515,53 m3/h
  - Longitud : 2,00 m
  - Diámetro interior de tubería : 590,55 mm (24" Peso estándar)
  - Material : Acero al carbono ASTM A53 - B
  - Rugosidad : 0,045720 mm
  - Velocidad : 0,52 m/s
  - Número de Reynolds (Re) : 23 6046,271
  - Coeficiente de fricción (f) : 0,01578
  - Altura de velocidad $(V^2/2g)$: 0,01 m
  - %Pérdidas por fricción por longitud : $hf_N = \frac{hf_p}{L}.100\% = \frac{fV^2}{2gD}.100\%$
  - : 0,04%
  - Factor de seguridad $(F.S)$: 1,2
  - %Pérdidas por fricción de diseño : $hf_D = hf_N * F.S$
  - : 0,04%
  - Pérdidas primarias : $\frac{hf_D * L}{100}$
  - : 0,00 m
  - Accesorios : $K_{TOTAL} = 0{,}15$
  - Pérdidas secundarias : 0,00 m

- Tramo F-I: Manifold de descarga
  - Flujo : 1 031,06 m3/h
  - Longitud : 2,00 m
  - Diámetro interior de tubería : 590,55 mm (24" Peso estándar)
  - Material : Acero al carbono ASTM A53 - B
  - Rugosidad : 0,045720 mm
  - Velocidad : 1,05 m/s
  - Número de Reynolds (Re) : 472 092,541
  - Coeficiente de fricción (f) : 0,01430
  - Altura de velocidad $(V^2/2g)$: 0,06 m
  - %Pérdidas por fricción por longitud : $hf_N = \frac{hf_p}{L}.100\% = \frac{fV^2}{2gD}.100\%$
  - : 0,13%
  - Factor de seguridad $(F.S)$: 1,2
  - %Pérdidas por fricción de diseño : $hf_D = hf_N * F.S$
  - : 0, 16%
  - Pérdidas primarias : $\frac{hf_D * L}{100}$
  - : 0,00 m
  - Accesorios : $K_{TOTAL} = 0{,}15$
  - Pérdidas secundarias : 0,01 m

- Tramo I-L: Manifold de descarga
  - Flujo : 1 546,59 m3/h
  - Longitud : 2,00 m
  - Diámetro interior de tubería : 590,55 mm (24" Peso estándar)
  - Material Acero al carbono ASTM A53 - B
  - Rugosidad : 0,045720 mm
  - Velocidad : 1,57 m/s
  - Número de Reynolds (Re) : 708 138,812
  - Coeficiente de fricción (f) : 0,01363
  - Altura de velocidad $(V^2/2g)$: 0,13 m
  - %Pérdidas por fricción por longitud : $hf_N = \frac{hf_p}{L}.100\% = \frac{fV^2}{2gD}.100\%$
  - : 0,29%
  - Factor de seguridad $(F.S)$: 1,2
  - %Pérdidas por fricción de diseño : $hf_D = hf_N * F.S$
  - : 0,35%
  - Pérdidas primarias : $\frac{hf_D * L}{100}$
  - : 0,01 m
  - Accesorios : $K_{TOTAL} = 0{,}15$
  - Pérdidas secundarias : 0,02 m

- Tramo L-M: Tubería de impulsión
  - Flujo : 2 061,12 m3/h
  - Longitud : 14,71 m
  - Diámetro interior de tubería : 590,55 mm (24" Peso estándar)
  - Material : Acero al carbono ASTM A53 - B
  - Rugosidad : 0,045720 mm
  - Velocidad : 2,09 m/s
  - Número de Reynolds (Re) : 944 185,082
  - Coeficiente de fricción (f) : 0,01323
  - Altura de velocidad $(V^2/2g)$: 0,22 m
  - %Pérdidas por fricción por longitud : $hf_N = \frac{hf_p}{L}.100\% = \frac{fV^2}{2gD}.100\%$
  - : 0,50%
  - Factor de seguridad $(F.S)$: 1,2
  - %Pérdidas por fricción de diseño : $hf_D = hf_N * F.S$
  - : 0,60%
  - Pérdidas primarias : $\frac{hf_D * L}{100}$
  - : 0,09 m
  - Accesorios : $K_{TOTAL} = 0{,}88$
  - Pérdidas secundarias : 0,20 m

- Tramo M-N-O: Tubería de impulsión
  - Flujo : 2 061,12 m3/h
  - Longitud : 740,38 m
  - Diámetro interior de tubería : 494,31 mm (24" SDR 11)
  - Material : Polietileno de alta densidad
  - Rugosidad : 0,021300 mm
  - Velocidad : 2,98 m/s
  - Número de Reynolds (Re) : 1 128 015,167
  - Coeficiente de fricción (f) : 0,01239
  - Altura de velocidad $(V^2/2g)$: 0,45 m
  - %Pérdidas por fricción por longitud : $hf_N = \frac{hf_p}{L}.100\% = \frac{fV^2}{2gD}.100\%$
  - : 1,14%
  - Factor de seguridad $(F.S)$: 1,2
  - %Pérdidas por fricción de diseño : $hf_D = hf_N * F.S$
  - : 1,20%
  - Pérdidas primarias : $\frac{hf_D * L}{100}$
  - : 8,85 m
  - Accesorios : $K_{TOTAL} = 5{,}44$
  - Otros : $K_{TOTAL} = 1{,}00$
  - Pérdidas secundarias : 2,92 m

De acuerdo a los cálculos de cada tramo de la ruta crítica tenemos los siguientes resultados:

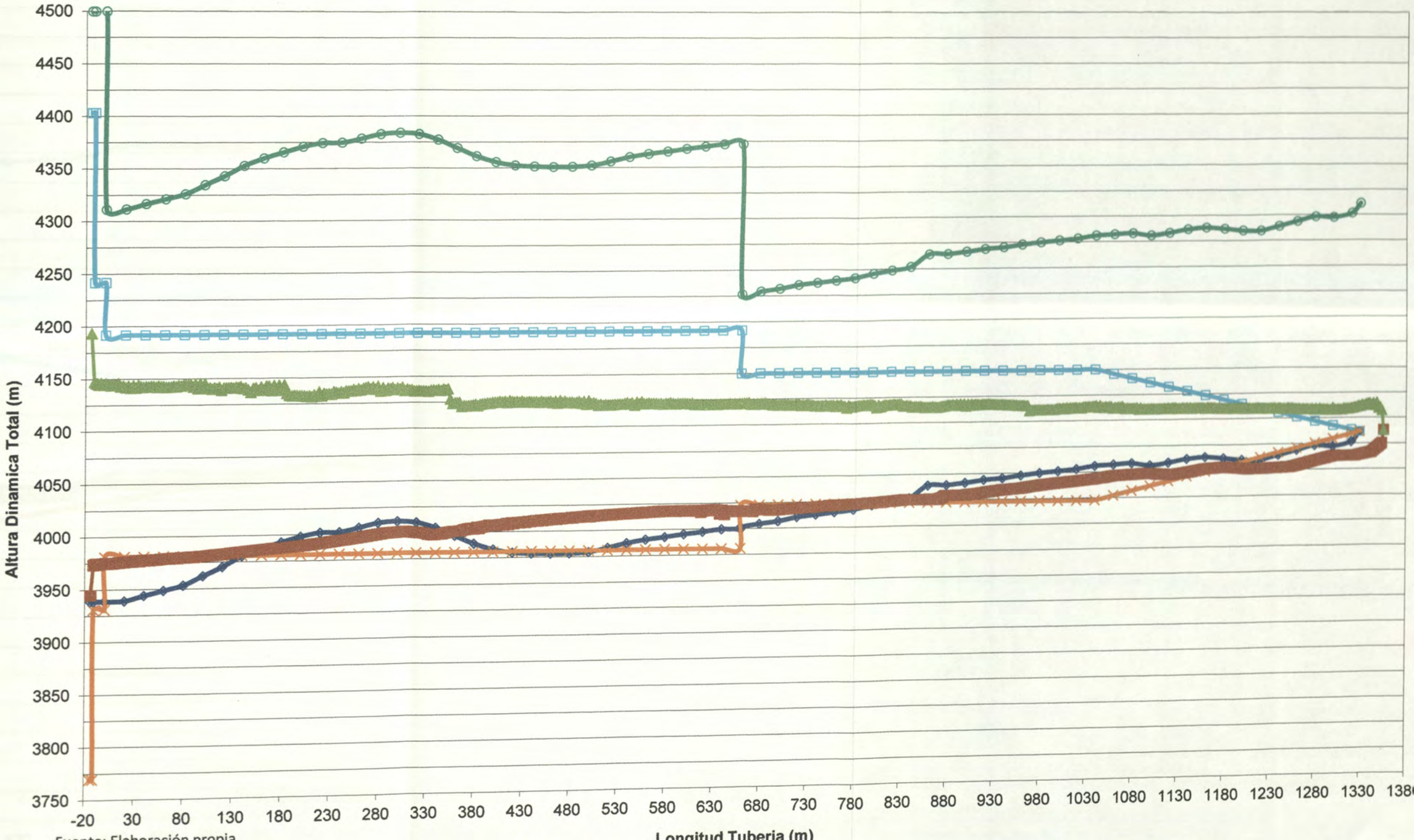
- Altura estática : 20,36 m
- Presión final : 8,10 mcf
- Presión residual : 1,00 mcf
- Pérdidas primarias en la succión : 0,01 m
- Pérdidas secundarias en la succión : 0,12 m
- Pérdidas primarias en la descarga : 8,99 m
- Pérdidas secundarias en la descarga : 3,97 m

De acuerdo a la fórmula (2. 4) se determina la altura dinámica de las bombas, siendo esta la siguiente:

$$H = 43{,}02 \text{ m}$$

Considerando una eficiencia de la motor y bomba del 90% y 70% respectivamente se tiene que las bombas del sistema de bombeo Nº1 tendrían una potencia al freno 95,92 kW, lo que implica que la potencial nominal sea de 150 hp.

En la Figura 3.2 se muestra la gradiente hidráulica del sistema de bombeo N°1 de acuerdo a la información del perfil del terreno donde se instaló la tubería de conducción principal y presión admisible bajo cargas sostenibles, esto con la finalidad de validar que los materiales empleados soporte la presión de operación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.6 Gradiente hidráulico obtenido por el método del acontecimiento rápido y el método de las características del sistema de bombeo N°5 y presión máxima admisible sin elementos de protección

3.5 Resultados del cálculo hidráulico

Siguiendo la misma metodología de cálculo mostrada en el ítem 3.4 se determinan las características hidráulicas de sistemas de bombeo restantes, el detalle de los cálculos de cada sistema se muestra en el Anexo I, obteniéndose los siguientes resultados:

3.5.1 Sistema de bombeo Nº1

- Fluido : Agua tratada
- Caudal : 2062 m3/h
- Número de bombas : 4
- Tipo de bombas : Centrífuga horizontal
- Tubería de succión : 16" – Clase de material AA1
- Tubería de descarga : 14" – Clase de material AA1
- Manifold de descarga : 24" – Clase de material AA1
- Tubería de impulsión : 24" – Clase de material AA1
- 24" – Clase de material LUF3
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 43,02 mcf
- Flujo por bomba : 515,53 m3/h
- Potencia estimada del motor : 150 hp

3.5.2 Sistema de bombeo Nº2

- Fluido : Agua de mina
- Caudal : 600 m3/h
- Número de bombas : 6
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Manifold de succión : 16" – Clase de material AF1
- Tubería de succión : 6" – Clase de material AF1
- Tubería de descarga : 6" – Clase de material AF1
- Manifold de descarga : 12" – Clase de material AF1
- Tubería de impulsión : 12" – Clase de material AF1
- 16" – Clase de material LUF1
- 16" – Clase de material LUF3
- 16" – Clase de material LUF6
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 236,14 mcf
- Flujo por bomba : 100 m3/h
- Potencia estimada del motor : 150 hp

3.5.3 Sistema de bombeo Nº3

- Fluido : Agua tratada
- Caudal : 800 m3/h
- Número de bombas : 5
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Manifold de succión : 18" – Clase de material AA1
- Tubería de succión : 8" – Clase de material AA1
- Tubería de descarga : 6" – Clase de material AA1
- Manifold de descarga : 16" – Clase de material AA1
- Tubería de impulsión : 16" – Clase de material AA1
- 18" – Clase de material LUF1
- 18" – Clase de material LUF2
- 18" – Clase de material LUF3
- 18" – Clase de material LUF6
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 119,23 mcf
- Flujo por bomba : 160 m3/h
- Potencia estimada del motor : 125 hp

3.5.4 Sistema de bombeo Nº4

- Fluido : Agua tratada
- Caudal : 500 m3/h
- Número de bombas : 3
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Tubería de succión : 8" – Clase de material AA1
- Tubería de descarga : 6" – Clase de material AA1
- Manifold de descarga : 12" – Clase de material AA1
- Tubería de impulsión : 12" – Clase de material AA1
- 16" – Clase de material LUF1
- 16" – Clase de material LUF2
- 16" – Clase de material LUF3
- 16" – Clase de material LUF6
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 111,45 mcf
- Flujo por bomba : 166,66 m3/h
- Potencia estimada del motor : 125 hp

3.5.5 Sistema de bombeo Nº5

- Fluido : Agua de mina
- Caudal : 648 m3/h
- Número de bombas : 4
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Manifold de succión : 14" – Clase de material AF1
- Tubería de succión : 8" – Clase de material AF1
- Tubería de descarga : 6" – Clase de material CG1
- Manifold de descarga : 16" – Clase de material CG1
- Tubería de impulsión : 16" – Clase de material CG1
- 16" – Clase de material LUF1
- 16" – Clase de material LUF3
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 171,14 mcf
- Flujo por bomba : 162 m3/h
- Potencia estimada del motor : 200 hp

3.5.6 Sistema de bombeo Nº6

- Fluido : Agua de mina
- Caudal : 648 m3/h
- Número de bombas : 4
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Manifold de succión : 14" – Clase de material AF1
- Tubería de succión : 8" – Clase de material AF1
- Tubería de descarga : 6" – Clase de material CG1
- Manifold de descarga : 16" – Clase de material CG1
- Tubería de impulsión : 16" – Clase de material CG1
- 16" – Clase de material LUF1
- 16" – Clase de material LUF2
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 148,92 mcf
- Flujo por bomba : 162 m3/h
- Potencia estimada del motor : 150 hp

3.5.7 Sistema de bombeo N°7

- Fluido : Agua de mina
- Caudal : 576 m3/h
- Número de bombas : 5
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Manifold de succión : 18" – Clase de material AF1
- Tubería de succión : 8" – Clase de material AF1
- Tubería de descarga : 6" – Clase de material CG1
- Manifold de descarga : 18" – Clase de material CG1
- Tubería de impulsión : 18" – Clase de material CG1
- 18" – Clase de material LUF1
- 18" – Clase de material LUF2
- 18" – Clase de material LUF3
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 152,25 mcf
- Flujo por bomba : 115,20 m3/h
- Potencia estimada del motor : 125 hp

3.6 Análisis de los transitorios hidráulicos

En los siguientes acápites se realizará el análisis de transitorios hidráulicos de los siete sistemas de bombeo descritos líneas arriba. Este análisis se llevará a cabo mediante el método del acontecimiento rápido y el método de las características. Para realizar esto se tendrá en cuenta las características hidráulicas de cada sistema de bombeo obtenidas en el cálculo hidráulico, características del fluido, velocidades de onda del fluido sobre la tubería y máximas presiones admisibles para cada material de las tuberías.

3.6.1 Velocidad de onda

La velocidad de onda es un parámetro importante para el análisis de los transitorios hidráulicos, para lo cual se requiere el modulo de elasticidad de la tubería, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.15. Módulos de elasticidad para el acero y HDPE

Material de la tubería	Modulo de elasticidad (Pa)
Acero al carbono (ASTM A53-B)	1,84E+11
Acero inoxidable (AISI 304 ó 316)	1,93E+11
HDPE (PE3408)	1,03E+09

Fuente: Elaboración propia

En base a la Tabla 3.15 y ecuación 2.26 se determinan las velocidades de onda de todas las tuberías empleadas en cada sistema de bombeo y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.16 Velocidades de onda de las tuberías de los sistemas de bombeo

Diámetro	Velocidad de onda							
	Acero inoxidable		Acero al carbono		HDPE			
	10s	40s	Std WT	Sch 40	SDR 7,3	SDR 9	SDR 11	SDR 17
6"	1195	1328	1322	1322	438	346	332	259
8"	1157	1310	1303	1303	438	374	332	259
10"	1131	1294	1287	1287	438	374	332	259
12"	1110	1270	1261	1276	438	374	332	259
14"	1098	1252	1244	1267	438	374	332	259
16"	1063	1226	1217	1273	438	374	332	259
18"	1031	1201	1191	1272	438	374	332	259
20"	1043	1178	1168	1263	438	374	332	259
24"	1031	1135	1124	1257	428	374	332	259

Fuente: Elaboración propia

3.7 Análisis de transitorios hidráulicos por el método del acontecimiento rápido

A continuación se detalla el procedimiento seguido para el análisis de transitorios hidráulicos empleados en los sistemas de bombeo. Como ejemplo se muestra en análisis realizado al sistema de bombeo Nº1, el cual tiene las siguientes características:

- Condiciones ambientales
  - Presión atmosférica : 62,55 kPa
  - Temperatura de diseño : 10 ºC

- Características del fluido
  - Fluido : Agua tratada
  - Gravedad específica @ 10 °C $(S.G.)$: 1,0
  - Viscosidad absoluta @ 10 °C (μ) : 1,31 cP
  - Presión de vapor @ 10 °C (P_V) : 1,23 kPa

- Condiciones de la instalación
  - Flujo total : 2 062,12 m3/h
  - Elevación de la succión : 4 043,135 msnm
  - Presión en la succión : 0,50 mcf
  - Nivel del líquido : 4 043,635 msnm
  - Elevación de descarga : 4 064,000 msnm
  - Presión final requerida : 7,10 mcf
  - Altura estática : 20,36 m (Succión y descarga)

La configuración del sistema de bombeo N°1 fue determinado en el acápite 3.4, siendo este representado en el siguiente esquema:

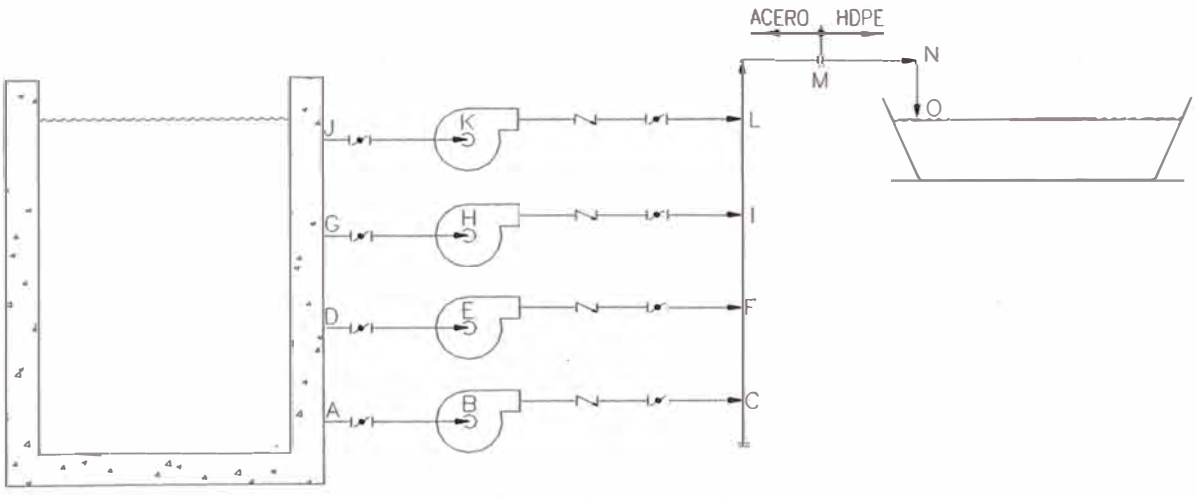


Figura 3.3 Esquema del Sistema de Bombeo Nº1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la configuración planteada para este sistema de bombeo se pueden identificar 3 tramos de tuberías que deberán ser analizados, estos se caracterizan por ser del mismo diámetro, espesor y material.

- Tramo B-C: Tubería de descarga
  - Material : Acero al carbono ASTM A53 - B
  - Diámetro interior de tubería : 336,55 mm (14" Peso estándar)
  - Espesor : 9,53 mm (Peso estándar)
  - Modulo de elasticidad : 2,039 E+10 kg/m^2
  - Velocidad de onda : $a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1+\frac{K.D}{E.e}}}$
  - : 1 220,38 m/s
  - Velocidad del fluido : 1,61 m/s
  - Longitud de tubería : 5,93 m
  - Tiempo crítico (2L/a) : 0,01 s
  - Sobrepresión : $\Delta p = \rho . a . V_0$
  - : 200,26 mca
  - Máx. presión por cargas sostenidas : 199,57 mca (Clase AA1)
  - Máx. presión por cargas ocasionales: 265,43 mca (Clase AA1)

- Tramo C-M: Manifold de descarga y tubería de impulsión
  - Material : Acero al carbono ASTM A53 - B
  - Diámetro interior de tubería : 590,55 mm (24" Peso estándar)
  - Espesor : 9,53 mm (Peso estándar)
  - Modulo de elasticidad : 2,039 E+10 kg/m^2

- Velocidad de onda : $a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1+\frac{K.D}{E.e}}}$
- : 1 114,74 m/s
- Velocidad del fluido : 2,09 m/s
- Longitud de tubería : 20,71 m
- Tiempo crítico (2L/a) : 0,04 s
- Sobrepresión : $\Delta p = \rho . a . V_0$
- : 237,64 mca
- Máx. presión por cargas sostenidas : 199,57 mca (Clase AA1)
- Máx. presión por cargas ocasionales: 265,43 mca (Clase AA1)

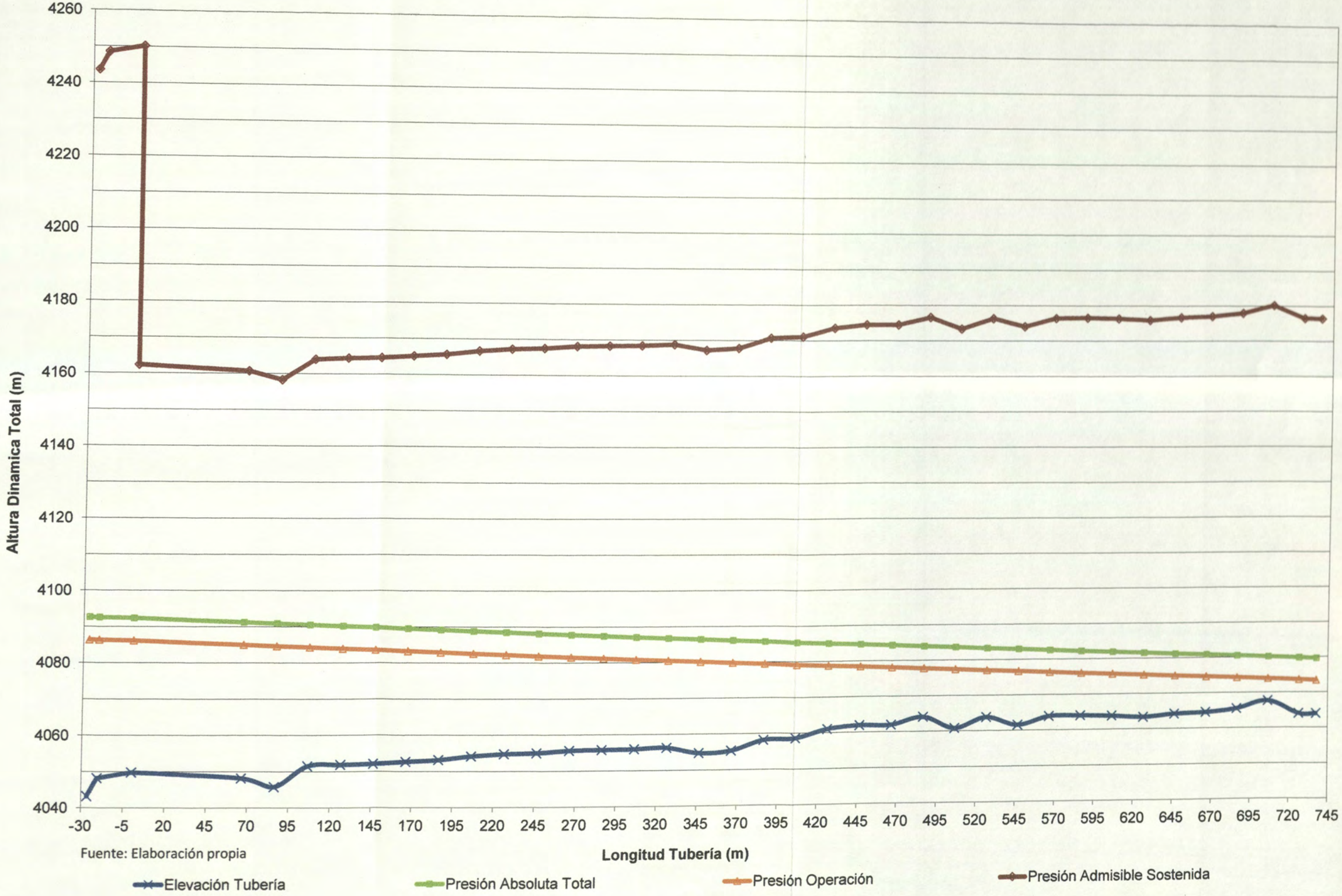
- Tramo M-O: Tubería de impulsión
  - Material : Polietileno de alta densidad
  - Diámetro interior de tubería : 494,31 mm (24" SDR11)
  - Espesor : 57,65 mm (SDR11)
  - Modulo de elasticidad : 8,00 E+07 kg/m^2
  - Velocidad de onda : $a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1+\frac{K.D}{E.e}}}$
  - : 295,90 m/s
  - Velocidad del fluido : 2,98 m/s
  - Longitud de tubería : 740,35 m
  - Tiempo crítico (2L/a) : 5,0 s
  - Sobrepresión : $\Delta p = \rho . a . V_0$
  - : 90,03 mca
  - Máx. presión por cargas sostenidas : 112,43 mca (LUF3)
  - Máx. presión por cargas ocasionales: 224,87 mca (LUF3)

- Tiempo de cierre de la válvula check (T_C): Para esta válvula se ha considerado conservadoramente que se realiza en 2 segundos.
- Longitud crítica: Para determinarla se empleará la siguiente ecuación:

$$L_C = \frac{a.T_C}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

- Longitud crítica : 295,90 m

Con el cálculo de la sobrepresión que se tiene sobre cada tramo de tubería del sistema de bombeo podemos establecer un gráfico en la que se pueda comprara con respecto al gradiente hidráulico y ver el impacto sobre el sistema. En la Figura 3.4 se puede observar esto:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2 Gradiente hidráulica y presión admisible a cargas sostenibles

Como se puede observa en el gráfico, los materiales seleccionados soportarían la sobrepresión que se puede generar por un transitorio hidráulico, sin embargo se puede apreciar un sobredimensionamiento en la tubería, ya que de acuerdo al análisis realizado por el método de las características mediante el empleo del software Hammer V8i, la sobrepresión que se genera es mucho menor, por lo que se podría emplear un material de menor espesor.

3.8 Resultados del método del acontecimiento rápido

Siguiendo la misma metodología de cálculo mostrada en el ítem 3.7 se analizan todos los sistemas de bombeo. A continuación se muestra un resumen de ellos. Para mayores detalles de cálculo ver el Anexo II.

3.8.1 Sistema de bombeo Nº1

- Fluido : Agua tratada
- Número de bombas : 4
- Tipo de bombas : Centrífuga horizontal
- Caudal : 2,062 m3/h
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 43,02 mcf
- Criterio de protección : No se adopto ningún criterio

Tubería de descarga de bomba

- Diámetro y clase : 14" – Clase de material AA1
- Longitud de tubería : 5,93 m
- Velocidad de onda : 1 220,38 m/s
- Velocidad del fluido : 1,61 m/s
- Tiempo crítico : 0,01 s

- Sobrepresión : 200,26 mcf

Manifold de descarga

- Diámetro y clase : 24" – Clase de material AA1
- Longitud de tubería : 20,71 m
- Velocidad de onda : 1 114,74 m/s
- Velocidad del fluido : 2,09 m/s
- Tiempo crítico : 0,04 s
- Sobrepresión : 237,64 mcf

Tubería de descarga – Tramo 1

- Diámetro y clase : 24" – Clase de material LUF 3
- Longitud de tubería : 740,35 m
- Velocidad de onda : 295,90 m/s
- Velocidad del fluido : 2,98 m/s
- Tiempo crítico : 5 s
- Sobrepresión : 90,03 mcf

3.8.2 Sistema de bombeo N°2

- Fluido : Agua de mina
- Número de bombas : 6
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Caudal : 600 m3/h
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 236,14 mcf
- Criterio de protección : Válvula anticipadora de onda 6"

Tubería de descarga de bomba

- Diámetro y clase : 6" – Clase de material AF1

- Longitud de tubería : 3 m
- Velocidad de onda : 1 287,67 m/s
- Velocidad del fluido : 1,49 m/s
- Tiempo crítico : 0,005 s
- Sobrepresión : 195,62 mcf

Manifold de descarga

- Diámetro y clase : 12" – Clase de material AF1
- Longitud de tubería : 10 m
- Velocidad de onda : 1 235,81 m/s
- Velocidad del fluido : 2,28 m/s
- Tiempo crítico : 0,02 s
- Sobrepresión : 287,75 mcf

Tubería de descarga – Tramo 1

- Diámetro y clase : 12" – Clase de material AF1
- Longitud de tubería : 375,71 m
- Velocidad de onda : 1 235,81 m/s
- Velocidad del fluido : 2,28 m/s
- Tiempo crítico : 0,60 s
- Sobrepresión : 287,75 mcf

Tubería de descarga – Tramo 2

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF1
- Longitud de tubería : 176,10 m
- Velocidad de onda : 391,58 m/s
- Velocidad del fluido : 2,60 m/s
- Tiempo crítico : 0,90 s

- Sobrepresión : 103,83 mcf

Tubería de descarga – Tramo 3

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF3
- Longitud de tubería : 245,18 m
- Velocidad de onda : 295,90 m/s
- Velocidad del fluido : 1,95 m/s
- Tiempo crítico : 1,66 s
- Sobrepresión : 58,94 mcf

Tubería de descarga – Tramo 4

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF6
- Longitud de tubería : 382,74 m
- Velocidad de onda : 230,74 m/s
- Velocidad del fluido : 1,67 m/s
- Tiempo crítico : 3,32 s
- Sobrepresión : 39,23 mcf

3.8.3 Sistema de bombeo Nº3

- Fluido : Agua tratada
- Número de bombas : 5
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Caudal : 800 m3/h
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 119,23 mcf
- Criterio de protección : Válvula anticipadora de onda 6"

Tubería de descarga de bomba

- Diámetro y clase : 6" – Clase de material AA1

- Longitud de tubería : 3 m
- Velocidad de onda : 1 174,63 m/s
- Velocidad del fluido : 2,38 m/s
- Tiempo crítico : 0,01 s
- Sobrepresión : 285,52 mcf

Manifold de descarga

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material AA1
- Longitud de tubería : 14,79 m
- Velocidad de onda : 1 196,85 m/s
- Velocidad del fluido : 1,89 m/s
- Tiempo crítico : 0,02 s
- Sobrepresión : 230,07 mcf

Tubería de descarga – Tramo 1

- Diámetro y clase : 18" – Clase de material LUF1
- Longitud de tubería : 1 146,16 m
- Velocidad de onda : 391,52 m/s
- Velocidad del fluido : 2,74 m/s
- Tiempo crítico : 5,85 s
- Sobrepresión : 109,34 mcf

Tubería de descarga – Tramo 2

- Diámetro y clase : 18" – Clase de material LUF2
- Longitud de tubería : 283 m
- Velocidad de onda : 333,83 m/s
- Velocidad del fluido : 2,29 m/s
- Tiempo crítico : 1,70 s

- Sobrepresión : 77,91 mcf

Tubería de descarga – Tramo 3

- Diámetro y clase : 18" – Clase de material LUF3
- Longitud de tubería : 165 m
- Velocidad de onda : 276,23 m/s
- Velocidad del fluido : 1,96 m/s
- Tiempo crítico : 1,19 s
- Sobrepresión : 55,08 mcf

Tubería de descarga – Tramo 4

- Diámetro y clase : 18" – Clase de material LUF6
- Longitud de tubería : 324,10 m
- Velocidad de onda : 230,82 m/s
- Velocidad del fluido : 1,76 m/s
- Tiempo crítico : 2,81 s

Sobrepresión : 41,35 mcf

3.8.4 Sistema de bombeo Nº4

- Fluido : Agua tratada
- Número de bombas : 3
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Caudal : 500 m3/h
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 111,45 mcf
- Criterio de protección : Válvula anticipadora de onda 6"

Tubería de descarga de bomba

- Diámetro y clase : 6" – Clase de material AA1

- Longitud de tubería : 2,66 m
- Velocidad de onda : 1 271,31 m/s
- Velocidad del fluido : 2,48 m/s
- Tiempo crítico : 0,004 s
- Sobrepresión : 321,89 mcf

Manifold de descarga

- Diámetro y clase : 12" – Clase de material AA1
- Longitud de tubería : 17 m
- Velocidad de onda : 1 235,81 m/s
- Velocidad del fluido : 1,90 m/s
- Tiempo crítico : 0,03 s
- Sobrepresión : 239,79 mcf

Tubería de descarga – Tramo 1

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF1
- Longitud de tubería : 1 106,86 m
- Velocidad de onda : 391,58 m/s
- Velocidad del fluido : 2,17 m/s
- Tiempo crítico : 5,65 s
- Sobrepresión : 86,53 mcf

Tubería de descarga – Tramo 2

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF2
- Longitud de tubería : 281,43 m
- Velocidad de onda : 333,84 m/s
- Velocidad del fluido : 1,81 m/s
- Tiempo crítico : 1,69 s

- Sobrepresión : 61,64 mcf

Tubería de descarga – Tramo 3

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF3
- Longitud de tubería : 165,16 m
- Velocidad de onda : 295,90 m/s
- Velocidad del fluido : 1,63 m/s
- Tiempo crítico : 1,12 s
- Sobrepresión : 49,12 mcf

Tubería de descarga – Tramo 4

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF6
- Longitud de tubería : 345,47 m
- Velocidad de onda : 230,74 m/s
- Velocidad del fluido : 1,39 m/s
- Tiempo crítico : 2,99 s
- Sobrepresión : 32,69 mcf

3.8.5 Sistema de bombeo Nº5

- Fluido : Agua de mina
- Número de bombas : 4
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Caudal : 648 m3/h
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 171,14 mcf
- Criterio de protección : Válvula anticipadora de onda 4"

Tubería de descarga de bomba

- Diámetro y clase : 6" – Clase de material CG1

- Longitud de tubería : 3 m
- Velocidad de onda : 1 287,67 m/s
- Velocidad del fluido : 2,41 m/s
- Tiempo crítico : 0,005 s
- Sobrepresión : 316,90 mcf

Manifold de descarga

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material CG1
- Longitud de tubería : 11,23 m
- Velocidad de onda : 1 048,15 m/s
- Velocidad del fluido : 1,46 m/s
- Tiempo crítico : 0,02 s
- Sobrepresión : 155,48 mcf

Tubería de descarga – Tramo 1

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF1
- Longitud de tubería : 677,92 m
- Velocidad de onda : 380,96 m/s
- Velocidad del fluido : 2,71 m/s
- Tiempo crítico : 3,56 s
- Sobrepresión : 105,39 mcf

Tubería de descarga – Tramo 2

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF3
- Longitud de tubería : 682,29 m
- Velocidad de onda : 295,84 m/s
- Velocidad del fluido : 2,11 m/s
- Tiempo crítico : 4,61 s

- Sobrepresión : 63,63 mcf

3.8.6 Sistema de bombeo Nº6

- Fluido : Agua de mina
- Número de bombas : 4
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Caudal : 648 m3/h
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 148,92 mcf
- Criterio de protección : Válvula anticipadora de onda 6"

Tubería de descarga de bomba

- Diámetro y clase : 6" – Clase de material CG1
- Longitud de tubería : 3 m
- Velocidad de onda : 1 287,67 m/s
- Velocidad del fluido : 2,41 m/s
- Tiempo crítico : 0,005 s
- Sobrepresión : 316,90 mcf

Manifold de descarga

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material CG1
- Longitud de tubería : 11,23 m
- Velocidad de onda : 1 048,15 m/s
- Velocidad del fluido : 1,46 m/s
- Tiempo crítico : 0,02 s
- Sobrepresión : 155,48 mcf

Tubería de descarga – Tramo 1

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF1

- Longitud de tubería : 84,13 m
- Velocidad de onda : 380,96 m/s
- Velocidad del fluido : 2,71 m/s
- Tiempo crítico : 0,44 s
- Sobrepresión : 105,39 mcf

Tubería de descarga – Tramo 2

- Diámetro y clase : 16" – Clase de material LUF2
- Longitud de tubería : 620,33 m
- Velocidad de onda : 333,84 m/s
- Velocidad del fluido : 2,35 m/s
- Tiempo crítico : 3,72 s
- Sobrepresión : 79,88 mcf

3.8.7 Sistema de bombeo Nº7

- Fluido : Agua de mina
- Número de bombas : 5
- Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas
- Caudal : 576 m3/h
- Altura dinámica de las bombas (ADT) : 152,25 mcf
- Criterio de protección : Válvula anticipadora de onda 6"

Tubería de descarga de bomba

- Diámetro y clase : 6" – Clase de material CG1
- Longitud de tubería : 3 m
- Velocidad de onda : 1 287,67 m/s
- Velocidad del fluido : 1,72 m/s

- Tiempo crítico : 0,005 s
- Sobrepresión : 225,35 mcf

Manifold de descarga

- Diámetro y clase : 18" – Clase de material CG1
- Longitud de tubería : 13,77 m
- Velocidad de onda : 1 018,82 m/s
- Velocidad del fluido : 1,02 m/s
- Tiempo crítico : 0,03 s
- Sobrepresión : 105,58 mcf

Tubería de descarga – Tramo 1

- Diámetro y clase : 18" – Clase de material LUF1
- Longitud de tubería : 3 607,91 m
- Velocidad de onda : 381,02 m/s
- Velocidad del fluido : 1,91 m/s
- Tiempo crítico : 18,94 s
- Sobrepresión : 74,04 mcf

Tubería de descarga – Tramo 2

- Diámetro y clase : 18" – Clase de material LUF2
- Longitud de tubería : 1 052,12 m
- Velocidad de onda : 333,83 m/s
- Velocidad del fluido : 1,65 m/s
- Tiempo crítico : 6,30 s
- Sobrepresión : 56,10 mcf

Tubería de descarga – Tramo 3

- Diámetro y clase : 18" – Clase de material LUF3

- Longitud de tubería : 426, 18m
- Velocidad de onda : 295,89 m/s
- Velocidad del fluido : 1, 48m/s
- Tiempo crítico : 2,88 s
- Sobrepresión : 44,70 mcf

Como se podrá observar en todos los sistemas de bombeo, menos en el primero se adoptó un criterio de protección debido a que se tienen antecedentes de muchos sistemas de bombeo que han fallado, por lo que el ingeniero diseñador tomó esta medida de protección, sin embargo como se verá más adelante esta protección no es necesaria de acuerdo a los resultados del método de las características.

3.9 Análisis de transitorios hidráulicos por el método de las características

El método de las características no es más que la aplicación de una técnica numérica para resolver las ecuaciones que rigen a los transitorios hidráulicos, las cuales se muestran en el capítulo II y son las siguientes:

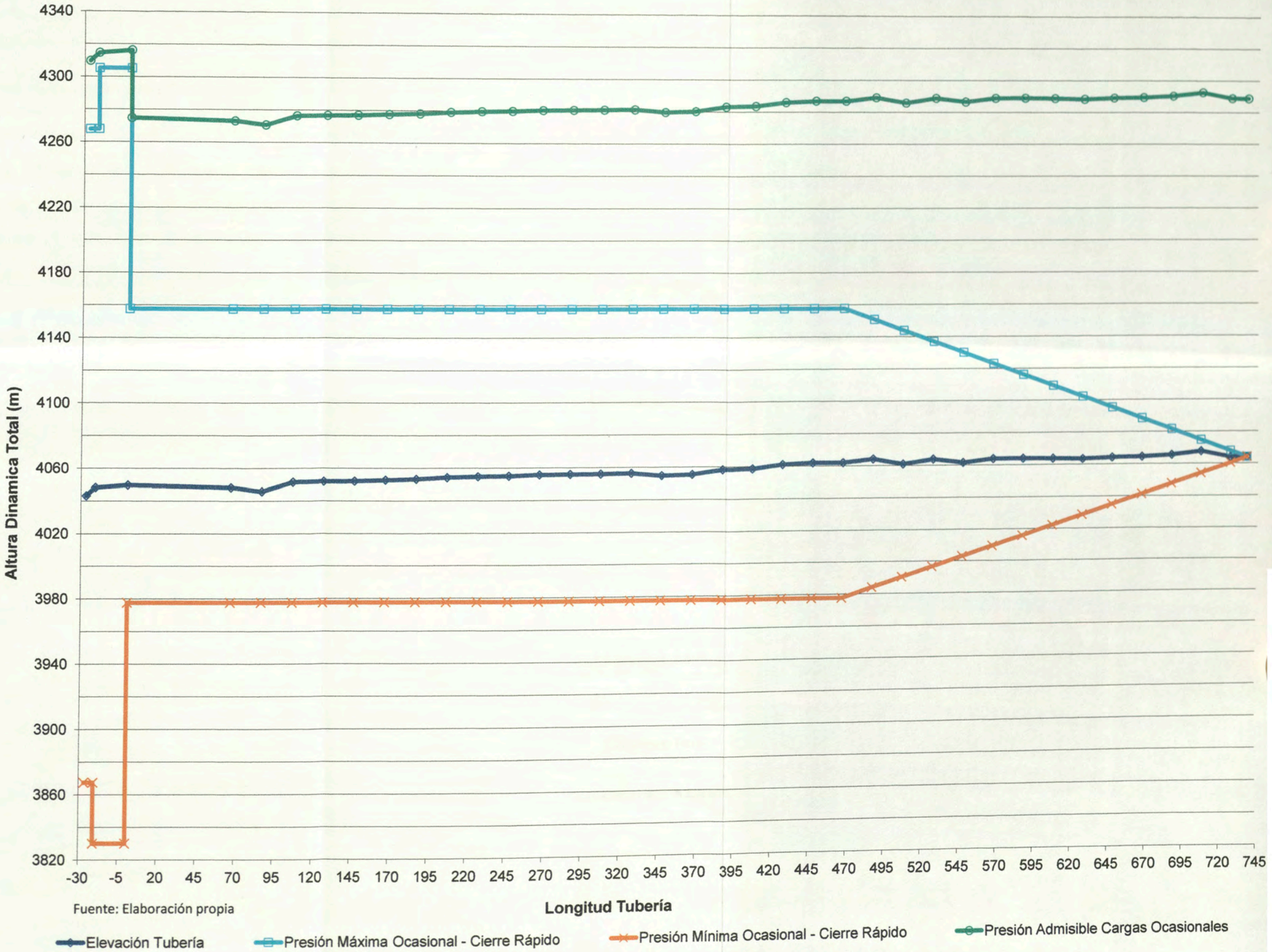
$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{a^2}{g}.\frac{\partial V}{\partial x} += 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + g.\frac{\partial H}{\partial x} + f.\frac{V.|V|}{2D} = 0 \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.1)$$

Existen diferentes técnicas numéricas para la resolución de ecuaciones diferenciales, pero la más conocida, más fácil de programar y brinda mejores resultados es el método de las características (Evangelisti 1969, Chaudhry 1987 y Wylie & Streeter 1983). El uso de las técnicas numéricas solo es

eficiente con el uso de un ordenador, es decir desarrollar un programa para la resolución de las ecuaciones o el usar un software comercial especializado en el análisis de transitorios hidráulicos. El mercado ofrece diferentes softwares para el análisis de transitorios hidráulicos, pero las e presas en las que trabaje emplean el software Hammer V8i de la firma Bentley.

Para análisis mediante el uso del Hammer V8i se ingresaron los resultados del cálculo hidráulico, características del fluido, materiales y parámetros del método de las características para todos los sistemas de bombeo. Analizándose los sistemas de bombeo considerando las características de diámetros y materiales obtenidos por el método del acontecimiento rápido sin considerar la ningún elemento de protección, sin embargo de acuerdo a los resultados obtenidos en el software de analizaba si era necesario el uso de una válvula anticipadora de onda como elemento de protección, la cual fue necesaria en varios sistemas de bombeo

En la Figura 3.5 se muestra el gráfico de la gradiente hidráulico del sistema de bombeo Nº1 del transitorio hidráulico sin considerar elementos de protección, en el cual se muestra el perfil del terreno, el gradiente hidráulico, la mínima y máxima presión.



Fuente: Elaboración propia

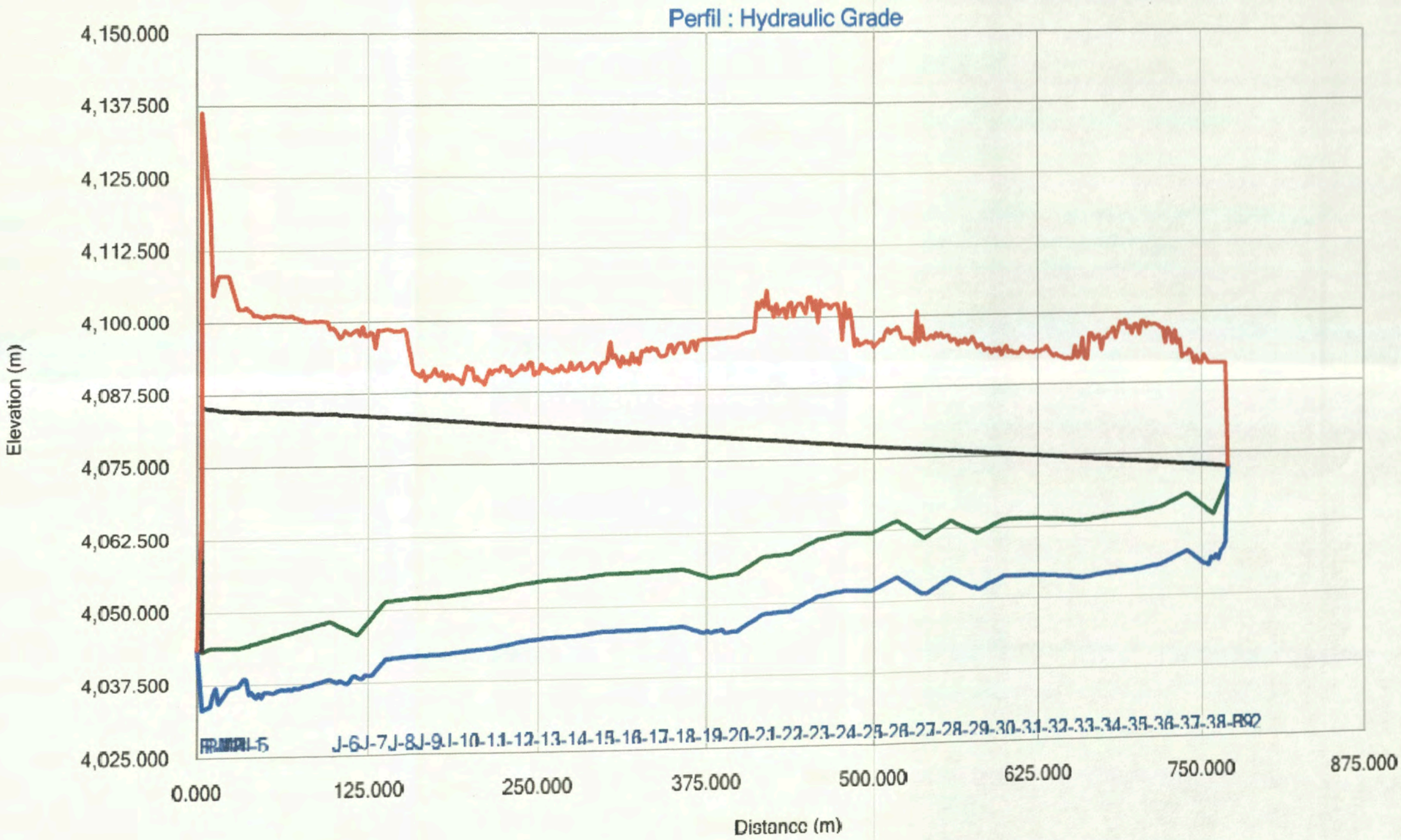
Figura 3.4 Gradiente hidraulico y presion admisible a cargas ocasionales

Si comparamos los resultados obtenidos de la Figura 3.4 con los de la Figura 3.5 se puede apreciar una diferencia sustancial en el impacto del transitorio hidráulico entre el método del acontecimiento rápido y el método de las características, lo cual resultar en un ahorro económico debido a que se podrían emplear materiales más ligeros o de menor espesor. En el capítulo IV se muestran los gráficos comparativos entre los resultados por ambos métodos, es decir en un mismo gráfico se superponen los resultados para apreciar la diferencia del impacto del transitorio hidráulico por ambos métodos.

Por otro lado como se puede apreciar en otros sistemas de bombeo se emplearon válvulas anticipadoras de onda como criterio de protección, el comportamiento de este elemento y el impacto sobre el sistema de bombeo se puede apreciar con el uso del software Hammer V8i mas no por el método del acontecimiento rápido ya que el uso de dicha válvula fue empleada de manera empírica bajo un criterio que es válido, pero que podría significar un ahorro económico si se justifica que su uso no es necesario

En el gráfico 3.6 se puede apreciar el gráfico de gradiente hidráulico del sistema de bombeo Nº1 empleando una válvula anticipadora de onda bajo el criterio empírico de protección empleado en los demás sistemas de bombeo, pero que a manera de ilustración se muestra el efecto de dicha válvula aunque en este sistema no se consideró necesario.

En el Anexo III se muestran los resultados gráficos de gradiente hidráulico y de presión de todos los sistemas de bombeo sin y considerando la protección por la válvula de anticipadora onda. Y en el Anexo IV y V se muestran los costos de cada sistema de bombeo de acuerdo a los resultados obtenidos por cada método de análisis.



Fuente: Bentley Hammer V8i

Figura 3.5 Gradiente hidráulico a cargas ocasionales por el método de las características sin elementos de protección

CAPÍTULO 4:

COSTOS

Después de haber realizado los análisis de transitorios hidráulicos a los siete sistemas de bombeo mediante el método del acontecimiento rápido y el método de las características, se determinó sus costo con la finalidad de obtener la diferencia económica que representa el uso del método del acontecimiento rápido y el método de las características.

4.1 Costos directos

Los costos directos de los sistemas de bombeo los representan los costos de los equipos mecánicos, equipos eléctricos, materiales eléctricos, obras civiles, estructuras, movimiento de tierras, tuberías, instrumentación y la mano de obra. Sin embargo con la finalidad de realizar una comparación económica entre los resultados obtenidos entre el método del acontecimiento rápido y el método de las características solo se determinarán los costos de los siguientes ítems, debido a que los demás costos mencionados son iguales para ambos métodos:

- Costos de tuberías, válvulas y accesorios
- Costo de instalación de tuberías, válvulas y accesorios

4.2 Costos indirectos

Los costos indirectos de los sistemas de bombeo lo representan la supervisión por parte del propietario, adquisiciones, gerenciamiento, ingeniería, seguros, traslados, insumos consumibles y otros similares, sin embargo como se menciono en el ítem 4.2 se realiza una comparación económica los costos indirectos serian los mismos para cualquiera de los dos resultados, por lo que no es necesario determinar los costos mencionados líneas arriba,

4.3 Resumen de costos

En el Anexo V se muestra el metrado y los costos detallados de tuberías, válvulas y accesorios de todos los sistemas de bombeo de acuerdo al resultado obtenido por el método del acontecimiento rápido. En la tabla 4.1 se muestra un cuadro resumen de dichos costos.

Tabla 4.1 Resumen de costos por el método del acontecimiento rápido

Ítem	Costo directo (materiales) (USD)	Costo indirecto (instalación) (USD)	Costo total (USD)
E.B.Nº1	284 211,34	224 297,70	508 509,04
E.B.Nº2	235 139,04	185 724,94	530 295,60
E.B.Nº3	218 192,75	257 675,00	531 443,80
E.B.Nº4	204 917,69	227 788,44	468 363,67
E.B.Nº5	182 536,24	241 027,66	505 195,48
E.B.Nº6	164 979,21	152 282,30	405 493,58
E.B.Nº7	1 179 379,63	1 018 985,84	2 351 154,82

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo VI se muestra el metrado y los costos detallado de acuerdo al método de las características. En la tabla 4.2 se muestra un cuadro resumen de dichos costos.

Tabla 4.2 Resumen de costos por el método de las características

Ítem	Costo directo (materiales) (USD)	Costo indirecto (instalación) (USD)	Costo total (USD)
E.B.Nº1	265 706,05	212 000,25	477 706,30
E.B.Nº2	224 296,26	184 463,31	484 336,98
E.B.Nº3	218 192,75	257 675,00	529 697,80
E.B.Nº4	195 130,35	228 326,79	454 294,47
E.B.Nº5	179 084,30	242 054,47	491 435,68
E.B.Nº6	142 392,02	154 401,86	371 346,36
E.B.Nº7	1 157 278,73	1 020 020,50	2 342 899,61

Fuente: Elaboración propia

Con los costos de cada método realizaremos una comparación en costos y el ahorro económico que este hubiera representado si se hubiera realizado por el método de las características durante la instalación de los siete sistemas de bombeo durante los años 2008 y 2009. En la tabla 4.3 se muestra esto.

Tabla 4.3. Costos de instalación bajo el análisis de transitorios por el método de las características y el método del acontecimiento rápido.

Ítem	Costo por el M.A.C. (USD)	Costo por el M.C. (USD)	Diferencia (USD)	Porcentaje (%)
E.B.Nº1	508 509,04	477 706,30	30 802,74	6,1%
E.B.Nº2	530 295,60	484 336,98	45 958,62	8,7%
E.B.Nº3	531 443,80	529 697,80	0.00	0,0%
E.B.Nº4	468 363,67	454 294,47	14 069,20	3,0%
E.B.Nº5	505 195,48	491 435,68	13 759,80	2,7%
E.B.Nº6	405 493,58	371 346,36	34 147,22	8,4%
E.B.Nº7	2 351 154,82	2 342 899,61	8 255,21	0,4%
Total	**5 300 455,99**	**5 151 717,20**	**148 738,79**	**2,8%**

Fuente: Elaboración propia

Leyenda

M.C.: Método de las características

M.A.C.: Método del acontecimiento rápido

CAPÍTULO 5:

ÁNALISIS DE RESULTADOS

Después de haber realizado los análisis de transitorios hidráulicos a los siete sistemas de bombeo mediante el método de las características y el método del acontecimiento rápido se realizará un análisis comparativo. Este análisis se realizó desde el punto de vista técnico y económico. Para finamente llegar a un análisis comparativo global y determinando las ventajas y desventajas de cada método.

5.1 Análisis técnico

A continuación las diferencias técnicas entre los resultados obtenidos por el método de las características y el método del acontecimiento rápido para cada sistema de bombeo.

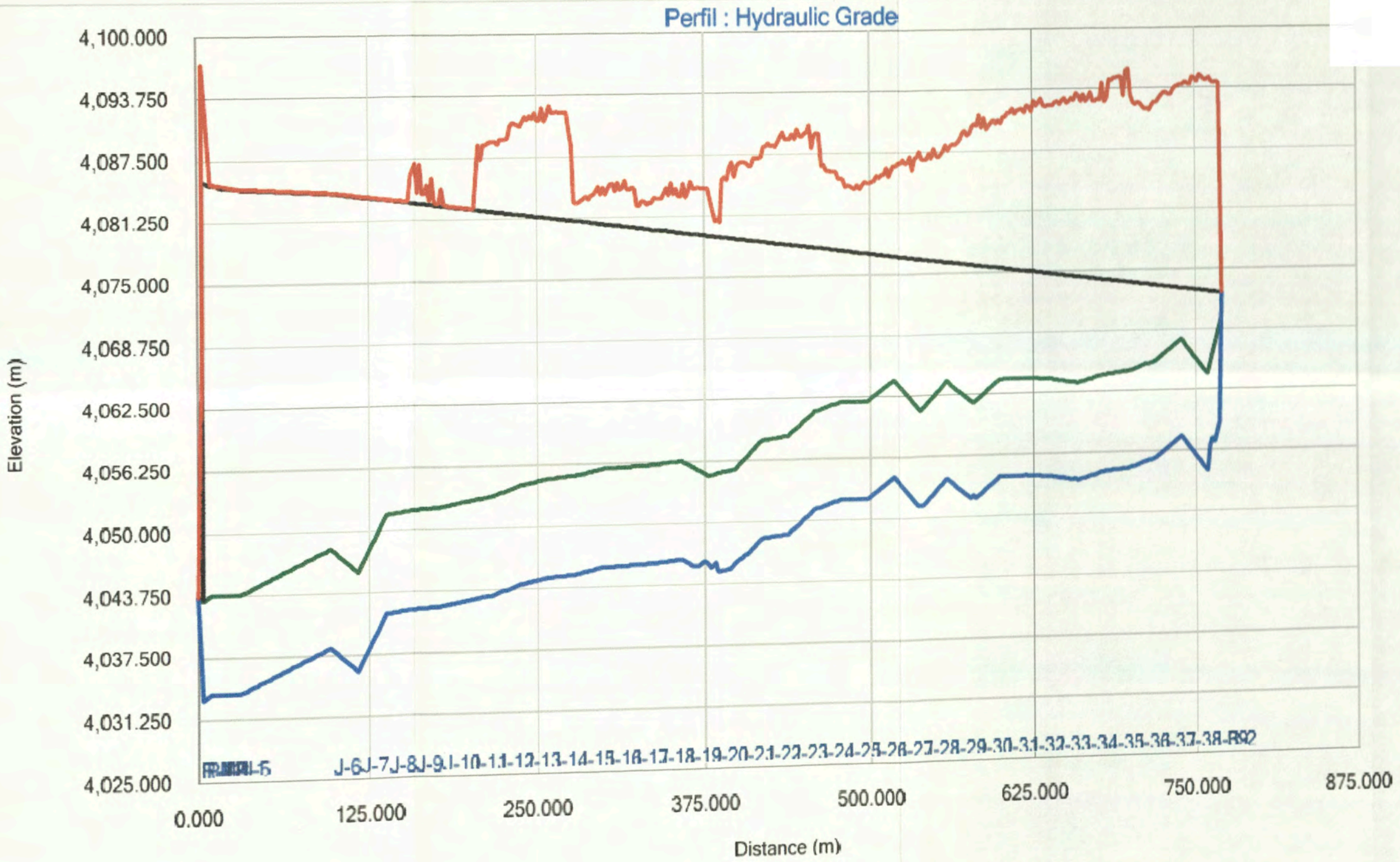
5.1.1 Sistema de bombeo Nº1

Este sistema de bombeo fue construido sin ningún elemento de protección. En el gráfico 5.1 se muestran los resultados obtenidos por el método del acontecimiento rápido y el método de las características, en el se puede apreciar que la máxima sobrepresión se tiene bajo el método del acontecimiento rápido y se aprecia una diferencia notable, por lo que podría emplearse un material de menor espesor. De acuerdo al cálculo hidráulico el

sistema de bombeo tiene una tubería de HDPE SDR 11, la cual puede ser reemplazada por tubería de HDPE SDR 17, el comportamiento de la sobrepresión sería similar pero con un sistema de menor costo.

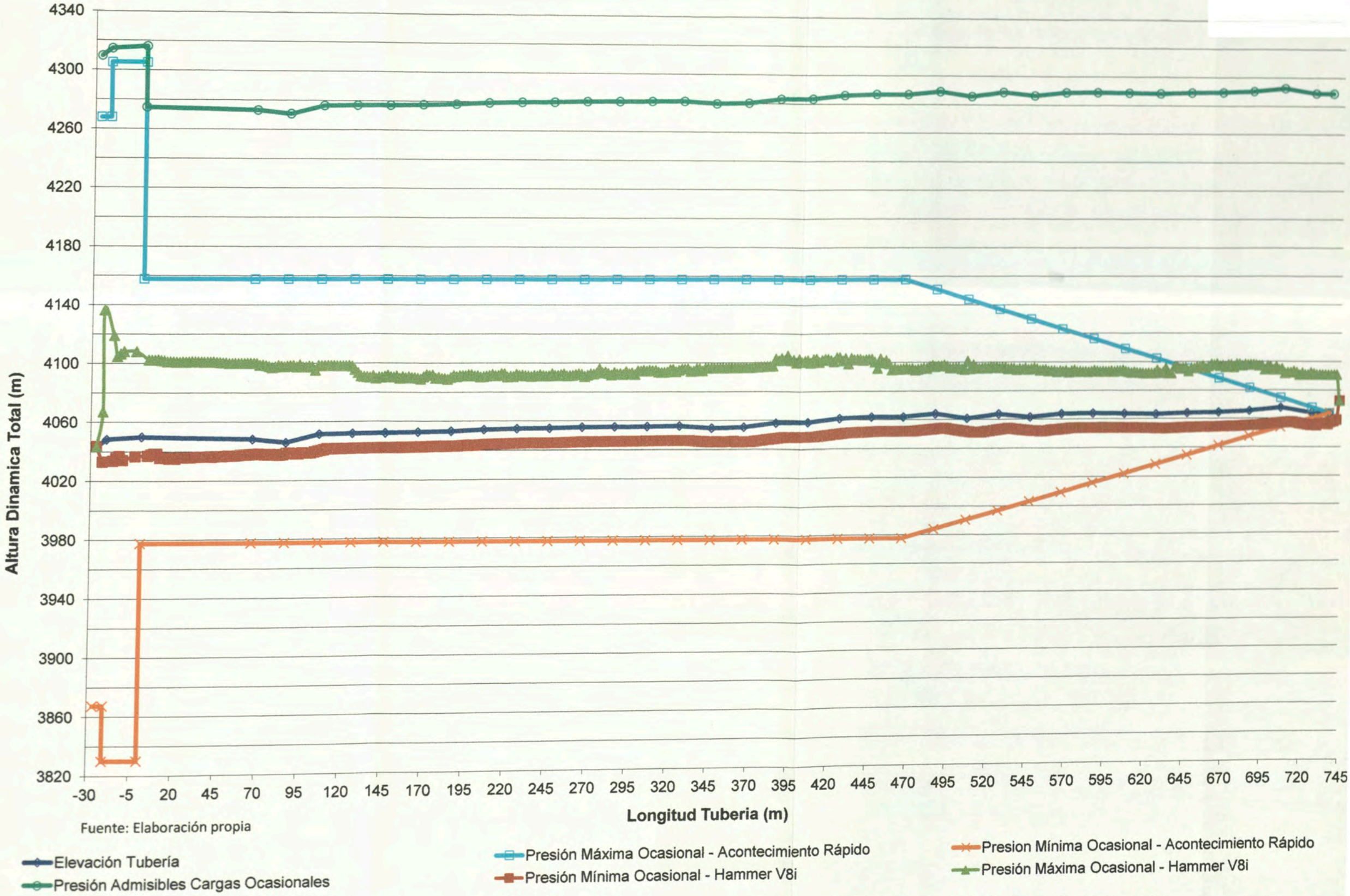
5.1.2 Sistema de bombeo Nº2

Este sistema de bombeo fue construido considerando una válvula anticipadora de onda como criterio de protección. En el gráfico 5.2 se muestran los resultados obtenidos por el método del acontecimiento rápido y el método de las características, en el se puede apreciar que la máxima sobrepresión obtenida bajo el método del acontecimiento rápido es mayor en los primeros metros de la línea de conducción, aproximadamente en un 30%, pero el tramo restante la tendencia se invierte. En este caso se puede decir que los resultados de ambos métodos son similares y confiables, por lo que el uso de un elemento de protección no es necesario. Sin embargo en el Anexo III se puede apreciar el comportamiento del sistema considerando la válvula, que es parte de la instalación actual.



Fuente: Bentley Hammer V8i

Figura 3.6 Gradiente hidráulico a cargas ocasionales por el método de las características con elementos de protección



Fuente: Elaboración propia

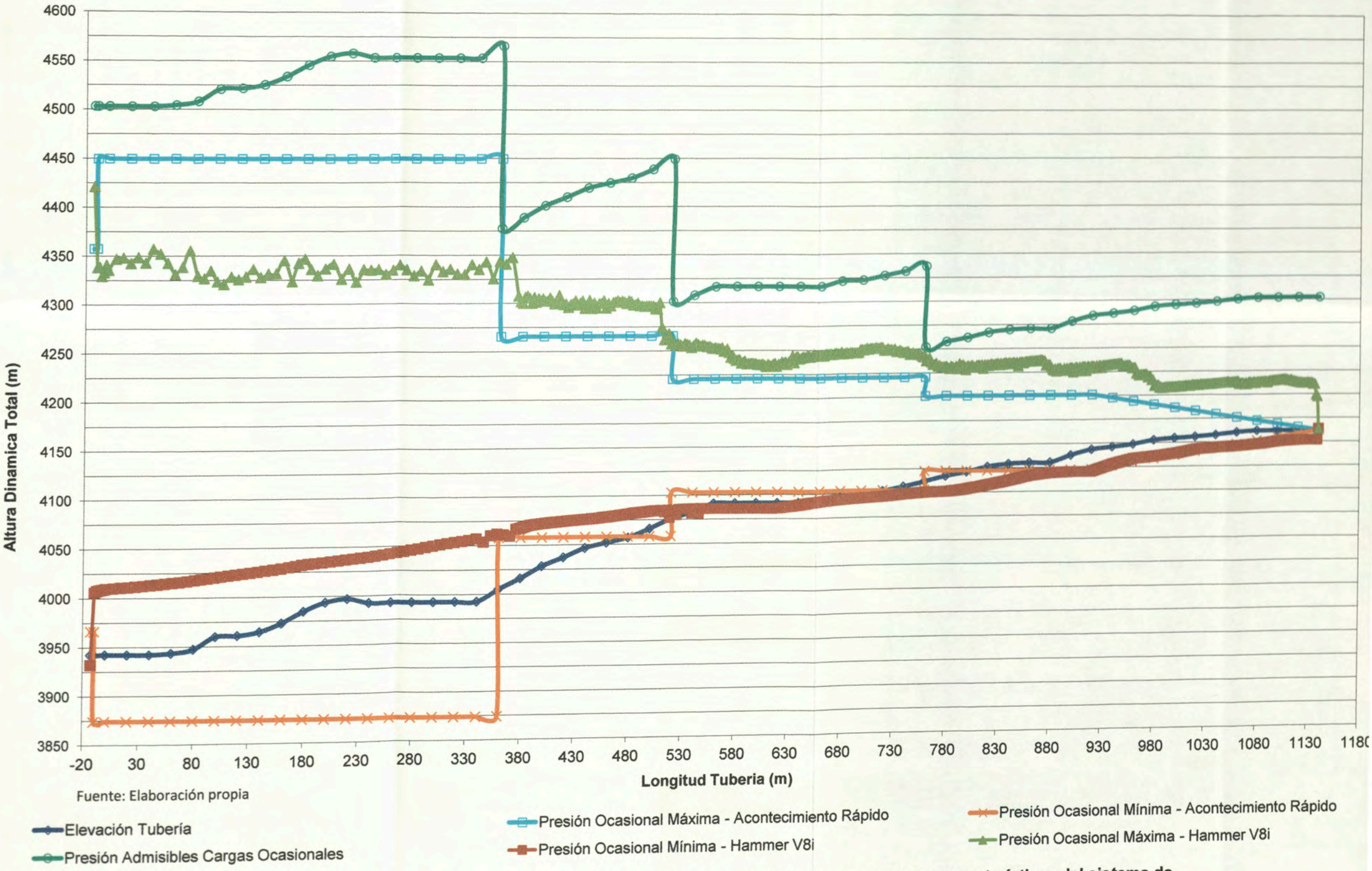
Figura 5.1 Gradiente hidráulico obtenido por el método del acontecimiento rápido y el método de las características del sistema de bombeo N°1 y presión máxima admisible sin elementos de protección

5.1.3 Sistema de bombeo Nº3

Este sistema de bombeo fue construido considerando una válvula anticipadora de onda como criterio de protección. En el gráfico 5.3 se muestran los resultados obtenidos por el método del acontecimiento rápido y el método de las características, en el se puede apreciar que la máxima sobrepresión obtenida bajo el método del acontecimiento rápido es muy similar al del método de las características, salvo en los primeros metros sobre la tubería de acero se tendría una sobrepresión elevada que conllevaría al colapso del sistema, por lo que se requiere de un elemento que lo atenúe, para lo cual se recurre al uso de una válvula anticipadora de onda. En el gráfico 5.4 se muestra la sobrepresión considerando dicha válvula. En este caso se puede decir que el método confiable es el método de las características y que el criterio empírico de emplear la válvula anticipadora de onda fue apropiado.

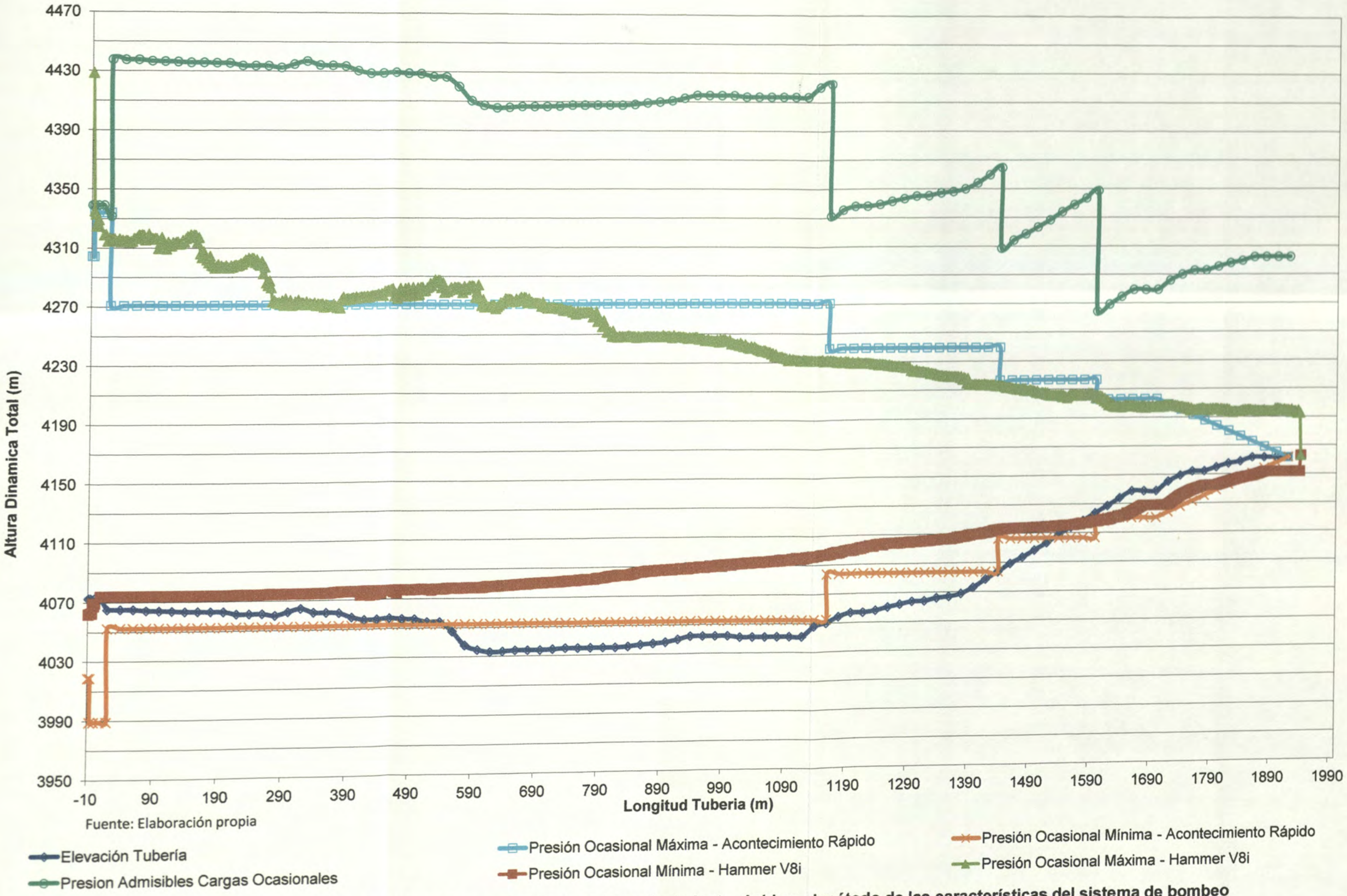
5.1.4 Sistema de bombeo Nº4

Este sistema de bombeo fue construido considerando una válvula anticipadora de onda como criterio de protección. En el gráfico 5.5 se muestran los resultados obtenidos por el método del acontecimiento rápido y el método de las características, en el se puede apreciar que la máxima sobrepresión obtenida bajo el método del acontecimiento rápido es muy similar al del método de las características. En este caso se puede decir que los resultados de ambos métodos son similares y confiables, por lo que el uso de un elemento de protección no es necesario. Sin embargo en el Anexo III se puede apreciar el comportamiento del sistema considerando la válvula, que es parte de la instalación actual.



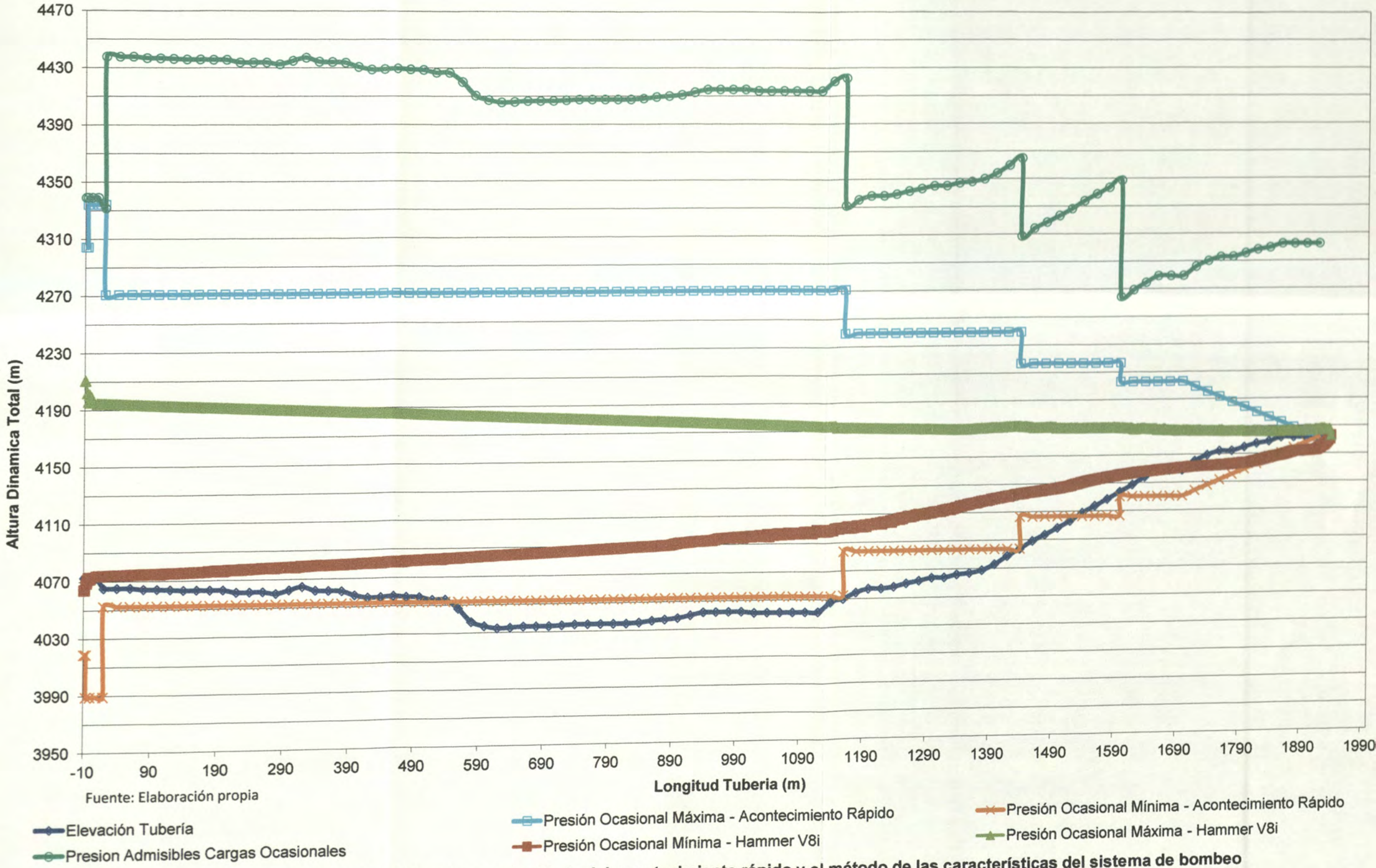
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.2 Gradiente hidráulico obtenido por el método del acontecimiento rápido y el método de las características del sistema de bombeo N°2 y presión máxima admisible sin elementos de protección



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.3 Gradiente hidráulico obtenido por el método del acontecimiento rápido y el método de las características del sistema de bombeo N°3 y presión máxima admisible sin elementos de protección



Fuente: Elaboración propia

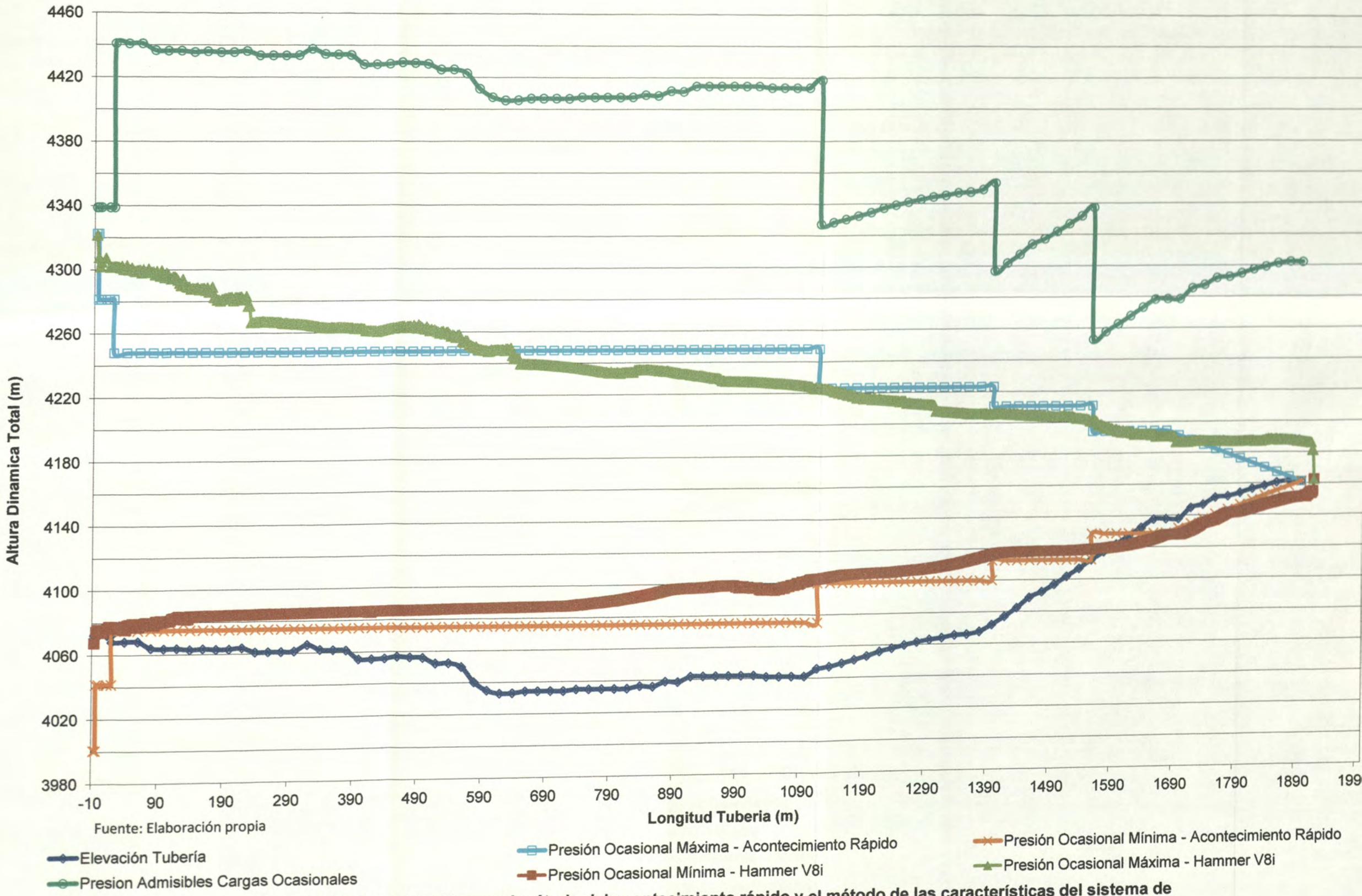
Figura 5.4 Gradiente hidráulico obtenido por el método del acontecimiento rápido y el método de las características del sistema de bombeo N°3 y presión máxima admisible con elementos de protección

5.1.5 Sistema de bombeo Nº5

Este sistema de bombeo fue construido considerando una válvula anticipadora de onda como criterio de protección. En el gráfico 5.6 se muestran los resultados obtenidos por el método del acontecimiento rápido y el método de las características, en el se puede apreciar que la máxima sobrepresión obtenida bajo el método del acontecimiento rápido mayor al obtenido por el método de las características. En este caso se puede decir que los resultados de ambos métodos son diferentes y confiables, por lo que el uso de un elemento de protección no es necesario. Sin embargo en el Anexo III se puede apreciar el comportamiento del sistema considerando la válvula, que es parte de la instalación actual.

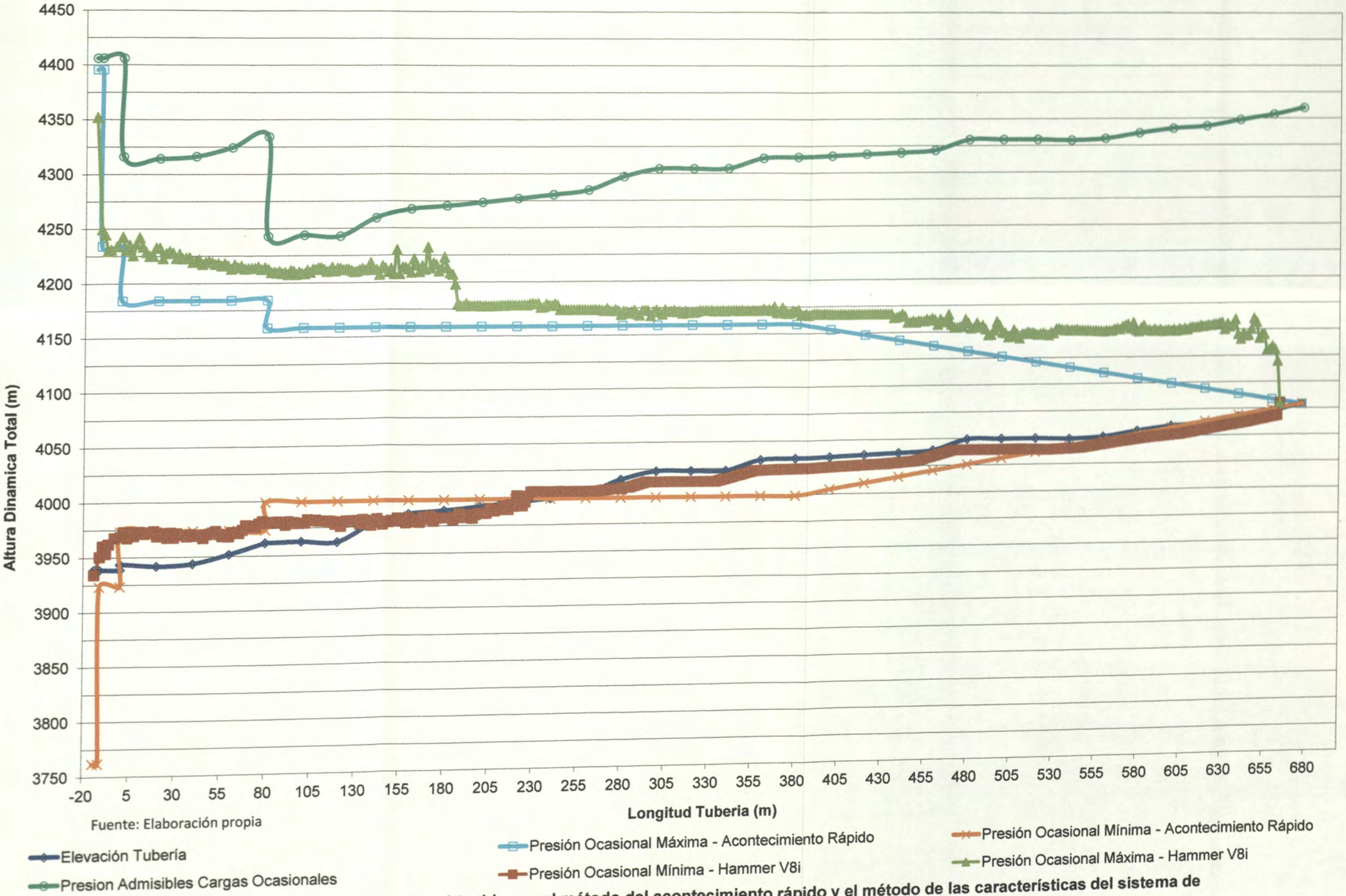
5.1.6 Sistema de bombeo Nº6

Este sistema de bombeo fue construido considerando una válvula anticipadora de onda como criterio de protección. En el gráfico 5.7 se muestran los resultados obtenidos por el método del acontecimiento rápido y el método de las características, en el se puede apreciar que la máxima sobrepresión obtenida bajo el método del acontecimiento rápido es similar al del método de las características. En este caso se puede decir que los resultados de ambos métodos son similares y confiables, por lo que el uso de un elemento de protección no es necesario. Sin embargo en el Anexo III se puede apreciar el comportamiento del sistema considerando la válvula, que es parte de la instalación actual.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.5 Gradiente hidráulico obtenido por el método del acontecimiento rápido y el método de las características del sistema de bombeo N°4 y presión máxima admisible con elementos de protección

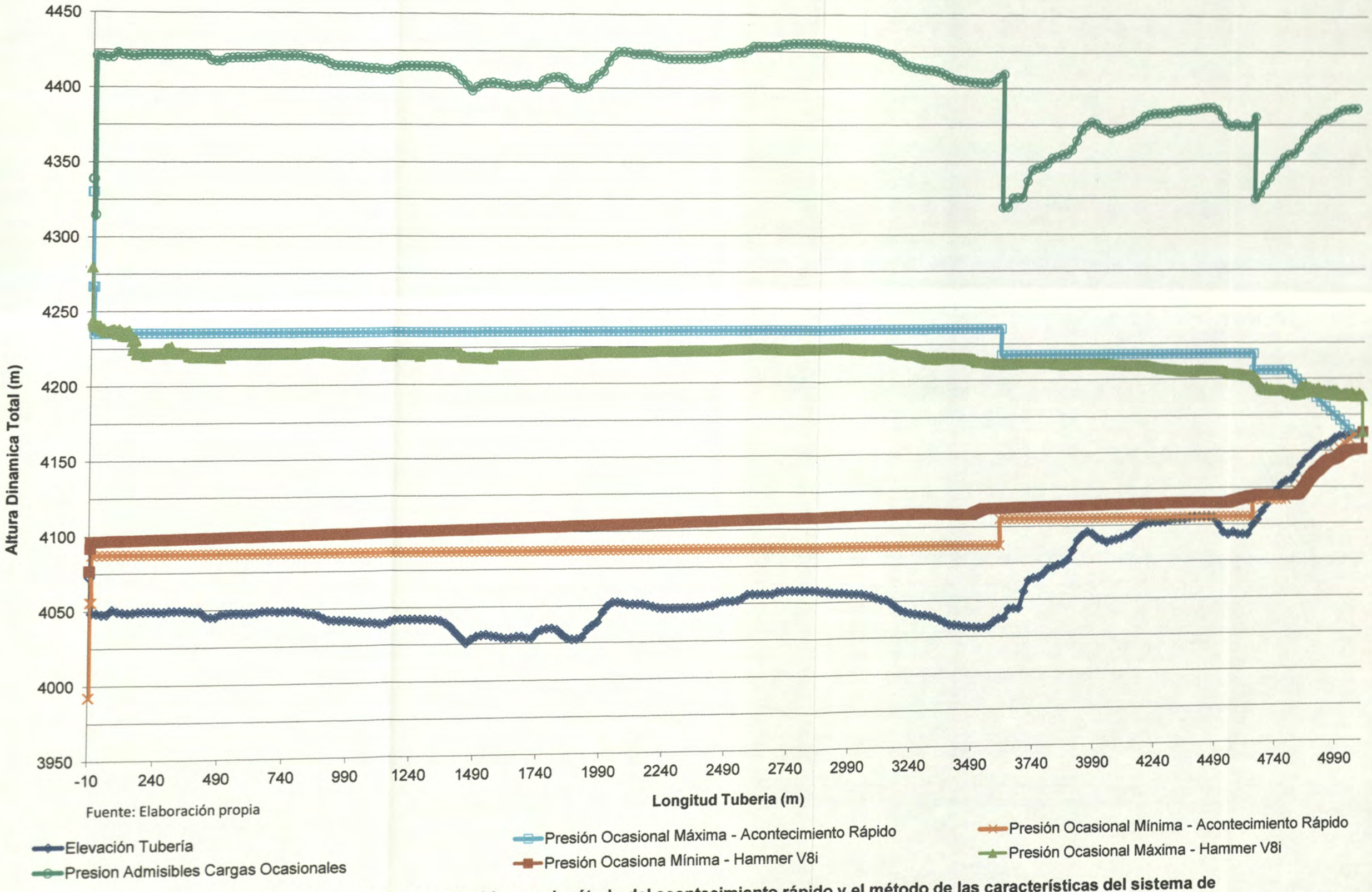


Fuente: Elaboración propia

Figura 5.7 Gradiente hidráulico obtenido por el método del acontecimiento rápido y el método de las características del sistema de bombeo N°6 y presión máxima admisible sin elementos de protección

5.1.7 Sistema de bombeo Nº7

Este sistema de bombeo fue construido considerando una válvula anticipadora de onda como criterio de protección. En el gráfico 5.8 se muestran los resultados obtenidos por el método del acontecimiento rápido y el método de las características, en el se puede apreciar que la máxima sobrepresión obtenida bajo el método del acontecimiento rápido es muy similar al del método de las características. En este caso se puede decir que los resultados de ambos métodos son similares y confiables, por lo que el uso de un elemento de protección no es necesario. Sin embargo en el Anexo III se puede apreciar el comportamiento del sistema considerando la válvula, que es parte de la instalación actual.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.8 Gradiente hidráulico obtenido por el método del acontecimiento rápido y el método de las características del sistema de bombeo Nº7 y presión máxima admisible sin elementos de protección

5.2 Confrontación de resultados

Luego de determinar los costos y la evaluación técnica por cada método de cálculo, se realizó una confrontación entre métodos con la finalidad de evaluar cual de los métodos es la mejor alternativa de análisis para cada sistema de bombeo. En la tabla 6.1 se muestra dicha confrontación.

Tabla 5.1. Confrontación de resultados

Características		E.B. Nº1	E.B. Nº2	E.B. Nº3	E.B. Nº4	E.B. Nº5	E.B. Nº6	E.B. Nº7
MAR	ΔP s/prot.	93,2	478	355,9	249,2	241,9	444,6	239,4
	Protección	No	No	Si	No	No	No	No
	ΔP c/prot.	-	-	149,6	-	-	-	-
	Confiable?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
MAC	ΔP s/prot.	257,2	507,5	269,1	250,1	464,6	457,1	257,8
	Protección	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	ΔP c/prot.(*)	257,2	507,5	269,1	250,1	464,6	457.1	257,8
	Confiable?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Sobre-dimensionado?(**)		Si	No	No	No	No	No	No
Δ Costo (M US$)		30,8	46,0	0.0	14,1	13,8	34,1	8,3
Δ %Costo(***)		6,1%	8,7%	0,0%	3,0%	2,7%	8,4%	0,4%

Fuente: Elaboración propia

(*) Por el método del acontecimiento rápido no es posible estimar la reducción de la sobrepresión por el empleo de la protección

(**) Sistema de bombeo sobre-dimensionado por el método del acontecimiento rápido.

(***) Porcentaje calculado en base al costo obtenido por el método del acontecimiento rápido.

Leyenda:

ΔP : Sobrepresión;

M.C. : Método de las características;

M.A.C. : Método del acontecimiento rápido;

M US$: Miles de dólares.

Como se podrá observar el método del acontecimiento rápido es aparentemente confiable, si además del resultado obtenido se adopta un criterio de protección, sin embargo para proyectos de ejecución ó de construcción no se podría tomar este método como confiable, ya que como se puede observar en el sistema de bombeo N°3 fallaría si no se considera la válvula anticipadora de onda como protección ya que de acuerdo al método de las características la sobrepresión es de 355,9 mcf y mientras que por el método del acontecimiento rápido es de 269,1 mcf. Por lo que el empleo del método del acontecimiento rápido para el diseño definitivo de sistemas de bombeo debe ir acompañado por un sistema de protección, ya sea una válvula anticipadora de onda, chimeneas de equilibrio, calderines de aire y otros.

Por otro lado en la mayoría de sistemas de bombeo los resultados entre el método del acontecimiento rápido y el método de las características sin considerar protección por una válvula anticipadora de onda tienen resultados muy similares.

Asimismo se tiene un sobredimensionamiento en una de las tuberías para el sistema de bombeo N°1, lo cual representa un costo adicional del 6,1%.

La variación en costo entre ambos métodos varía entre 0,4% y 8,7%, lo cual podría tener un impacto en el margen de aproximación que se maneja para un nivel de ingeniería de detalle que es +/-5%, sin embargo para una ingeniería básica es adecuada ya que el margen de aproximación es de +/-10%.

En consecuencia se podría indicar que el método del acontecimiento rápido sería adecuado para estudios de ingeniería hasta la fase de ingeniería básica y para la ingeniería de detalle o para construcción se debe emplear el método de las características.

CONCLUSIONES

1. Cumpliendo el objetivo del presente informe se establece que, el método del acontecimiento rápido debe ser usado para el diseño de sistemas de bombeo de agua solo hasta niveles de ingeniería básica, en la cual se manejan rangos de aproximación de +/- 10%.

2. Asimismo, que el método de las características debe ser empleado sólo para niveles de ingeniera de detalle o para construcción.

3. El método del acontecimiento rápido no es confiable para el diseño definitivo o para construcción de sistemas de bombeo de agua, sin embargo para que este método sea confiable siempre se debe adoptar un criterio de protección.

4. El método de las características es un método confiable y adecuado para el diseño de sistemas de bombeo de agua a cualquier nivel de ingeniería, pero debe de tenerse en cuenta que se requiere de un software especializado, ingenieros capacitados y que el cálculo se demandará en un tiempo mayor al método del acontecimiento rápido.

RECOMENDACIONES

1. Adoptar siempre criterios de diseño para diseñar de cualquier sistema de bombeo. Estos criterios de diseños deben estar basados en la experiencia y las buenas prácticas de ingeniería.

2. Difundir el conocimiento de los transitorios hidráulicos a través de la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM) y que los centros de investigación fomenten la enseñanza de los diversos software para el análisis de transitorios hidráulicos.

3. Realizar un análisis de las diversas alternativas de protección de los sistemas de bombeo y determinar que alternativa es la más económica, considerando que para los sistemas de bombeo presentados en el presente informe se emplearon válvulas anticipadoras de onda.

BIBLIOGRAFÍA

1] José Abreu; Rafael Guarda; Joaquín Izquierdo. Transitorios y Oscilaciones en Sistemas Hidráulicos a Presión. José Abreu / Rafael Guarda / Joaquín Izquierdo Editores. Primera Edición. España 1995.

2] E. Benjamin Wylie; Victor L. Streeter. Fluid transients. McGraw-Hill. Primera Edición. Estados Unidos de América 1978.

3] M. Hanif Chaudhry, Ph.D. Applied Hydraulic transients. Van Nostrand Reinhold Company. Primera Edición. Estados Unidos de América 1979.

4] Bentley Institute Press. Advanced Water Distribution Modeling and Management. Primera Edición. Bentley Institute Press. Estados Unidos de América 2003.

5] Ingersoll-Rand. Cameron Hydraulic Data. Ingersoll-Rand Company. Decimosexta Edición. Estados Unidos de América 1984.

6] Crane Corporation. Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe. Technical Paper N°410, Decimoséptima edición. Inglaterra 1988.

7] Mohinder L. Nayyar. Piping Handbook. McGraw-Hill. Séptima Edición. Estados Unidos de América 2000.

8] Robert Sanks, Ph.D. Pumping Station Design. Butterworth-Heinemann. Segunda Edición. Estados Unidos de América 1998.

9] Claudio Mataix. Mecanica de Fluidos y Maquinas Hidraulicas. Ediciones del Castillo. Segunda Edición. España 1986.

10] Irving H. Shames. Mecánica de Fluidos. McGraw-Hill. Tercera Edición. Colombia 1995.

11] Material de referencia

José Agüera Soriano. Golpe de Ariete. 2011. Presentación disponible en: http://www.uco.es/termodinamica/ppt/pdf/fluidos%2010-1.pdf.
Acceso en julio del 2014.

Universidad de Sevilla. Curso online: Golpe de ariete. Curso disponible en: http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%203.Golpe%20ariete/tutorial_11.htm/sendto_form.
Acceso en julio del 2014.

ANEXOS

Anexo I: Cálculo hidráulico de los sistemas de bombeo

Anexo II: Análisis de transitorios hidráulicos de los sistemas de bombeo por el método del acontecimiento rápido

Anexo III: Resultados gráficos del análisis de transitorios hidráulicos a los sistemas de bombeo por el método de las características sin considerar protección

Anexo IV: Resultados gráficos del análisis de transitorios hidráulicos a los sistemas de bombeo por el método de las características considerando protección

Anexo V: Costo de los sistemas de bombeo por el método del acontecimiento rápido

Anexo VI: Costo de los sistemas de bombeo por el método de las características

ANEXO I: CÁLCULO HIDRÁULICO DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO

ANEXO I: CÁLCULO HIDRÁULICO

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°1

Datos		Condición de diseño
Fluido		Agua Tratada
Temperatura	°C	10.00
Gravedad Específica del Líquido, *SG*	-	1.00
Condiciones de Operación		
Nivel de líquido	m.s.n.m.	4,043.635
Elevación de Descarga	m.s.n.m.	4,064.000
Altura Estática	m	20.36
Presión Final	m.c.f.	8.10
Altura Residual	m.c.f.	1.00
Viscosidad Dinámica 10°C	cP	1.31
Presión Atmosférica	*kPa*	*62.55*
Presión de Vapor a 20 °C	kPa	1.23

		Succión	*Descarga*						
Sección		A - B	B - C	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	H - I
Material de la tubería		CS	CS	CS	CS	CS	CS	HDPE	HDPE
Cédula de la Tubería		STD	STD	STD	STD	10S	STD	SDR 11	SDR 11
Diámetro nominal, *D*	in	16	14	24	24	24	24	24	24
Revestimiento Interno	in	CS	CS	CS	CS	CS	CS	HDPE	HDPE
Diámetro Interior, *d*	in	15.250	13.250	23.250	23.250	23.250	23.250	19.461	19.461
Rugosidad Absoluta, e	m	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	2.14E-05	2.14E-05
FLUJO									
Flujo Másico, *m*	T/h	515.53	515.53	515.53	1031.06	1548.59	2062.12	2062.12	2062.12
Flujo de Diseño, Q_d	m^3/h	515.53	515.53	515.53	1031.06	1546.59	2062.12	2062.12	2062.12
PROP. FÍSICAS @ TEMP. FLUIDO									
Gravedad Específica, *SG*	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Viscosidad Absoluta	cP	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
DATOS ADICIONALES									
Factor de Seguridad, *SF*		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.05	1.05
RESULTS									
Velocidad, *v*	m/s	1.22	1.61	0.52	1.05	1.57	2.09	2.98	2.98
Número de Reynolds, *Re*		3.60E+05	4.14E+05	2.36E+05	4.72E+05	7.08E+05	9.44E+05	1.13E+06	1.13E+06
Factor de Fricción, *f*		0.01525	0.01517	0.01578	0.01430	0.01363	0.01323	0.01239	0.01239
Altura de Velocidad, $v^2/2g$	m	0.08	0.13	0.01	0.06	0.13	0.22	0.45	0.45
%Pérdidas por Fricción, h_f	%	0.30	0.60	0.04	0.13	0.29	0.50	1.14	1.14
%Pérdidas por Fricción de Diseño, h_F	%	0.36	0.71	0.04	0.16	0.35	0.60	1.20	1.20
Elevación Inicial	m.s.n.m.	4,043.135	4,043.202	4,043.750	4,043.750	4,043.750	4,043.750	4,048.200	4,049.800
Elevación Final	m.s.n.m.	4,043.202	4,043.750	4,043.750	4,043.750	4,043.750	4,048.200	4,049.800	4,064.000
Longitud	m	3.60	5.93	2.00	2.00	2.00	14.71	66.35	674.00
Pérdidas Friccionales en la Tubería		**0.01**	**0.04**	**0.00**	**0.00**	**0.01**	**0.09**	**0.79**	**8.05**
Accesorios	**k**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**
Codo 90 (1.5D)	0.28		2.00				3.00	4.00	4.00
Codo 45 (1.5D)	0.20							8.00	8.00
Reducción (16"x12")	0.47	1.00							
Reducción (24"x20")	0.02						2.00		
Reducción (14"x12")	0.03		1.00						
Tee con flujo a un lado	0.50		1.00						
Tee con flujo directo	0.15			1.00	1.00	1.00			
Pérdidas Friccionales en Accesorios		**0.04**	**0.14**	**0.00**	**0.01**	**0.02**	**0.20**	**1.24**	**1.24**
Válvulas	**k**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**
Mariposa (100% Op)	0.40	1.00							
Mariposa (97% Op)	0.70		1.00						
Check (Dual Plate)	3.50								
Check (Swing)	1.00		1.00						
Pérdidas Friccionales en Válvulas		**0.03**	**0.22**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Otras Pérdidas	**k**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**	**Qty**
Entrada de la Tubería	0.78	1.00							
Descarga de la Tubería	1.00							1.00	1.00
Otras Pérdidas Friccionales		**0.06**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.45**	**0.45**
Variación de la Presión									
Presión Inicial	m.c.f.	0.50	43.18	42.34	42.30	42.22	42.09	37.13	33.04
Presión Final	m.c.f.	0.22	42.22	42.34	42.29	42.19	37.36	33.04	9.10

RESULTADOS

Altura Estática	20.36	m
Presión residual	1.00	mcf
Presión final	8.10	mcf
Pérdidas en la Succión		
Pérdidas Primarias en la Succión	0.01	mcf
Pérdidas Secundarias en la Succión	0.12	mcf
Pérdidas Totales en la Succión	**0.14**	mcf
Pérdidas en la Descarga		
Pérdidas Primarias en la Descarga	8.99	mcf
Pérdidas Secundarias en la Descarga	3.97	mcf
Pérdidas Totales en la Descarga	**12.96**	mcf
Qtotal	**515.53**	m3/h
ADT	**43.02**	mcf
NPSHd	6.12	mcf
Eficiencia de la bomba	70.00%	
Potencia al Freno	86.33	Kw
Eficiencia del motor	90.00%	
Potencia estimada del motor	95.92	kW
Potencia estimada del motor	128.63	hp
Potencia estimada del motor	150.00	hp

ANEXO I: CÁLCULO HIDRÁULICO

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2

Datos		Condición de diseño														
Fluido		Agua Tratada														
Temperatura	°C	10.00														
Gravedad Específica del Líquido, *SG*	-	1.00														
Condiciones de Operación																
Nivel de líquido	msnm	3,942.545														
Elevación de Descarga	msnm	4,161.880														
Altura Estática	m	219.33														
Altura Residual	m.c.f.	1.50														
Viscosidad Dinamica 10°C	cP	1.31														
Presión Atmosférica	kPa	62.55														
Presión de Vapor a 20 °C	kPa	1.23														
		Succión					*Descarga*									
Sección		A - B	B - C	C - D	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	H - I	I - J	J - K	K - L	L - M	M - N	N - O
Material de la tubería		SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	HDPE	HDPE	HDPE
Cédula de la Tubería		SCH 40S	SCH 40S	SCH 40S	SCH 40S	SCH 40S	SCH 40S	SCH40S	SCH40S	SCH 40S	SCH 40S	SCH 40S	SCH 40S	SDR 7.3	SDR 11	SDR 17
Diámetro nominal, *D*	in	16	16	16	16	6	6	12	12	12	12	12	12	16	16	16
Revestimiento Interno	in	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	HDPE	HDPE	HDPE
Espesor del Revestimiento	in	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diámetro Interior, *d*	in	15.624	15.624	15.624	15.624	6.357	6.065	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	11.245	12.974	14.043
Rugosidad Absoluta, ε	m	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	2.14E-05	2.14E-05	2.14E-05
FLUJO																
Flujo Másico, *m*	T/h	600.00	300.00	200.00	100.00	100.00	100.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	600.00	600.00	600.00
Flujo de Diseño, Q_d	m^3/h	600.00	300.00	200.00	100.00	100.00	100.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	600.00	600.00	600.00
PROP. FÍSICAS @ TEMP. FLUIDO																
Gravedad Específica, *SG*	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Viscosidad Absoluta	cP	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
DATOS ADICIONALES																
Factor de Seguridad, *SF*		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.05	1.05	1.05
RESULTS																
Velocidad, *v*	m/s	1.35	0.67	0.45	0.22	1.36	1.49	0.38	0.76	1.14	1.52	1.90	2.28	2.60	1.95	1.67
Número de Reynolds, *Re*		4.09E+05	2.04E+05	1.36E+05	6.81E+04	1.87E+05	1.76E+05	8.87E+04	1.77E+05	2.68E+05	3.55E+05	4.44E+05	5.32E+05	5.68E+05	4.92E+05	4.55E+05
Factor de Fricción, *f*		0.01409	0.01581	0.01703	0.01957	0.01681	0.01872	0.01860	0.01631	0.01522	0.01454	0.01406	0.01371	0.01394	0.01408	0.01415
Altura de Velocidad, $v^2/2g$	m	0.09	0.02	0.01	0.00	0.09	0.11	0.01	0.03	0.07	0.12	0.18	0.27	0.34	0.19	0.14
%Pérdidas por Fricción, h_f	%	0.33	0.09	0.04	0.01	0.98	1.23	0.05	0.18	0.33	0.56	0.85	1.20	1.68	0.83	0.56
%Pérdidas por Fricción de Diseño, h_f	%	0.39	0.11	0.05	0.02	1.17	1.47	0.05	0.19	0.40	0.68	1.02	1.44	1.77	0.87	0.59
Elevación Inicial	msnm	3942.045	3942.045	3942.045	3942.045	3942.045	3942.059	3942.319	3942.319	3942.319	3942.319	3942.319	3942.319	3942.319	4005.100	4076.450
Elevación Final	msnm	3942.045	3942.045	3942.045	3942.045	3942.059	3942.319	3942.319	3942.319	3942.319	3942.319	3942.319	3942.319	4005.100	4076.450	4161.880
Longitud	m	1.50	1.00	2.00	2.00	2.50	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	375.71	176.10	245.18	382.74
Pérdidas Friccionales en la Tubería		0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	5.39	3.11	2.14	2.26
Accesorios	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Codo 90 (1.5D)	0.28												1			
Codo 45 (1.5D)	0.20												8	3	5	8
Reducción (6"x4")	0.47					1	1									
Reducción (16"x12")	0.21													1		
Tee con flujo a un lado	0.50	1				1	1									
Tee con flujo directo	0.15		1	1					1	1	1	1	2			
Pérdidas Friccionales en Accesorios		0.05	0.00	0.00	0.00	0.09	0.11	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.58	0.28	0.19	0.23
Válvulas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Mariposa (100% Op)	0.40															
Mariposa (97% Op)	0.70	1				1	1									
Check (Dual Plate)	3.50															
Check (Swing)	1.00						1									
Pérdidas Friccionales en Válvulas		0.08	0.00	0.00	0.00	0.07	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras Pérdidas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Entrada de la Tubería	0.78	1.00														
Descarga de la Tubería	1.00															1.00
Otras Pérdidas Friccionales		0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
Variación de la Presion																
Presión Inicial	m.c.f.	0.50	0.29	0.30	0.30	0.21	238.13	235.63	235.61	235.56	235.49	235.39	235.26	229.21	163.19	89.56
Presion Final	m.c.f.	0.22	0.28	0.29	0.30	0.01	235.52	235.63	235.60	235.54	235.46	235.34	229.29	163.04	89.51	1.50

RESULTADOS

Altura Estática	219.33	m
Presión residual	1.50	mcf
Pérdidas en la Succión		
Pérdidas Primarias en la Succión	0.04	mcf
Pérdidas Secundarias en la Succión	0.34	mcf
Pérdidas Totales en la Succión	0.38	mcf
Pérdidas en la Descarga		
Pérdidas Primarias en la Descarga	12.99	mcf
Pérdidas Secundarias en la Descarga	1.79	*mcf*
Pérdidas Totales en la Descarga	14.78	mcf
Qtotal	100.0	m3/h
ADT	236.1	mcf
NPSHd	5.88	mcf
Eficiencia de la bomba	70.00%	
Potencia al Freno	91.93	Kw
Eficiencia del motor	90.00%	
Potencia estimada del motor	102.14	kW
Potencia estimada del motor	138.98	hp
Potencia estimada del motor	150	hp

ANEXO I: CÁLCULO HIDRÁULICO

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3

Datos		Condición de diseño														
Fluido		Agua Tratada														
Temperatura	°C	10.00														
Gravedad Específica del Líquido, *SG*	-	1.00														
Condiciones de Operación																
Nivel de líquido	m.s.n.m.	4,072.552														
Elevación de Descarga	m.s.n.m.	4,161.680														
Altura Estática	m	89.13														
Altura Residual	m.c.f.	1.50														
Viscosidad Dinamica 10°C	cP	1.31														
Presión Atmosférica	kPa	82.55														
Presión de Vapor a 20 °C	*kPa*	*1.23*														
Sección		A - B	B - C	C - D	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	H - I	I - J	J - K	K - L	L - M	M - N	N - O
Material de la tubería		CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
Cédula de la Tubería		STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	SDR 7	SDR 9	SDR 11	SDR 17
Diámetro nominal, *D*	in	18	18	18	18	8	6	16	16	16	16	16	18	18	18	18
Revestimiento Interno	in	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
Espesor del Revestimiento	in	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diámetro Interior, *d*	in	17.250	17.250	17.250	17.250	7.981	6.065	15.250	15.250	15.250	15.250	15.250	12.652	13.840	14.974	15.797
Rugosidad Absoluta, e	m	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	2.14E-05	2.14E-05	2.14E-05	2.14E-05
FLUJO																
Flujo Másico, m	T/h	800.00	480.00	320.00	160.00	160.00	160.00	160.00	320.00	480.00	640.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
Flujo de Diseño, Q_d	m^3/h	800.00	480.00	320.00	160.00	160.00	160.00	160.00	320.00	480.00	640.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
PROP. FÍSICAS @ TEMP. FLUIDO																
Gravedad Específica, *SG*	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Viscosidad Absoluta	cP	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
DATOS ADICIONALES																
Factor de Seguridad, *SF*		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.05	1.05	1.05	1.05
RESULTS																
Velocidad, *v*	m/s	1.47	0.88	0.59	0.29	1.38	2.38	0.38	0.75	1.13	1.51	1.89	2.74	2.29	1.96	1.76
Número de Reynolds, *Re*		4.94E+05	2.96E+05	1.97E+05	9.87E+04	2.13E+05	2.81E+05	1.12E+05	2.23E+05	3.35E+05	4.47E+05	5.58E+05	8.73E+05	6.15E+05	5.69E+05	5.39E+05
Factor de Fricción, *f*		0.01454	0.01551	0.01848	0.01852	0.01717	0.01715	0.01819	0.01628	0.01538	0.01488	0.01450	0.01355	0.01381	0.01368	0.01374
Altura de Velocidad, $v^2/2g$	m	0.11	0.04	0.02	0.00	0.10	0.29	0.01	0.03	0.07	0.12	0.18	0.38	0.27	0.19	0.16
%Pérdidas por Fricción, h_f	%	0.37	0.14	0.07	0.02	0.82	3.23	0.03	0.12	0.26	0.44	0.68	1.61	1.03	0.70	0.54
%Pérdidas por Fricción de Diseño, h_f	%	0.44	0.17	0.08	0.02	0.96	3.87	0.04	0.15	0.31	0.53	0.81	1.89	1.09	0.74	0.57
Elevación Inicial	msnm	4072.052	4072.052	4072.052	4072.052	4072.052	4072.077	4072.812	4072.812	4072.812	4072.812	4072.812	4072.812	4049.420	4083.570	4123.710
Elevación Final	msnm	4072.052	4072.052	4072.052	4072.052	4072.077	4072.812	4072.812	4072.812	4072.812	4072.812	4072.812	4049.420	4083.570	4123.710	4181.680
Longitud	m	1.50	1.50	1.50	1.50	2.00	3.00	1.50	1.50	1.50	1.50	8.79	1146.18	283.00	185.00	324.10
Pérdidas Friccionales en la Tubería		0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	19.41	3.07	1.22	1.83
Accesorios	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Codo 90 (1.5D)	0.28												1			
Codo 45 (1.5D)	0.20												5	5	4	6
Reducción (6"x4")	0.47					1										
Reducción (8"x6")	0.21						1						1	1		
Reducción (18"x16")	0.47											1				
Tee con flujo a un lado	0.50	1			1		1									
Tee con flujo directo	0.15		1	1				1	1	1	1	2				
Pérdidas Friccionales en Accesorios		0.06	0.01	0.00	0.00	0.04	0.21	0.00	0.00	0.01	0.02	0.14	0.57	0.32	0.16	0.25
Válvulas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Mariposa (100% Op)	0.40															
Mariposa (97% Op)	0.70	1				1	1									
Check (Dual Plate)	3.50															
Check (Swing)	1.00						1									
Pérdidas Friccionales en Válvulas		0.08	0.00	0.00	0.00	0.07	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras Pérdidas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Entrada de la Tubería	0.78	1.00														
Descarga de la Tubería	1.00															1.00
Otras Pérdidas Friccionales		0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Variación de la Presion																
Presión Inicial	m.c.f.	0.50	0.23	0.25	0.28	0.18	119.04	117.97	117.95	117.91	117.84	117.75	117.34	120.86	83.19	41.71
Presion Final	m.c.f.	0.18	0.23	0.24	0.25	0.00	117.69	117.97	117.94	117.89	117.82	117.54	120.55	83.12	41.68	1.50

Altura Estática	89.13	m
Presión residual	1.50	mcl
Pérdidas en la Succión		
Pérdidas Primarias en la Succión	0.03	mcl
Pérdidas Secundarias en la Succión	0.34	mcl
Pérdidas Totales en la Succión	0.37	mcl
Pérdidas en la Descarga		
Pérdidas Primarias en la Descarga	25.74	mcl
Pérdidas Secundarias en la Descarga	2.33	mcl
Pérdidas Totales en la Descarga	28.07	mcl
Qtotal	160.0	m3/h
ADT	119.2	mcl
NPSHd	5.88	mcl
Eficiencia de la bomba	70.00%	
Potencia al Freno	74.28	Kw
Eficiencia del motor	90.00%	
Potencia estimada del motor	82.51	kW
Potencia estimada del motor	110.65	hp
Potencia estimada del motor	125	hp

ANEXO I: CÁLCULO HIDRÁULICO

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4

Datos		Condición de diseño
Fluido		Agua Tratada
Temperatura	°C	10.00
Gravedad Específica del Liquido, *SG*	-	1.00
Condiciones de Operación		
Nivel de liquido	m.s.n.m.	4,072.376
Elevación de descarga	m.s.n.m.	4,161.360
Elevación del punto más alto	m.s.n.m.	4,050.95
Altura Estática	m	89.00
Altura Residual	m.c.f.	1.50
Viscosidad Dinamica 10°C	cP	1.31
Presión Atmosférica	kPa	82.55
Presión de Vapor a 20 °C	kPa	1.23

Sección		A - B		B - C	C - D	D - E	E - F	F - G	G -H	H - I	I - J
Material de la tubería		CS		CS	CS	CS	CS	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
Cédula de la Tubería		STD WT		STD WT	STD WT	STD WT	STD WT	SDR 7	SDR 9	SDR 11	SDR 17
Diámetro nominal, *D*	in	8		8	12	12	12	16	16	16	16
Revestimiento Interno	in	CS		CS	CS	CS	CS	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
Espesor del Revestimiento	in	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diámetro Interior, d	in	7.981		8.085	12.000	12.000	12.000	11.245	12.302	12.974	14.043
Rugosidad Absoluta, e	m	4.57E-05		4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	4.57E-05	2.14E-05	2.14E-05	2.14E-05	2.14E-05
FLUJO											
Flujo Másico, *m*	T/h	166.67		166.67	166.67	333.33	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Flujo de Diseño, Q_d	m^3/h	166.67		166.67	166.67	333.33	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
PROP. FÍSICAS @ TEMP. FLUIDO											
Gravedad Especifica, *SG*	-	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Viscosidad Absoluta	cP	1.31		1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
DATOS ADICIONALES											
Factor de Seguridad, *SF*		1.20		1.20	1.20	1.20	1.20	1.05	1.05	1.05	1.05
RESULTS											
Velocidad, *v*	m/s	1.43		2.48	0.63	1.27	1.90	2.17	1.81	1.63	1.39
Número de Reynolds, *Re*		2.22E+05		2.93E+05	1.48E+05	2.96E+05	4.44E+05	4.73E+05	4.33E+05	4.10E+05	3.79E+05
Factor de Fricción, *f*		0.01708		0.01708	0.01755	0.01592	0.01520	0.01426	0.01435	0.01442	0.01452
Altura de Velocidad, $v^2/2g$	m	0.10		0.31	0.02	0.08	0.18	0.24	0.17	0.14	0.10
%Pérdidas por Fricción, h_f	%	0.88		3.49	0.12	0.43	0.92	1.20	0.77	0.59	0.40
%Pérdidas por Fricción de Diseño, h_f	%	1.06		4.18	0.14	0.51	1.11	1.26	0.61	0.62	0.42
Elevación Inicial	msnm	4071.876		4071.902	4072.437	4072.437	4072.437	4072.437	4046.000	4071.760	4112.230
Elevación Final	msnm	4071.902		4072.437	4072.437	4072.437	4072.437	4046.000	4071.760	4112.230	4161.380
Longitud	m	2.50		2.68	2.00	2.00	13.00	1108.66	281.43	165.16	345.47
Pérdidas Friccionales en la Tubería		0.03		0.11	0.00	0.01	0.14	13.90	2.27	1.03	1.45

Accesorios	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Codo 90 (1.5D)	0.28						1	1			
Codo 45 (1.5D)	0.20	1						4	4	4	10
Reducción (16"x12")	0.47						1				
Reducción (8"x6")	0.03	1									
Reducción (6"x4")	0.21			1							
Tee con flujo a un lado	0.50			1							
Tee con flujo directo	0.15					1	1				
Pérdidas Friccionales en Accesorios		0.02	0.00	0.22	0.00	0.01	0.17	0.26	0.13	0.11	0.20

Válvulas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Mariposa (100% Op)	0.40										
Mariposa (97% Op)	0.70	1		1							
Check (Dual Plate)	3.50										
Check (Swing)	1.00			1							
Pérdidas Friccionales en Válvulas		0.07	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Otras Pérdidas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Entrada de la Tubería	0.78	1.00									
Descarga de la Tubería	1.00										1.00
Otras Pérdidas Friccionales		0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10

Variación de la Presion											
Presión Inicial	m.c.f.	0.50		111.41	110.30	110.23	110.11	109.74	122.10	93.97	52.40
Presion Final	m.c.f.	0.16		110.00	110.30	110.21	109.80	122.03	93.93	52.36	1.50

RESULTADOS

Altura Estática	89.00	m
Presión residual	1.50	mcf
Pérdidas en la Succión		
Pérdidas Primarias en la Succión	0.03	mcf
Pérdidas Secundarias en la Succión	0.18	mcf
Pérdidas Totales en la Succión	0.21	mcf
Pérdidas en la Descarga		
Pérdidas Primarias en la Descarga	18.92	mcf
Pérdidas Secundarias en la Descarga	1.73	mcf
Pérdidas Totales en la Descarga	20.65	mcf
Qtotal	166.667	m3/h
ADT	111.456	mcf
NPSHd	6.05	mcf
Eficiencia de la bomba	70.00%	
Potencia al Freno	72.31	Kw
Eficiencia del motor	90.00%	
Potencia estimada del motor	80.34	kW
Potencia estimada del motor	107.74	hp
Potencia estimada del motor	125	hp

ANEXO I: CÁLCULO HIDRÁULICO

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5

Datos		Condición de diseño
Fluido		Agua Tratada
Temperatura	°C	10.00
Gravedad Especifica del Liquido, *SG*	-	1.00
Condiciones de Operación		
Nivel de liquido	m.s.n.m.	3,941.400
Elevación de Descarga	m.s.n.m.	4,086.368
Altura Estática	m	144.97
Altura Residual	m.c.f.	1.50
Viscosidad Dinamica 10°C	cP	1.31
Presión Atmosférica	*kPa)*	*82.55*
Presión de Vapor a 20 °C	kPa	1.23

Sección		A - B	B - C	C - D	D -E	E -F	F - G	G - H	I - J	J - K	K - L	L - M
Material de la tubería		SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	HDPE	HDPE
Cédula de la Tubería		SHC 5S	SHC 5S	SHC 5S	SHC 10S	SHC 40S	SHC 10S	SHC 10S	SHC 10S	SHC 10S	SDR 7.3	SDR 11
Diámetro nominal, *D*	In	14	16	16	8	6	16	16	16	16	16	16
Revestimiento Interno	In	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	HDPE	HDPE
Espesor del Revestimiento	In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diámetro Interior, *d*	In	13.688	15.670	15.670	8.329	6.065	15.624	15.624	15.624	15.624	11.441	12.975
Rugosidad Absoluta, e	m	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	2.14E-05	2.14E-05
FLUJO												
Flujo Másico, *m*	T/h	648.00	324.00	162.00	162.00	162.00	162.00	324.00	486.00	648.00	648.00	648.00
Flujo de Diseño, Q_d	m^3/h	648.00	324.00	162.00	162.00	162.00	162.00	324.00	486.00	648.00	648.00	648.00
PROP. FÍSICAS @ TEMP. FLUIDO												
Gravedad Especifica, *SG*	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Viscosidad Absoluta	cP	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
DATOS ADICIONALES												
Factor de Seguridad, *SF*		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
RESULTS												
Velocidad, *v*	m/s	1.90	0.72	0.36	1.28	2.41	0.36	0.73	1.09	1.46	2.71	2.11
Número de Reynolds, *Re*		5.04E+05	2.20E+05	1.10E+05	2.07E+05	2.84E+05	1.10E+05	2.21E+05	3.31E+05	4.42E+05	6.03E+05	5.32E+05
Factor de Fricción, *f*		0.01373	0.01581	0.01775	0.01608	0.01553	0.01774	0.01580	0.01457	0.01392	0.01383	0.01392
Altura de Velocidad, $v^2/2g$	m	0.18	0.03	0.01	0.08	0.30	0.01	0.03	0.08	0.11	0.38	0.23
%Pérdidas por Fricción, h_f	%	0.72	0.10	0.03	0.63	2.99	0.03	0.11	0.22	0.38	1.79	0.98
%Pérdidas por Fricción de Diseño, h_F	%	0.87	0.13	0.04	0.76	3.59	0.04	0.13	0.27	0.45	2.14	1.15
Elevación Inicial	msnm	3940.900	3940.900	3940.900	3940.900	3940.882	3940.862	3940.862	3940.862	3940.862	3940.862	4010.250
Elevación Final	msnm	3940.900	3940.900	3940.900	3940.817	3940.862	3940.862	3940.862	3940.862	3940.862	4010.250	4086.368
Longitud	m	1.59	0.80	1.60	1.80	3.00	1.60	1.60	1.60	6.43	677.92	682.29
Pérdidas Friccionales en la Tubería		0.01	0.00	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00	0.03	14.53	7.85

Accesorios	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Codo 90 (1.5D)	0.28											
Codo 45 (1.5D)	0.20											
Reducción (6"x6")	0.03				1							
Reducción (3"x4")	0.21					1						
Tee con flujo a un lado	0.50	1			1		1		1	1		
Tee con flujo directo	0.15		1	1				1				
Tee con ramal cerrado	1.00											
Pérdidas Friccionales en Accesorios		0.09	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00

Válvulas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Mariposa (100% Op)	0.40	1				1						
Mariposa (97% Op)	0.70											
Check (Dual Plate)	3.50					1						
Check (Swing)	1.00											
Pérdidas Friccionales en Válvulas		0.07	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Otras Pérdidas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Entrada de la Tubería	0.78	1.00										
Descarga de la Tubería	1.00											1.00
Otras Pérdidas Friccionales		0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73

Variación de la Presion												
Presión Inicial	m.c.f.	0.50	0.15	0.17	0.09	171.00	169.96	169.94	169.90	169.81	169.46	85.69
Presion Final	m.c.f.	0.00	0.15	0.17	0.31	169.87	169.96	169.93	169.86	169.73	85.55	1.50

RESULTADOS

Altura Estática	144.97	m
Presión residual	1.50	mcf
Pérdidas en la Succión		
Pérdidas Primarias en la Succión	0.03	mcf
Pérdidas Secundarias en la Succión	0.36	mcf
Pérdidas Totales en la Succión	**0.39**	mcf
Pérdidas en la Descarga		
Pérdidas Primarias en la Descarga	22.52	mcf
Pérdidas Secundarias en la Descarga	1.54	mcf
Pérdidas Totales en la Descarga	**24.06**	mcf
Qtotal	**162.00**	m3/h
ADT	**171.14**	mcf
NPSHd	5.67	mcf
Eficiencia de la bomba	70.00%	
Potencia el Freno	107.93	Kw
Eficiencia del motor	90.00%	
Potencia estimada del motor	119.92	kW
Potencia estimada del motor	180.82	hp
Potencia estimada del motor	200	hp

ANEXO I: CÁLCULO HIDRÁULICO

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6

Datos		Condición de diseño
Fluido		Agua Tratada
Temperatura	°C	10.00
Gravedad Especifica del Liquido, *SG*	-	1.00
Condiciones de Operación		
Nivel de liquido	m.s.n.m.	3,944.950
Elevación de Descarga	m.s.n.m.	4,078.860
Altura Estática	m	133.91
Altura Residual	m.c.f.	1.50
Viscosidad Dinamica 10°C	cP	1.31
Presión Atmosférica	kPa	82.55
Presión de Vapor a 20 °C	kPa	1.23

Sección		A - B	B - C	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	I - J	J - K	K - L	L - M
Material de la tuberia		SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	HDPE	HDPE
Cédula de la Tuberia		SHC 5S	SHC 5S	SHC 5S	SHC 10S	SHC 40S	SHC 10S	SHC 10S	SHC 10S	SHC 10S	SDR 7.3	SDR 9
Diámetro nominal, *D*	In	14	16	16	8	6	16	16	16	16	16	16
Revestimiento Interno	In	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	HDPE	HDPE
Espesor del Revestimiento	In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diámetro Interior, *d*	In	13.688	15.670	15.670	8.329	6.065	15.624	15.624	15.624	15.624	11.441	12.302
Rugosidad Absoluta, e	m	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	2.14E-05	2.14E-05
FLUJO												
Flujo Másico, m	T/h	648.00	324.00	162.00	162.00	162.00	162.00	324.00	486.00	648.00	648.00	648.00
Flujo de Diseño, Q_d	m^3/h	648.00	324.00	162.00	162.00	162.00	162.00	324.00	486.00	648.00	648.00	648.00
PROP. FÍSICAS @ TEMP. FLUIDO												
Gravedad Especifica, *SG*	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Viscosidad Absoluta	cP	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
DATOS ADICIONALES												
Factor de Seguridad, *SF*		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
RESULTS												
Velocidad, *v*	m/s	1.90	0.72	0.36	1.28	2.41	0.36	0.73	1.09	1.46	2.71	2.35
Número de Reynolds, *Re*		5.04E+05	2.20E+05	1.10E+05	2.07E+05	2.84E+05	1.10E+05	2.21E+05	3.31E+05	4.42E+05	6.03E+05	5.61E+05
Factor de Fricción, *f*		0.01373	0.01561	0.01775	0.01608	0.01553	0.01774	0.01580	0.01457	0.01392	0.01383	0.01388
Altura de Velocidad, $v^2/2g$	m	0.18	0.03	0.01	0.08	0.30	0.01	0.03	0.06	0.11	0.36	0.28
%Pérdidas por Fricción, h_f	%	0.72	0.10	0.03	0.63	2.99	0.03	0.11	0.22	0.38	1.79	1.25
%Pérdidas por Fricción de Diseño, h_F	%	0.87	0.13	0.04	0.78	3.59	0.04	0.13	0.27	0.45	2.14	1.50
Elevación Inicial	msnm	3944.450	3944.450	3944.450	3944.450	3944.412	3944.412	3944.412	3944.412	3944.412	3944.412	3981.720
Elevación Final	msnm	3944.450	3944.450	3944.450	3944.167	3944.412	3944.412	3944.412	3944.412	3944.412	3961.720	4078.860
Longitud	m	1.50	0.80	1.60	1.80	3.00	1.60	1.60	1.60	6.43	84.13	620.33
Pérdidas Friccionales en la Tubería		**0.01**	**0.00**	**0.00**	**0.01**	**0.11**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.03**	**1.80**	**9.28**

Accesorios	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Codo 90 (1.5D)	0.26											
Codo 45 (1.5D)	0.20											
Reducción (8"x6")	0.47											
Reducción (6"x4")	0.35											
Tee con flujo a un lado	0.50	1			1	1						
Tee con flujo directo	0.15		1	1			1	1	1	1		
Tee con ramal cerrado	1.00											
Pérdidas Friccionales en Accesorios		**0.09**	**0.00**	**0.00**	**0.04**	**0.15**	**0.00**	**0.00**	**0.01**	**0.02**	**0.00**	**0.00**

Válvulas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Mariposa (100% Op)	0.40	1				1						
Mariposa (97% Op)	0.70											
Check (Dual Plate)	3.50					1						
Check (Swing)	1.00											
Pérdidas Friccionales en Válvulas		**0.07**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**1.16**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

Otras Pérdidas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Entrada de la Tuberia	0.78	1.00										
Descarga de la Tuberia	1.00											1.00
Otras Pérdidas Friccionales		**0.14**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.28**

Variación de la Presion												
Presión Inicial	m.c.f.	0.90	0.15	0.17	0.09	148.78	147.66	147.63	147.59	147.53	147.22	128.20
Presion Final	m.c.f.	0.00	0.15	0.17	0.32	147.37	147.65	147.83	147.58	147.49	128.11	1.50

RESULTADOS

Altura Estática	133.91	m
Presión residual	1.50	mcl
Pérdidas en la Succión		
Pérdidas Primarias en la Succión	0.03	mcl
Pérdidas Secundarias en la Succión	0.35	mcl
Pérdidas Totales en la Succión	**0.38**	mcl
Pérdidas en la Descarga		
Pérdidas Primarias en la Descarga	11.23	mcl
Pérdidas Secundarias en la Descarga	1.62	mcl
Pérdidas Totales en la Descarga	**12.85**	mcl
Qtotal	**162.00**	m3/h
ADT	**148.92**	mcl
NPSHd	5.87	mcl
Eficiencia de la bomba	70.00%	
Potencia el Freno	93.92	Kw
Eficiencia del motor	90.00%	
Potencia estimada del motor	104.36	kW
Potencia estimada del motor	139.94	hp
Potencia estimada del motor	150	hp

ANEXO I: CÁLCULO HIDRÁULICO

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7

Datos

		Condición de diseño
Fluido		Agua Tratada
Temperatura	°C	10.00
Gravedad Específica del Líquido, *SG*	-	1.00
Condiciones de Operación		
Nivel de líquido	m.s.n.m.	4.049.964
Elevación de Descarga	m.s.n.m.	4.161.350
Altura Estática	m	111.37
Altura Residual	m.c.f.	1.50
Viscosidad Dinamica 10°C	cP	1.31
Presión Atmosférica	kPa	62.55
Presión de Vapor a 20 °C	*kPa*	1.23

Sección		A - B	B - C	C - D	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	H - I	I - J	J - K	K - L	L - M	N - O
Material de la tubería		SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	HDPE	HDPE	HDPE
Cédula de la Tubería		SCH 5S	SCH 5S	SCH 5S	SCH 5S	SCH 10S	SCH 40S	SCH 10S	SCH 10S	SCH 10S	SCH 10S	SCH 10S	SDR 7.3	SDR 9	SDR 11
Diámetro nominal, *D*	In	14	18	18	18	8	6	18	18	18	18	18	18	18	18
Revestimiento Interno	In	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	HDPE	HDPE	HDPE
Espesor del Revestimiento	In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diámetro Interior, *d*	In	13.688	17.870	17.870	17.870	8.329	6.065	17.624	17.624	17.624	17.624	17.624	12.870	13.840	14.598
Rugosidad Absoluta, e	m	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	2.14E-05	2.14E-05	2.14E-05
FLUJO															
Flujo Másico, m	T/h	576.00	345.60	230.40	115.20	115.20	115.20	115.20	230.40	345.60	460.80	576.00	576.00	576.00	576.00
Flujo de Diseño, Q_d	m^3/h	576.00	345.60	230.40	115.20	115.20	115.20	115.20	230.40	345.60	460.80	576.00	576.00	576.00	576.00
PROP. FÍSICAS @ TEMP. FLUIDO															
Gravedad Específica, *SG*	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Viscosidad Absoluta	cP	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
DATOS ADICIONALES															
Factor de Seguridad, *SF*		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.05	1.05	1.05
RESULTS															
Velocidad, *v*	m/s	1.69	0.61	0.40	0.20	0.91	1.72	0.20	0.41	0.61	0.81	1.02	1.91	1.65	1.48
Número de Reynolds, *Re*		4.48E+05	2.08E+05	1.39E+05	6.94E+04	1.47E+05	2.02E+05	6.96E+04	1.39E+05	2.09E+05	2.78E+05	3.48E+05	4.76E+05	4.43E+05	4.20E+05
Factor de Fricción, *f*		0.01396	0.01572	0.01694	0.01947	0.01703	0.01834	0.01948	0.01694	0.01571	0.01495	0.01440	0.01413	0.01421	0.01428
Altura de Velocidad, $v^2/2g$	m	0.14	0.02	0.01	0.00	0.04	0.15	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.19	0.14	0.11
%Pérdidas por Fricción, h_f	%	0.58	0.07	0.03	0.01	0.34	1.59	0.01	0.03	0.07	0.11	0.17	0.80	0.56	0.43
%Pérdidas por Fricción de Diseño, h_f	%	0.70	0.08	0.04	0.01	0.41	1.91	0.01	0.04	0.08	0.14	0.20	0.84	0.59	0.45
Elevación Inicial	msnm	4049.484	4049.484	4049.484	4049.484	4049.484	4049.183	4049.482	4049.482	4049.482	4049.482	4049.482	4049.482	4049.420	4083.570
Elevación Final	msnm	4049.484	4049.484	4049.484	4049.484	4049.183	4049.482	4049.482	4049.482	4049.482	4049.482	4049.482	4049.420	4083.570	4161.350
Longitud	m	1.50	0.75	1.50	1.50	2.00	3.00	1.50	1.50	1.50	1.50	7.77	3807.91	1052.12	426.18
Pérdidas Friccionales en la Tubería		0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	30.33	6.19	1.92

Accesorios	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Codo 90 (1.5D)	0.28														
Codo 45 (1.5D)	0.20														
Reducción (8"x6")	0.47					1									
Reducción (6"x4")	0.02						1								
Tee con flujo a un lado	0.50						1	1							
Tee con flujo directo	0.15							1	1	1	1	1			
Tee con ramal cerrado	1.00														
Pérdidas Friccionales en Accesorios		0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00

Válvulas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Mariposa (100% Op)	1.00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mariposa (97% Op)															
Check (Dual Plate)															
Check (Swing)	0.70	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pérdidas Friccionales en Válvulas		0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Otras Pérdidas	k	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty	Qty
Entrada de la Tubería	0.78	1.00													
Descarga de la Tubería	1.00														1.00
Otras Pérdidas Friccionales		0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11

Variación de la Presion															
Presión Inicial	m.c.f.	0.50	0.26	0.27	0.27	0.23	152.62	152.08	152.07	152.06	152.04	152.02	151.86	121.63	81.32
Presion Final	m.c.f.	0.13	0.26	0.27	0.27	0.48	151.93	152.08	152.07	152.06	152.03	151.99	121.59	81.30	1.50

RESULTADOS

Altura Estática	111.37	*m*
Presión residual	1.50	mcf
Pérdidas en la Succión		
Pérdidas Primarias en la Succión	0.02	mcf
Pérdidas Secundarias en la Succión	0.26	mcf
Pérdidas Totales en la Succión	**0.28**	mcf
Pérdidas en la Descarga		
Pérdidas Primarias en la Descarga	38.53	mcf
Pérdidas Secundarias en la Descarga	0.46	mcf
Pérdidas Totales en la Descarga	**38.99**	mcf
Qtotal	**115.20**	m3/h
ADT	**152.25**	mcf
NPSHd	5.97	mcf
Eficiencia de la bomba	70.00%	
Potencia al Freno	86.28	Kw
Eficiencia del motor	90.00%	
Potencia estimada del motor	75.87	kW
Potencia estimada del motor	101.74	hp
Potencia estimada del motor	125	hp

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°1 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Calculo de la sobrepresión por el metodo del acontecimiento rapido

Tramos		1er Tramo	2do Tramo	3er Tramo	
p (kg/m3)	Peso especifico fluido	1000	1000	1000	
g (m/s2)	Gravedad	9.81	9.81	9.81	
k (kg/m2)	Modulo de compresión del agua	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	
E (kg/m2)	Modulo de elasticidad del material de la tuberia	2.039E+10	2.039E+10	8.000E+07	
Di (pulg)	Diameter int.	13.25	23.25	19.46	
Di (m)	Diameter int.	0.3366	0.59055	0.49431	
Schedule o SDR		STD	STD	SDR 11	
e (m)	Espesor	0.009525	0.010	0.058	
a (m/s)	Velocidad onda	1220.38	1114.74	295.90	
v (m/s)	Velocidad del Fluido	1.61	2.09	2.98	
L (m)	Longitud Tuberia	5.93	20.71	740.35	
2L/a (seg)	Tiempo Critico	0.01	0.04	5.00	
h (mca)	Sobrepresion	200.26	237.64	90.03	
h (psi)	Sobrepresion	284.77	337.92	128.03	
Tc (seg)	Tiempo de Cierre de la Válvula Check	2.00			Tiempo conservador
Lc (m)	Longitud Critica	295.90			

	L (m)	J (m/m)	TOTAL
STD	5.93	0.0071	0.04
STD	20.71	0.0060	0.12
SDR 11	740.35	0.0120	8.85
	Perd. Prim.		9.01
	Per. Totales		12.96
	Per. Sec.		3.95
	Perd. Sec/Per. Prim		0.44

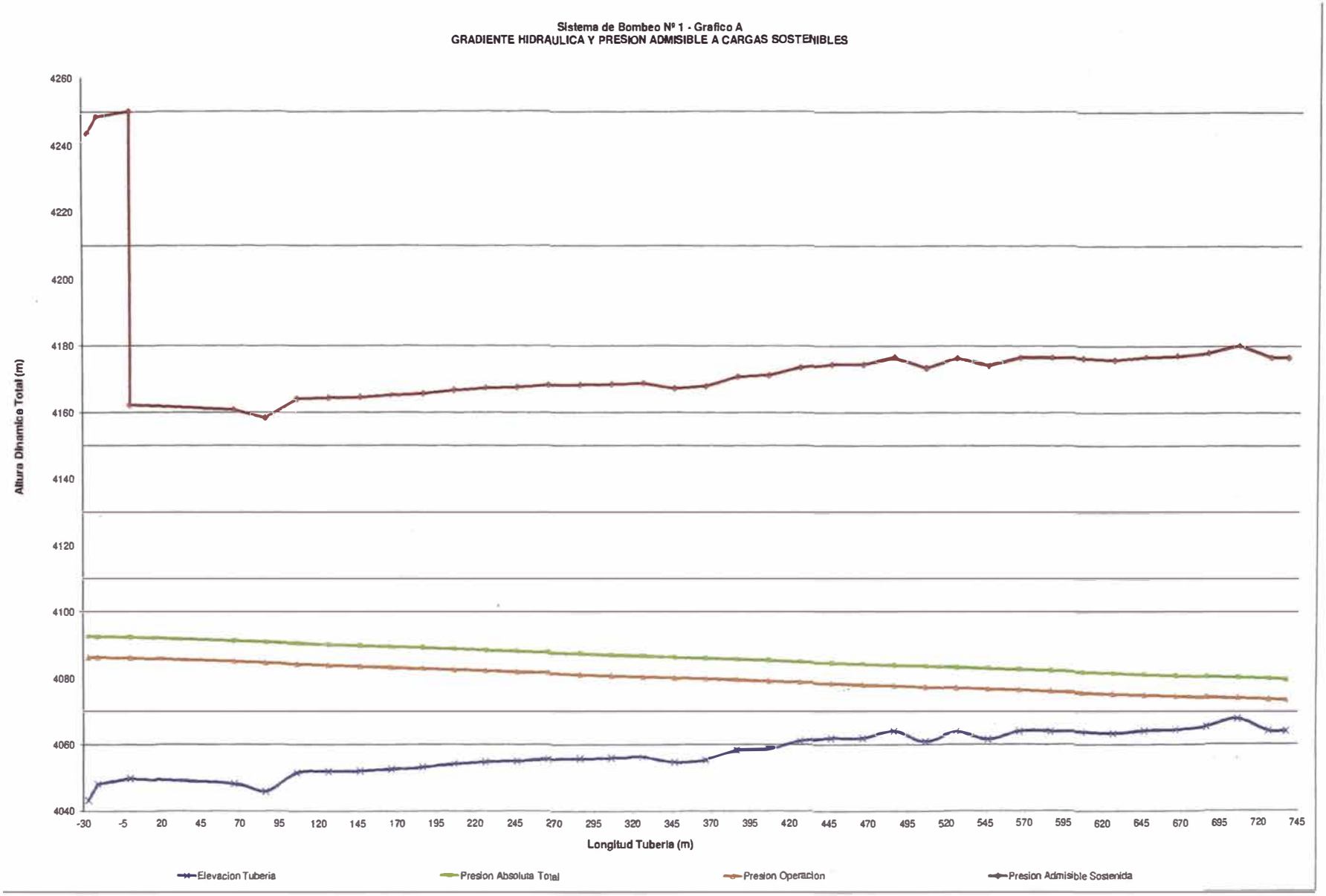
	Static and Surge Pressure Ratings @ 23 °C				
	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7.3	CS STD WT
Working Pressure Rating (WPR) [psi]	100	160	200	255	285
WPR & Recurring Dynamic Surge [psi]	150	240	300	397.5	
WPR & Occasional Dynamic Surge [psi]	200	320	400	530	379.05

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

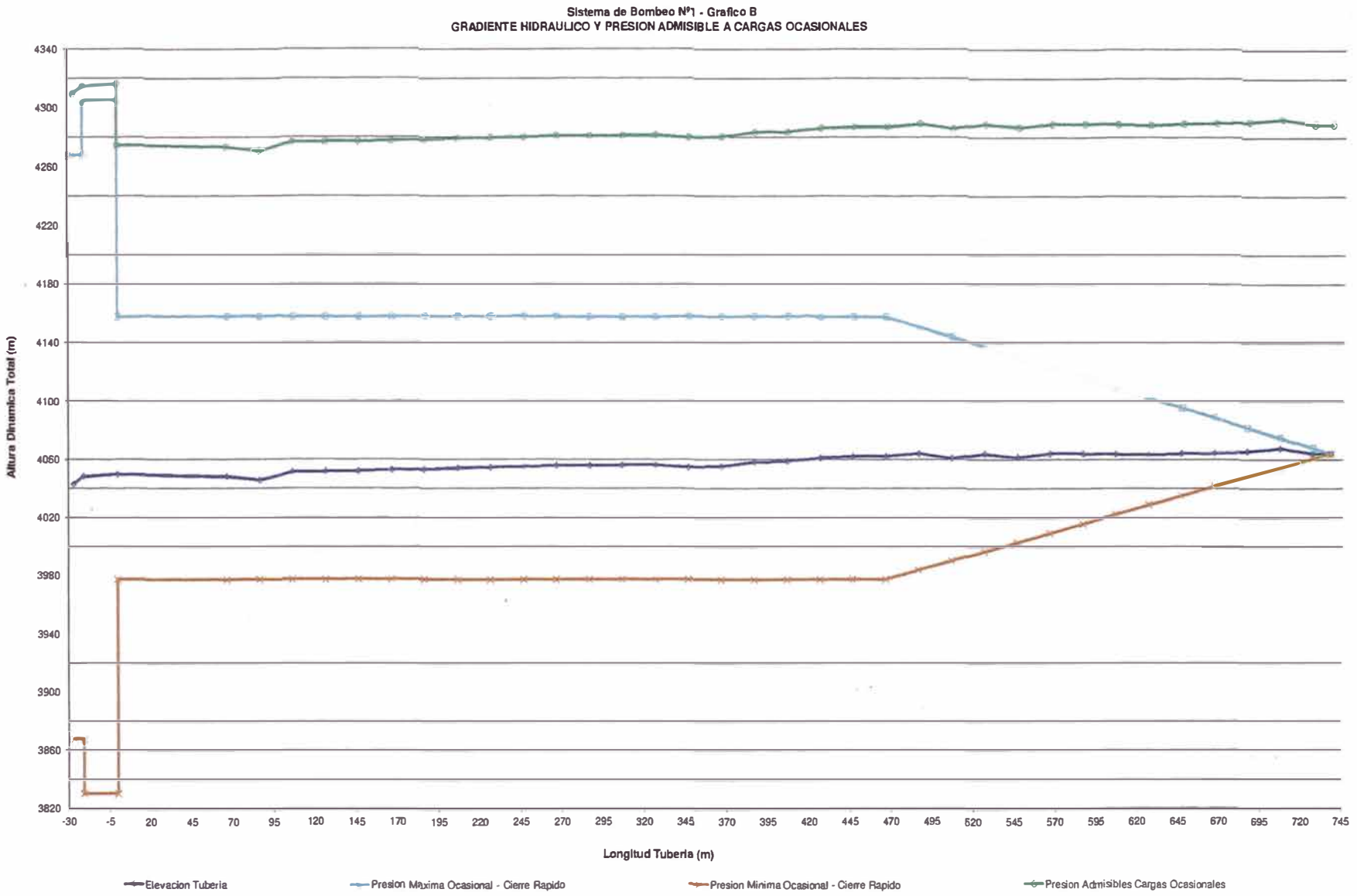
ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°1 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Estación por longuitud	Elevación	Espesor Tuberia	Dist. Total Acumulada	D	Rug. Abs.	V	N°Re	Factor Fricción	V2/2g	Perdidas Friccion Acumulada	Presion Operación	Presion Absoluta	Presion Transiente Maximo	Presion Transiente Minimo	Presion Admisible-Cargas Sostenidas	Presion Admisible-Cargas Ocasionales
	msnm		m	(In)	m	(m/s)			m	m	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm
-26.64	4049.202	STD	0.00	13.25	4.57E-05	1.61	4.14E+05	0.01517	0.13	0.00	4086.384	4092.635	4267.967	3867.453	4243.577	4309.701
-20.71	4048.200	STD	5.93	13.25	4.57E-05	1.61	4.14E+05	0.01517	0.13	0.06	4086.323	4092.570	4267.987	3867.453	4248.575	4314.699
-20.71	4048.200	STD	5.93	23.25	4.57E-05	2.09	9.44E+05	0.01323	0.22	0.06	4086.323	4092.570	4305.347	3830.073	4248.575	4314.699
0.00	4049.800	STD	26.64	23.25	4.57E-05	2.09	9.44E+05	0.01323	0.22	0.24	4086.145	4092.390	4305.347	3830.073	4250.175	4318.299
0.00	4049.800	SDR11	26.64	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	0.24	4086.145	4092.390	4157.742	3977.678	4182.291	4274.783
66.35	4048.201	SDR11	92.99	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	1.38	4085.004	4091.251	4157.742	3977.678	4160.693	4273.184
86.35	4045.800	SDR11	113.14	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	1.73	4084.858	4090.907	4157.742	3977.678	4158.291	4270.783
106.35	4051.540	SDR11	133.94	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	2.08	4084.301	4090.545	4157.742	3977.678	4164.031	4278.523
126.35	4051.910	SDR11	153.95	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	2.43	4083.957	4090.200	4157.742	3977.678	4164.401	4276.893
146.35	4052.110	SDR11	173.95	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	2.77	4083.613	4089.857	4157.742	3977.878	4164.601	4277.093
166.35	4052.670	SDR11	193.96	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	3.11	4083.269	4089.512	4157.742	3977.678	4165.181	4277.653
186.35	4053.180	SDR11	213.96	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	3.46	4082.926	4089.168	4157.742	3977.678	4165.671	4278.163
206.35	4054.180	SDR11	233.99	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	3.80	4082.581	4088.823	4157.742	3977.678	4166.671	4279.163
226.35	4054.770	SDR11	254.00	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	4.15	4082.238	4088.479	4157.742	3977.678	4167.261	4279.753
246.35	4055.020	SDR11	274.00	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	4.49	4081.894	4088.135	4157.742	3977.678	4167.511	4280.003
266.35	4055.650	SDR11	294.01	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	4.83	4081.550	4087.791	4157.742	3977.678	4168.141	4280.633
286.35	4055.830	SDR11	314.01	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	5.18	4081.206	4087.447	4157.742	3977.678	4168.321	4280.813
306.35	4055.990	SDR11	334.01	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	5.52	4080.883	4087.103	4157.742	3977.678	4168.481	4280.973
326.35	4056.290	SDR11	354.01	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	5.87	4080.519	4086.759	4157.742	3977.678	4168.781	4281.273
346.35	4054.740	SDR11	374.07	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	6.21	4080.174	4086.415	4157.742	3977.678	4187.231	4279.723
368.35	4055.330	SDR11	394.08	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	6.55	4079.830	4086.071	4157.742	3977.678	4167.821	4280.313
386.35	4058.220	SDR11	414.29	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	6.90	4079.483	4085.722	4157.742	3977.678	4170.711	4283.203
406.35	4058.630	SDR11	434.29	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	7.24	4079.139	4085.377	4157.742	3977.678	4171.121	4283.613
426.35	4061.080	SDR11	454.44	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	7.59	4078.793	4085.029	4157.742	3977.678	4173.551	4286.043
446.35	4062.000	SDR11	474.46	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	7.93	4078.449	4084.684	4157.742	3977.678	4174.491	4286.983
466.35	4062.000	SDR11	494.46	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	8.28	4078.105	4084.341	4157.742	3977.678	4174.491	4286.983
486.35	4064.140	SDR11	514.58	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	8.62	4077.760	4083.993	4150.828	3984.045	4176.631	4289.123
506.35	4060.880	SDR11	534.84	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	8.97	4077.411	4083.648	4143.914	3990.411	4173.371	4285.863
526.35	4063.860	SDR11	555.06	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	9.32	4077.064	4083.298	4137.000	3996.778	4176.351	4288.843
546.35	4061.570	SDR11	575.19	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	9.67	4076.718	4082.954	4130.086	4003.145	4174.061	4286.553
566.35	4063.940	SDR11	595.33	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	10.01	4076.372	4082.606	4123.172	4009.512	4176.431	4288.923
586.35	4064.040	SDR11	615.33	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	10.36	4076.028	4082.262	4116.257	4015.879	4176.531	4289.023
606.35	4063.850	SDR11	635.33	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	10.70	4075.685	4081.918	4109.343	4022.246	4176.341	4288.833
626.35	4063.410	SDR11	655.34	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	11.04	4075.341	4081.575	4102.429	4028.613	4175.901	4288.393
646.35	4064.210	SDR11	675.35	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	11.39	4074.997	4081.230	4095.515	4034.980	4176.701	4289.193
666.35	4064.560	SDR11	695.36	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	11.73	4074.653	4080.886	4088.601	4041.347	4177.051	4289.543
686.35	4065.500	SDR11	715.38	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	12.08	4074.309	4080.541	4081.686	4047.713	4177.991	4290.483
706.35	4067.710	SDR11	735.50	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	12.42	4073.963	4080.194	4074.772	4054.080	4180.201	4292.693
726.35	4064.050	SDR11	755.83	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	12.77	4073.614	4079.847	4067.858	4060.447	4176.541	4289.033
737.51	4064.000	SDR11	766.99	19.461	2.14E-05	2.98	1.13E+06	0.01239	0.45	12.96	4073.422	4079.656	4064.000	4064.000	4176.491	4288.983

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°1 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°1 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Calculo de la sobrepresión por el metodo del acontecimiento rapido

Tramos		1er Tramo	2do Tramo	3er Tramo	4to Tramo	5to Tramo	
p (kg/m3)	Peso especifico fluido	1000	1000	1000	1000	1000	
g (m/s2)	Gravedad	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	
k (kg/m2)	Modulo de compresión del agua	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	
E (kg/m2)	Modulo de elasticidad del material de la tuberia	2.039E+10	2.039E+10	8.000E+07	8.000E+07	8.000E+07	
Di (pulg)	Diameter int.	6.07	12.00	11.25	12.97	14.04	
Di (m)	Diameter int.	0.15	0.30	0.29	0.33	0.36	
Schedule o SDR		SCH 40S	SCH 40S	SDR 7.3	SDR 11	SDR 17	
e (m)	Espesor	0.007	0.010	0.060	0.038	0.025	
a (m/s)	Velocidad onda	1287.67	1235.81	391.58	295.90	230.74	
v (m/s)	Velocidad del Fluido	1.49	2.28	2.60	1.95	1.67	
L (m)	Longitud Tuberia	3.00	385.71	176.10	245.18	382.74	
2L/a (seg)	Tiempo Critico	0.00	0.62	0.90	1.66	3.32	
h (mca)	Sobrepresion	195.82	287.75	103.83	58.94	39.23	
h (psi)	Sobrepresion	278.17	409.18	147.85	83.81	55.79	
Tc (seg)	Tiempo de Cierre de la Válvula Check	2.00					Tiempo conservador
Lc (m)	Longitud Critica	230.74					

	L (m)	J (m/m)	TOTAL
STD	3.00	0.0147	0.04
STD	385.71	0.0144	5.53
SDR 7.3	176.10	0.0177	3.11
SDR 11	245.18	0.0087	2.14
SDR 17	382.74	0.0059	2.26
	Perd. Prim.		13.09
	Per. Totales		14.78
	Per. Sec.		1.69
	Perd. Sec/Per. Prim		0.13

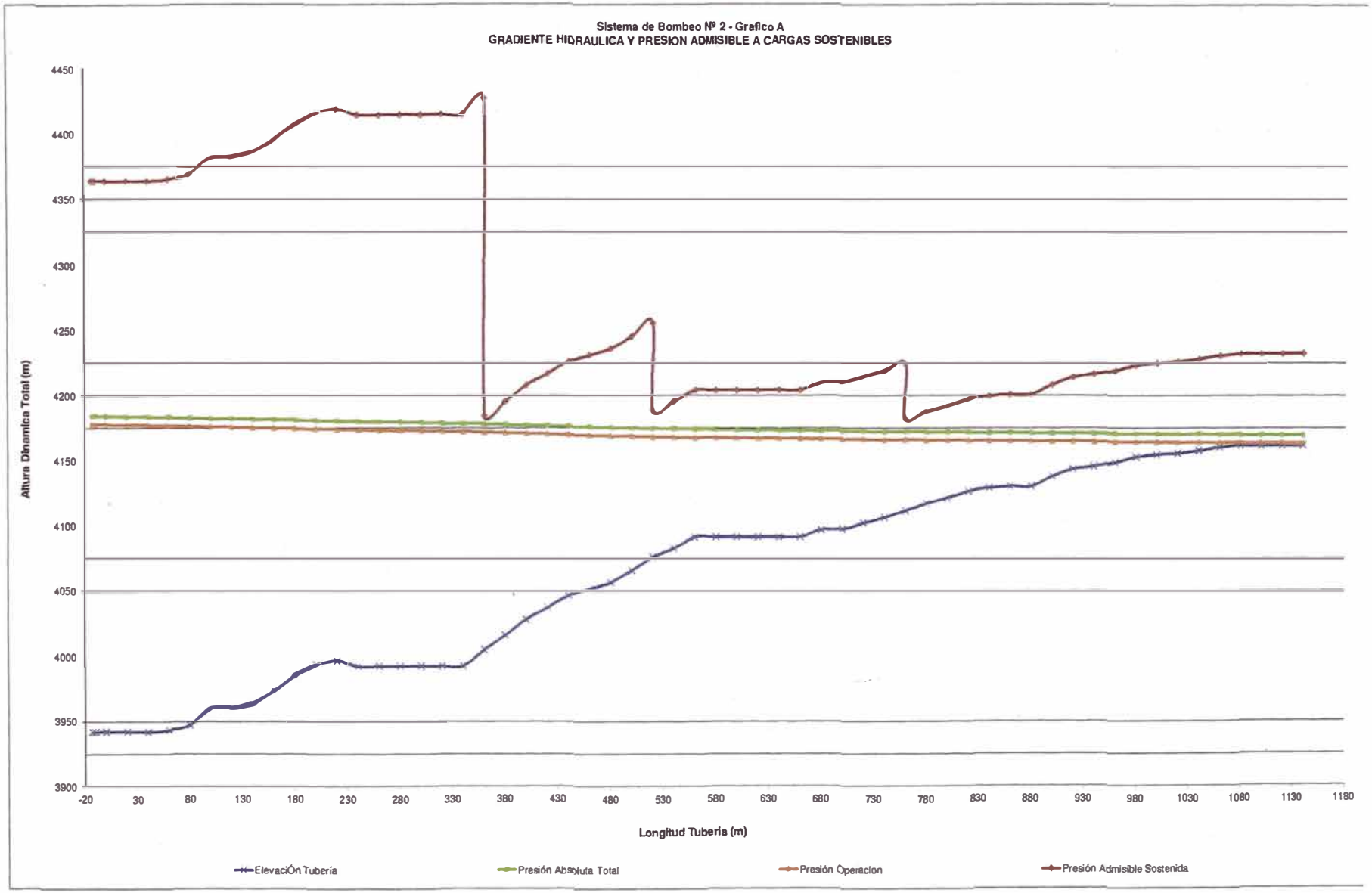
	Static and Surge Pressure Ratings @ 23 °C				
	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7.3	SS STD WT
Working Pressure Rating (WPR) [psi]	100	160	200	255	600
WPR & Recurring Dynamic Surge [psi]	150	240	300	397.5	
WPR & Occasional Dynamic Surge [psi]	200	320	400	530	798

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

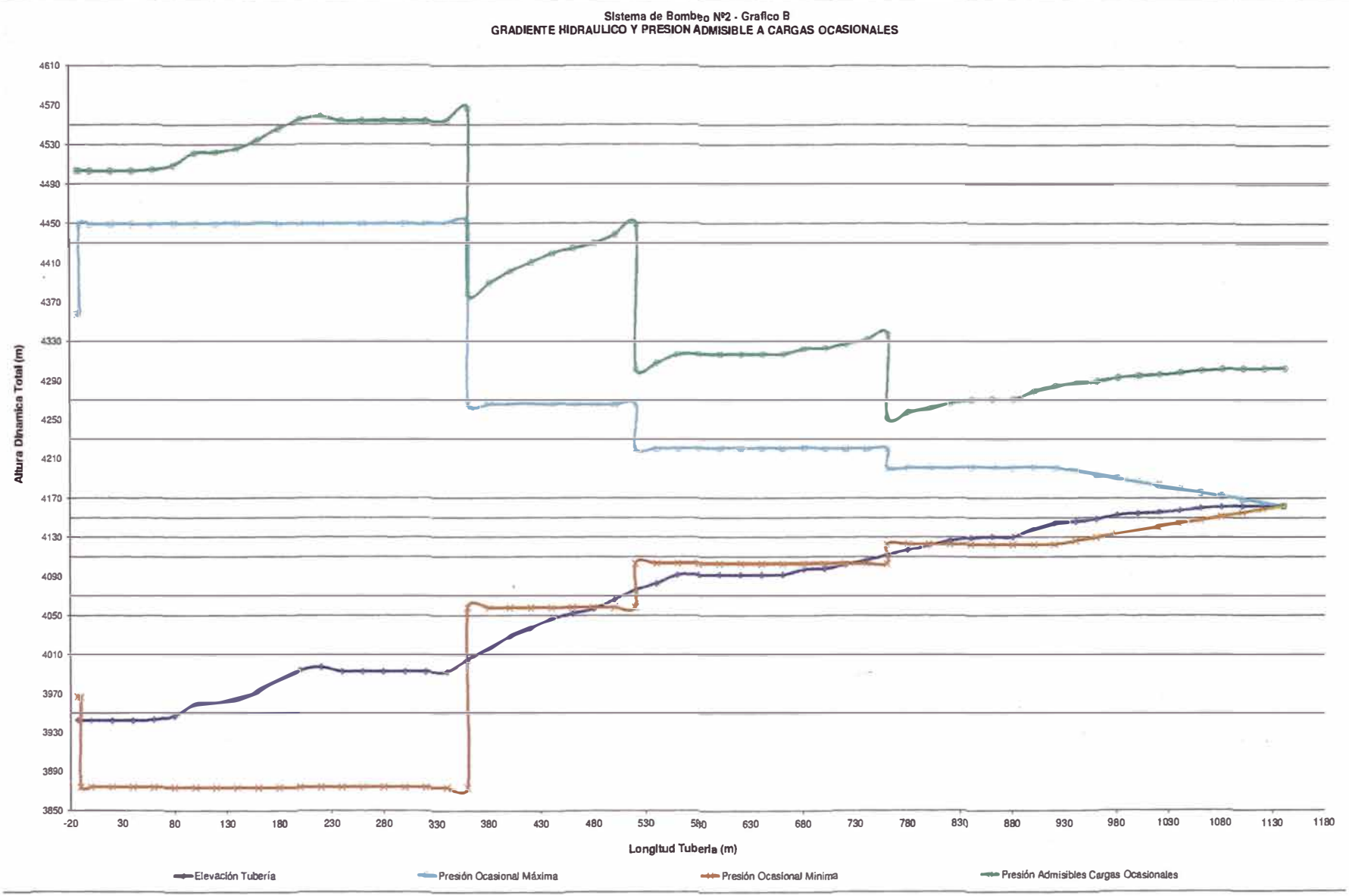
ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Estación por longitud	Elevación	Espesor Tuberia	Dist. Total Acumulada	D	Rug. Abs.	V	N° Re	Factor Fricción	V2/2g	Perdidas Friccion Acumulada	Presion Operación	Presion Absoluta	Presion Transiente Maximo	Presion Transiente Minimo	Presion Admisible-Cargas Sostenidas	Presion Admisible-Cargas Ocasionales
	msnm		m	(in)	m	(m/s)			m	m	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm
-13.00	3942.319	SCH 40S	0.00	6.065	1.50E-05	1.49	1.76E+05	0.01672	0.11	0.00	4178.174	4184.507	4357.500	3966.260	4364.162	4503.370
-10.00	3942.319	SCH 40S	3.00	6.065	1.50E-05	1.49	1.76E+05	0.01672	0.11	0.00	4178.124	4184.457	4357.500	3968.260	4384.162	4503.370
-10.00	3942.319	SCH 40S	3.00	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	0.05	4178.124	4184.457	4449.627	3874.133	4364.162	4503.370
0.00	3942.319	SCH 40S	13.00	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	0.05	4177.982	4184.296	4449.627	3874.133	4364.162	4503.370
0.00	3942.170	SCH 40S	13.00	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	0.21	4177.982	4184.296	4449.627	3874.133	4364.013	4503.221
20.00	3942.170	SCH 40S	33.00	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	0.54	4177.638	4183.972	4449.827	3874.133	4364.013	4503.221
40.00	3942.170	SCH 40S	53.00	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	0.88	4177.314	4183.647	4449.627	3874.133	4364.013	4503.221
60.00	3943.450	SCH 40S	73.04	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	1.18	4176.989	4183.322	4449.627	3874.133	4385.293	4504.501
80.00	3947.340	SCH 40S	93.42	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	1.51	4178.659	4182.988	4449.627	3874.133	4389.183	4508.391
100.00	3960.000	SCH 40S	117.09	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	1.90	4178.276	4182.595	4449.627	3874.133	4381.843	4521.051
120.00	3960.810	SCH 40S	137.10	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	2.22	4175.952	4182.270	4449.827	3874.133	4382.853	4521.861
140.00	3964.390	SCH 40S	157.42	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	2.55	4175.622	4181.937	4449.827	3874.133	4386.233	4525.441
160.00	3973.080	SCH 40S	179.22	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	2.90	4175.289	4181.577	4449.627	3874.133	4394.903	4534.111
180.00	3984.780	SCH 40S	202.40	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	3.28	4174.894	4181.192	4449.627	3874.133	4406.623	4545.831
200.00	3993.700	SCH 40S	224.30	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	3.64	4174.539	4180.830	4449.827	3874.133	4415.543	4554.751
220.00	3997.050	SCH 40S	244.58	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	3.98	4174.210	4180.499	4449.827	3874.133	4418.893	4558.101
240.00	3992.520	SCH 40S	265.06	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	4.30	4173.878	4180.170	4449.627	3874.133	4414.363	4553.571
260.00	3992.520	SCH 40S	285.06	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	4.62	4173.554	4179.846	4449.627	3874.133	4414.363	4553.571
280.00	3992.520	SCH 40S	305.06	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	4.94	4173.230	4179.522	4449.827	3874.133	4414.363	4553.571
300.00	3992.520	SCH 40S	325.06	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	5.27	4172.906	4179.198	4449.627	3874.133	4414.363	4553.571
320.00	3992.520	SCH 40S	345.06	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	5.59	4172.582	4178.874	4449.627	3874.133	4414.363	4553.571
340.00	3992.520	SCH 40S	385.06	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	5.92	4172.258	4178.550	4449.627	3874.133	4414.363	4553.571
360.00	4005.100	SCH 40S	388.71	12.000	1.50E-05	2.28	5.32E+05	0.01371	0.27	6.30	4171.875	4178.157	4449.627	3874.133	4426.943	4566.151
360.00	4005.100	SDR 7.3	388.71	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	6.30	4171.875	4178.157	4265.711	4058.049	4184.383	4377.728
380.00	4016.150	SDR 7.3	411.56	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	6.75	4171.419	4177.692	4265.711	4058.049	4195.433	4388.778
400.00	4028.410	SDR 7.3	435.02	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	7.22	4170.951	4177.214	4265.711	4058.049	4207.693	4401.038
420.00	4037.310	SDR 7.3	456.91	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	7.66	4170.514	4176.770	4265.711	4058.049	4218.593	4409.938
440.00	4046.680	SDR 7.3	479.00	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	8.10	4170.074	4176.321	4265.711	4058.049	4225.963	4419.308
460.00	4051.920	SDR 7.3	499.67	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	8.51	4169.681	4175.905	4265.711	4058.049	4231.203	4424.548
480.00	4056.950	SDR 7.3	520.30	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	8.92	4169.249	4175.489	4265.711	4058.049	4236.233	4429.578
500.00	4066.050	SDR 7.3	542.27	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	9.36	4168.811	4175.043	4265.711	4058.049	4245.333	4438.678
520.00	4076.450	SDR 7.3	564.81	11.245	2.14E-05	2.60	5.68E+05	0.01394	0.35	9.81	4168.361	4174.585	4265.711	4058.049	4255.733	4449.078
520.00	4076.450	SDR 11	564.81	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	9.81	4168.381	4174.585	4220.821	4102.939	4188.941	4301.433
540.00	4082.790	SDR 11	585.79	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	10.02	4168.155	4174.373	4220.821	4102.939	4195.281	4307.773
560.00	4091.530	SDR 11	607.62	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	10.23	4167.940	4174.151	4220.821	4102.939	4204.021	4316.513
580.00	4091.650	SDR 11	627.62	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	10.43	4167.743	4173.954	4220.821	4102.939	4204.141	4316.633
600.00	4091.650	SDR 11	647.62	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	10.63	4167.546	4173.757	4220.821	4102.939	4204.141	4316.633
620.00	4091.650	SDR 11	667.62	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	10.83	4167.349	4173.560	4220.821	4102.939	4204.141	4316.633
640.00	4091.650	SDR 11	687.62	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	11.02	4167.152	4173.363	4220.821	4102.939	4204.141	4316.633
660.00	4091.650	SDR 11	707.62	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	11.22	4166.955	4173.166	4220.821	4102.939	4204.141	4316.633
680.00	4097.000	SDR 11	728.32	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	11.42	4166.751	4172.958	4220.821	4102.939	4209.491	4321.983
700.00	4097.750	SDR 11	748.34	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	11.82	4166.554	4172.760	4220.821	4102.939	4210.241	4322.733
720.00	4102.310	SDR 11	768.85	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	11.82	4166.352	4172.555	4220.821	4102.939	4214.801	4327.293
740.00	4106.730	SDR 11	789.33	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	12.02	4166.150	4172.350	4220.821	4102.939	4219.221	4331.713
760.00	4111.890	SDR 11	809.99	12.974	2.14E-05	1.95	4.92E+05	0.01408	0.19	12.23	4165.947	4172.142	4220.821	4102.939	4224.381	4336.873
760.00	4111.890	SDR 17	809.99	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	12.23	4165.947	4172.142	4201.111	4122.649	4182.197	4252.504
780.00	4117.270	SDR 17	830.70	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	12.37	4165.809	4172.000	4201.111	4122.649	4187.577	4257.884
800.00	4121.440	SDR 17	851.13	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	12.50	4165.873	4171.860	4201.111	4122.649	4191.747	4262.054
820.00	4126.660	SDR 17	871.80	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	12.84	4165.535	4171.718	4201.111	4122.649	4196.987	4267.294
840.00	4129.430	SDR 17	891.99	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	12.77	4165.400	4171.581	4201.111	4122.649	4199.737	4270.044
860.00	4130.420	SDR 17	912.01	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	12.91	4165.267	4171.447	4201.111	4122.649	4200.727	4271.034
880.00	4130.420	SDR 17	932.01	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	13.04	4165.133	4171.313	4201.111	4122.649	4200.727	4271.034
900.00	4137.910	SDR 17	953.37	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	13.18	4164.991	4171.165	4201.111	4122.649	4208.217	4278.524
920.00	4143.670	SDR 17	974.18	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	13.32	4164.852	4171.021	4201.111	4122.649	4213.977	4284.284
940.00	4146.000	SDR 17	994.32	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	13.46	4164.718	4170.885	4197.545	4126.215	4216.307	4286.614
960.00	4148.720	SDR 17	1014.50	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	13.59	4164.583	4170.748	4193.978	4129.782	4219.027	4289.334
980.00	4152.920	SDR 17	1034.94	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	13.73	4164.447	4170.609	4190.412	4133.348	4223.227	4293.534
1000.00	4154.710	SDR 17	1055.02	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	13.86	4164.313	4170.473	4188.845	4136.915	4225.017	4295.324
1020.00	4155.960	SDR 17	1075.06	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	13.99	4164.179	4170.339	4183.279	4140.481	4226.267	4296.574
1040.00	4157.880	SDR 17	1095.15	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	14.13	4164.045	4170.203	4179.712	4144.048	4228.187	4298.494
1060.00	4160.420	SDR 17	1115.31	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	14.26	4163.911	4170.067	4176.146	4147.614	4230.727	4301.034
1080.00	4161.730	SDR 17	1135.35	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	14.40	4163.777	4169.932	4172.579	4151.181	4232.037	4302.344
1100.00	4161.680	SDR 17	1155.35	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	14.53	4163.644	4169.799	4169.013	4154.747	4231.987	4302.294
1120.00	4161.760	SDR 17	1175.35	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	14.66	4163.511	4169.665	4165.446	4158.314	4232.067	4302.374
1140.00	4161.880	SDR 17	1192.73	14.043	2.14E-05	1.67	4.55E+05	0.01415	0.14	14.78	4163.395	4169.549	4161.880	4161.880	4232.187	4302.494

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Calculo de la sobrepresión por el metodo del acont ecimientorapido

Tramos		1er Tramo	2do Tramo	3er Tramo	4to Tramo	5t oTramo	6to Tramo	
p (kg/m3)	Peso especifico fluido	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
g (m/s2)	Gravedad	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	
k (kg/m2)	Modulo de compresión del agua	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	
E (kg/m2)	Modulo de elasticidad del material de la tuberia	2.039E+10	2.039E+10	8.000E+07	8.000E+07	8.000E+07	8.000E+07	
Di (Pulg.)	Diameter Int.	6.07	15.25	12.65	13.84	14.97	15.80	
Di (m)	Diameter Int.	0.44	0.39	0.32	0.35	0.38	0.40	
Schedule o SDR		STD WT	STD WT	SDR 7	SDR 9	SDR 11	SDR 17	
e (m)	Espesor	0.010	0.010	0.008	0.053	0.038	0.028	
a (m/s)	Velocidad onda	1174.63	1196.85	391.52	333.83	276.23	230.82	
v (m/s)	Velocidad del Fluido	2.38	1.89	2.74	2.29	1.96	1.76	
L (m)	Longitud Tuberia	3.00	14.79	1146.16	283.00	165.00	324.10	
2L/a (seg)	Tiempo Critico	0.01	0.02	5.85	1.70	1.19	2.81	
h (mca)	Sobrepresion	285.52	230.07	109.34	77.91	55.08	41.35	
h (psi)	Sobrepresion	406.01	327.16	155.49	110.79	78.32	58.80	
Tc (seg)	Tiempo de Cierre de la Válvula Check	2.00						Tiempo conservador
Lc (m)	Longitud Critica	230.82						

	L (m)	J (m/m)	TOTAL
STD 6"	3.00	0.0387	0.12
STD 16"	14.79	0.0081	0.12
SDR 7.3	1146.16	0.0169	19.41
SDR 9	283.00	0.0109	3.07
SDR 11	165.00	0.0074	1.22
SDR 17	324.10	0.0057	1.83
Perd. Prim.			25.77
Per. Tot ales			28.07
Per. Sec.			2.30
Perd. Sec/Per. Prim			0.09

	Static and Surge Pressure Ratings @ 23 °C				
	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7.3	STD WT
Working Pressure Rating (WPR) [psi]	100	160	200	255	285
WPR & Recurring Dynamic Surge [psi]	150	240	300	397.5	
WPR & Occasional Dynamic Surge [psi]	200	320	400	530	379.05

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

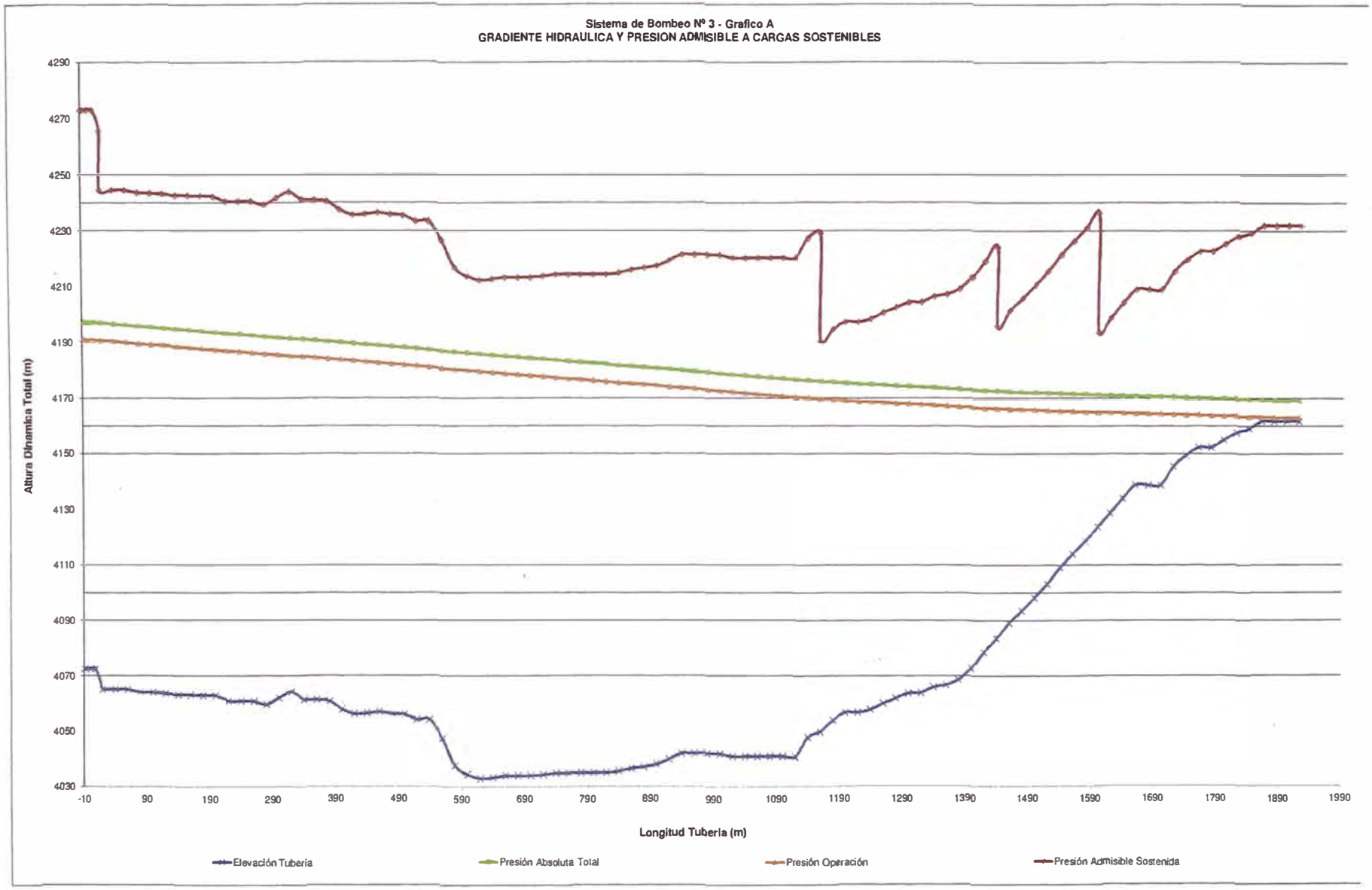
ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Estación por longuitud	Elevación	Espesor Tuberia	Dist. Total Acumulada	D	Rug. Abs.	V	N° Re	Factor Fricción	V2/2g	Perdidas Friccion Acumulada	Presion Operación	Presion Absoluta	Presion Transiente Maximo	Presion Transiente Minimo	Presion Admisible-Cargas Sostenidas	Presion Admisible-Cargas Ocasionales
	msnm		m	(in)	m	(m/s)			m	m	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm
-9.00	4072.612	STD WT	0.00	6.065	4.57E-05	2.38	2.81E+05	0.01715	0.29	0.00	4191.119	4197.35	4304.44	4018.92	4273.0	4339.1
-6.00	4072.612	STD WT	3.00	6.065	4.57E-05	2.38	2.81E+05	0.01715	0.29	0.13	4190.992	4197.22	4304.44	4018.92	4273.0	4339.1
-6.00	4072.612	STD WT	3.00	15.250	4.57E-05	1.89	5.58E+05	0.01450	0.18	0.13	4190.992	4197.22	4334.23	3989.13	4273.0	4339.1
0.00	4072.612	STD WT	9.00	15.250	4.57E-05	1.89	5.58E+05	0.01450	0.18	0.18	4190.939	4197.17	4334.23	3989.13	4273.0	4339.1
8.79	4072.612	STD WT	17.79	15.250	4.57E-05	1.89	5.58E+05	0.01450	0.18	0.26	4190.861	4197.09	4334.23	3989.13	4273.0	4339.1
20.00	4065.120	STD WT	31.27	15.250	4.57E-05	1.89	5.58E+05	0.01450	0.18	0.38	4190.741	4196.97	4334.23	3989.13	4265.5	4331.6
20.00	4065.120	SDR 7	31.27	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	0.38	4190.741	4196.97	4271.02	4052.34	4244.4	4437.7
40.00	4065.120	SDR 7	51.27	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	0.75	4190.373	4196.81	4271.02	4052.34	4244.4	4437.7
60.00	4065.120	SDR 7	71.27	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	1.12	4190.004	4196.24	4271.02	4052.34	4244.4	4437.7
80.00	4064.190	SDR 7	91.29	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	1.48	4189.634	4195.87	4271.02	4052.34	4243.5	4436.8
100.00	4064.080	SDR 7	111.29	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	1.85	4189.265	4195.50	4271.02	4052.34	4243.4	4436.7
120.00	4063.730	SDR 7	131.30	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	2.22	4188.896	4195.13	4271.02	4052.34	4243.0	4436.4
140.00	4063.280	SDR 7	151.30	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	2.59	4188.527	4194.76	4271.02	4052.34	4242.6	4435.9
160.00	4063.270	SDR 7	171.30	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	2.96	4188.158	4194.39	4271.02	4052.34	4242.6	4435.9
180.00	4063.070	SDR 7	191.30	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	3.33	4187.789	4194.02	4271.02	4052.34	4242.4	4435.7
200.00	4063.000	SDR 7	211.30	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	3.70	4187.420	4193.65	4271.02	4052.34	4242.3	4435.6
220.00	4061.290	SDR 7	231.38	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	4.07	4187.050	4193.29	4271.02	4052.34	4240.5	4433.9
240.00	4061.290	SDR 7	251.38	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	4.44	4186.681	4192.92	4271.02	4052.34	4240.5	4433.9
260.00	4061.230	SDR 7	271.38	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	4.81	4186.312	4192.55	4271.02	4052.34	4240.5	4433.9
280.00	4060.000	SDR 7	291.42	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	5.18	4185.943	4192.18	4271.02	4052.34	4239.3	4432.6
300.00	4062.370	SDR 7	311.56	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	5.55	4185.571	4191.81	4271.02	4052.34	4241.7	4435.0
320.00	4064.550	SDR 7	331.68	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	5.92	4185.200	4191.43	4271.02	4052.34	4243.8	4437.2
340.00	4061.760	SDR 7	351.87	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	6.29	4184.827	4191.06	4271.02	4052.34	4241.0	4434.4
360.00	4061.520	SDR 7	371.87	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	6.66	4184.459	4190.69	4271.02	4052.34	4240.8	4434.1
380.00	4061.100	SDR 7	391.88	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	7.03	4184.090	4190.33	4271.02	4052.34	4240.4	4433.7
400.00	4058.040	SDR 7	412.11	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	7.40	4183.716	4189.95	4271.02	4052.34	4237.3	4430.7
420.00	4056.270	SDR 7	432.19	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	7.77	4183.346	4189.59	4271.02	4052.34	4235.6	4428.9
440.00	4056.470	SDR 7	452.19	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	8.14	4182.977	4189.22	4271.02	4052.34	4235.8	4429.1
460.00	4057.000	SDR 7	472.20	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	8.51	4182.606	4188.85	4271.02	4052.34	4236.3	4429.6
480.00	4056.930	SDR 7	492.21	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	8.88	4182.239	4188.48	4271.02	4052.34	4235.6	4429.0
500.00	4056.000	SDR 7	512.21	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	9.25	4181.870	4188.11	4271.02	4052.34	4235.3	4426.6
520.00	4054.000	SDR 7	532.31	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	9.62	4181.499	4187.74	4271.02	4052.34	4233.3	4426.6
540.00	4054.000	SDR 7	552.31	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	9.99	4181.130	4187.37	4271.02	4052.34	4233.3	4426.6
560.00	4047.460	SDR 7	573.35	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	10.38	4180.742	4186.99	4271.02	4052.34	4226.7	4420.1
580.00	4037.840	SDR 7	595.55	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	10.79	4180.333	4186.59	4271.02	4052.34	4217.1	4410.5
600.00	4034.630	SDR 7	615.80	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	11.16	4179.959	4186.22	4271.02	4052.34	4213.9	4407.3
620.00	4033.000	SDR 7	635.87	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	11.53	4179.589	4185.85	4271.02	4052.34	4212.3	4405.6
640.00	4033.380	SDR 7	855.87	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	11.90	4179.220	4185.48	4271.02	4052.34	4212.7	4406.0
660.00	4034.010	SDR 7	675.88	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	12.27	4178.851	4185.11	4271.02	4052.34	4213.3	4406.6
680.00	4034.010	SDR 7	695.88	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	12.64	4178.482	4184.74	4271.02	4052.34	4213.3	4406.6
700.00	4034.010	SDR 7	715.88	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	13.01	4178.113	4184.37	4271.02	4052.34	4213.3	4406.6
720.00	4034.450	SDR 7	735.89	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	13.38	4177.744	4184.00	4271.02	4052.34	4213.7	4407.1
740.00	4035.000	SDR 7	755.89	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	13.74	4177.375	4183.63	4271.02	4052.34	4214.3	4407.6
760.00	4035.000	SDR 7	775.89	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	14.11	4177.006	4183.26	4271.02	4052.34	4214.3	4407.6
780.00	4035.000	SDR 7	795.89	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	14.48	4176.637	4182.89	4271.02	4052.34	4214.3	4407.6
800.00	4035.000	SDR 7	815.89	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	14.85	4176.268	4182.53	4271.02	4052.34	4214.3	4407.6
820.00	4035.000	SDR 7	835.89	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	15.22	4175.899	4182.16	4271.02	4052.34	4214.3	4407.6
840.00	4035.560	SDR 7	655.90	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.36	15.59	4175.530	4181.79	4271.02	4052.34	4214.8	4408.2
860.00	4036.690	SDR 7	875.93	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	15.96	4175.160	4181.42	4271.02	4052.34	4216.0	4409.3
880.00	4037.330	SDR 7	895.94	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	16.33	4174.791	4181.05	4271.02	4052.34	4216.6	4410.0
900.00	4038.170	SDR 7	915.96	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	16.70	4174.422	4180.68	4271.02	4052.34	4217.5	4410.8
920.00	4040.000	SDR 7	936.05	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	17.07	4174.051	4180.30	4271.02	4052.34	4219.3	4412.6
940.00	4042.000	SDR 7	956.15	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	17.44	4173.681	4179.93	4271.02	4052.34	4221.3	4414.6
960.00	4042.000	SDR 7	976.15	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	17.81	4173.312	4179.56	4271.02	4052.34	4221.3	4414.6
980.00	4042.000	SDR 7	996.15	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	18.18	4172.943	4179.19	4271.02	4052.34	4221.3	4414.6
1000.00	4042.000	SDR 7	1016.15	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	18.54	4172.574	4178.83	4271.02	4052.34	4221.3	4414.6

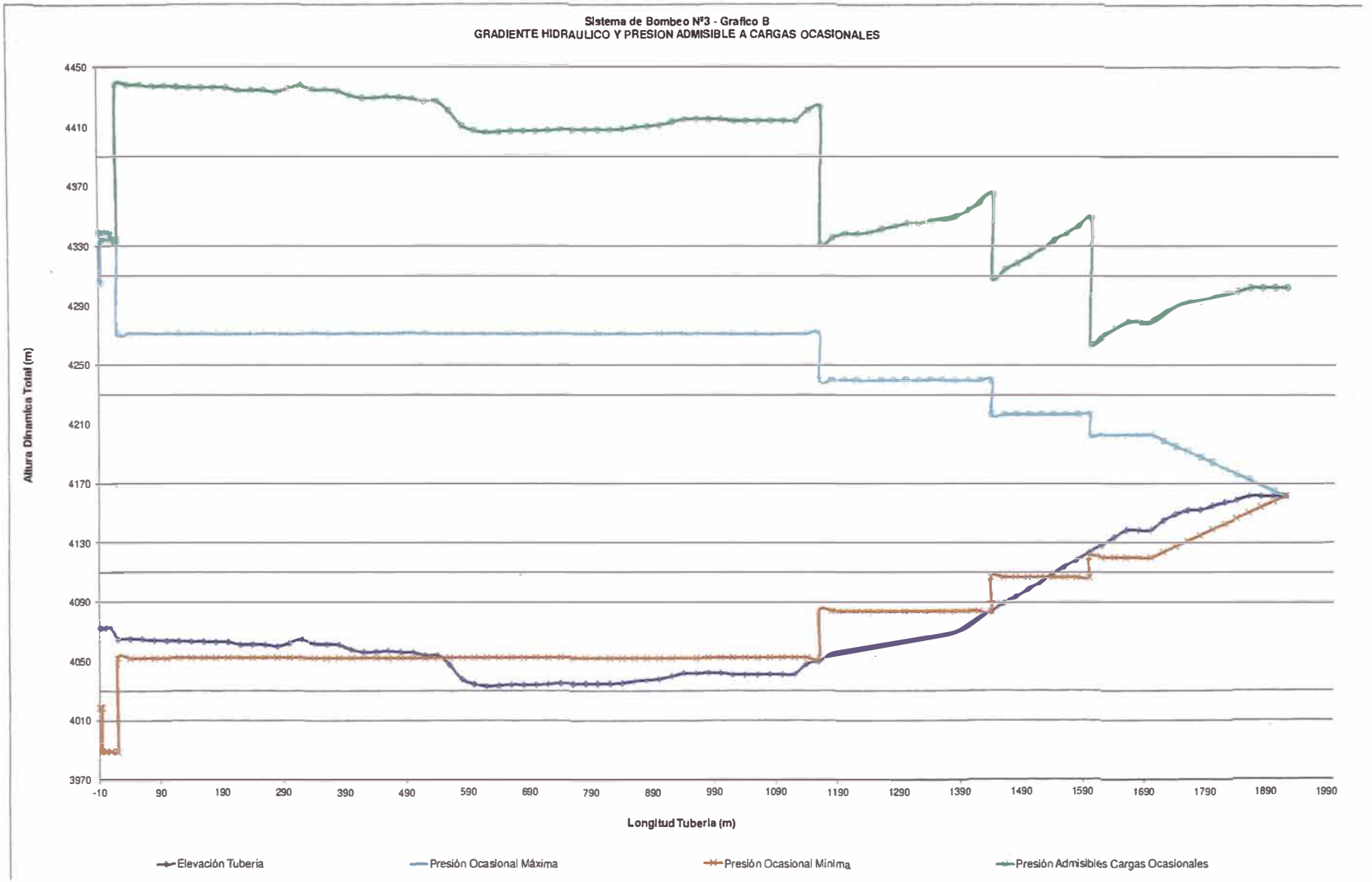
ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

1020.00	4041.000	SDR 7	1036.17	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	18.91	4172.204	4178.46	4271.02	4052.34	4220.3	4413.8
1040.00	4041.000	SDR 7	1056.17	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	19.28	4171.836	4178.09	4271.02	4052.34	4220.3	4413.6
1060.00	4041.000	SDR 7	1076.17	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	19.65	4171.487	4177.72	4271.02	4052.34	4220.3	4413.8
1080.00	4041.000	SDR 7	1096.17	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	20.02	4171.098	4177.35	4271.02	4052.34	4220.3	4413.8
1100.00	4041.000	SDR 7	1116.17	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	20.39	4170.729	4176.98	4271.02	4052.34	4220.3	4413.6
1120.00	4041.000	SDR 7	1136.17	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	20.76	4170.380	4176.61	4271.02	4052.34	4220.3	4413.8
1140.00	4047.920	SDR 7	1157.33	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	21.15	4169.969	4178.22	4271.02	4052.34	4227.2	4420.5
1160.00	4049.920	SDR 7	1177.43	12.652	2.14E-05	2.74	6.73E+05	0.01355	0.38	21.52	4169.599	4175.84	4271.02	4052.34	4229.2	4422.5
1160.00	4049.920	SDR 9	1177.43	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	21.52	4169.599	4175.84	4239.59	4083.77	4190.5	4331.1
1180.00	4054.240	SDR 9	1197.89	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	21.78	4169.357	4175.60	4239.59	4083.77	4194.9	4335.5
1200.00	4056.880	SDR 9	1218.07	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	22.00	4169.118	4175.36	4239.59	4083.77	4197.5	4338.1
1220.00	4056.880	SDR 9	1238.07	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	22.24	4168.881	4175.12	4239.59	4083.77	4197.5	4338.1
1240.00	4058.000	SDR 9	1258.10	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	22.47	4168.644	4174.88	4239.59	4083.77	4198.8	4339.2
1260.00	4060.210	SDR 9	1278.22	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	22.71	4168.406	4174.64	4239.59	4083.77	4200.8	4341.4
1280.00	4062.000	SDR 9	1298.30	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	22.95	4168.188	4174.40	4239.59	4083.77	4202.6	4343.2
1300.00	4063.830	SDR 9	1318.38	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	23.19	4187.931	4174.18	4239.59	4083.77	4204.4	4345.1
1320.00	4064.000	SDR 9	1338.39	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	23.42	4187.694	4173.93	4239.59	4083.77	4204.8	4345.2
1340.00	4065.000	SDR 9	1358.48	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	23.66	4187.456	4173.69	4239.59	4083.77	4206.8	4347.2
1360.00	4066.830	SDR 9	1378.50	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	23.90	4187.219	4173.45	4239.59	4083.77	4207.4	4348.1
1380.00	4068.710	SDR 9	1398.59	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	24.14	4166.982	4173.21	4239.59	4083.77	4209.3	4349.9
1400.00	4072.850	SDR 9	1419.01	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	24.38	4166.740	4172.97	4239.59	4083.77	4213.5	4354.1
1420.00	4078.540	SDR 9	1439.81	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	24.62	4166.494	4172.72	4239.59	4083.77	4219.2	4359.8
1440.00	4083.570	SDR 9	1460.43	13.840	2.14E-05	2.29	6.15E+05	0.01361	0.27	24.87	4166.250	4172.47	4239.59	4083.77	4224.2	4364.8
1440.00	4083.570	SDR 11	1460.43	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	24.87	4166.250	4172.47	4216.78	4106.60	4198.1	4308.6
1460.00	4089.150	SDR 11	1461.19	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	25.04	4166.083	4172.30	4218.76	4106.60	4201.6	4314.1
1480.00	4099.530	SDR 11	1501.67	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	25.20	4165.919	4172.13	4216.76	4106.60	4206.0	4316.5
1500.00	4098.270	SDR 11	1522.22	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	25.36	4165.754	4171.96	4218.76	4106.60	4210.8	4323.3
1520.00	4103.180	SDR 11	1542.82	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	25.53	4165.589	4171.79	4216.76	4106.60	4215.7	4328.2
1540.00	4109.000	SDR 11	1563.65	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	25.70	4165.422	4171.62	4218.76	4106.60	4221.5	4334.0
1560.00	4113.880	SDR 11	1584.23	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	25.86	4165.257	4171.45	4216.76	4106.60	4226.4	4336.9
1580.00	4116.500	SDR 11	1604.76	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	26.03	4165.092	4171.28	4216.76	4106.60	4231.0	4343.5
1600.00	4123.710	SDR 11	1625.43	14.974	2.14E-05	1.96	5.69E+05	0.01368	0.20	26.19	4164.926	4171.11	4216.76	4106.80	4236.2	4348.7
1600.00	4123.710	SDR 17	1625.43	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.18	26.19	4164.926	4171.11	4203.03	4120.33	4194.0	4264.3
1620.00	4128.680	SDR 17	1646.04	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	26.32	4164.799	4170.98	4203.03	4120.33	4199.0	4269.3
1640.00	4134.050	SDR 17	1666.74	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	26.45	4164.671	4170.85	4203.03	4120.33	4204.4	4274.7
1660.00	4138.800	SDR 17	1687.30	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	26.57	4164.545	4170.72	4203.03	4120.33	4209.1	4279.4
1680.00	4138.800	SDR 17	1707.30	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	26.70	4164.421	4170.59	4203.03	4120.33	4209.1	4279.4
1700.00	4138.800	SDR 17	1727.30	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	26.62	4164.298	4170.47	4203.03	4120.33	4209.1	4279.4
1720.00	4145.320	SDR 17	1748.34	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	26.95	4164.166	4170.34	4199.273	4124.087	4215.6	4285.9
1740.00	4149.460	SDR 17	1768.76	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	27.08	4164.042	4170.21	4195.513	4127.847	4219.8	4290.1
1760.00	4152.330	SDR 17	1788.96	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	27.20	4163.918	4170.08	4191.754	4131.606	4222.6	4292.9
1780.00	4152.410	SDR 17	1808.96	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	27.32	4163.795	4169.96	4187.995	4135.365	4222.7	4293.0
1800.00	4155.000	SDR 17	1829.13	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	27.45	4163.670	4169.83	4184.236	4139.124	4225.3	4295.6
1820.00	4157.500	SDR 17	1849.29	15.797	2.14E-05	1.76	5.39E+05	0.01374	0.16	27.57	4163.546	4169.70	4180.476	4142.684	4227.8	4298.1
1840.00	4158.990	SDR 17	1869.34	15.797	2.14E-05	1.76	5.39E+05	0.01374	0.16	27.70	4163.422	4169.58	4176.717	4146.643	4229.3	4299.6
1860.00	4161.680	SDR 17	1889.52	15.797	2.14E-05	1.76	5.39E+05	0.01374	0.16	27.82	4163.298	4169.45	4172.958	4150.402	4232.0	4302.3
1880.00	4161.680	SDR 17	1909.52	15.797	2.14E-05	1.76	5.39E+05	0.01374	0.16	27.94	4163.175	4169.33	4169.199	4154.161	4232.0	4302.3
1900.00	4161.680	SDR 17	1929.52	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	28.07	4163.051	4169.21	4165.439	4157.921	4232.0	4302.3
1920.00	4161.680	SDR 17	1949.52	15.797	2.14E-05	1.78	5.39E+05	0.01374	0.16	28.19	4162.928	4169.08	4161.68	4161.68	4232.0	4302.3

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Calculo de la sobrepresión por el metodo del acontecimiento rapido

Tramos		1er Tramo	2do Tramo	3er Tramo	4to Tramo	5to Tramo	6to Tramo	
p (kg/m3)	Peso especifico fluido	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
g (m/s2)	Gravedad	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	
k (kg/m2)	Modulo de compresión del agua	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	
E (kg/m2)	Modulo de elasticidad del material de la tubería	2.039E+10	2.039E+10	8.000E+07	8.000E+07	8.000E+07	8.000E+07	
Di (pulg)	Diameter int.	7.98	12.00	11.25	12.30	12.97	14.04	
Di (m)	Diameter int.	0.20	0.30	0.29	0.31	0.33	0.36	
Schedule o SDR		STD WT	STD WT	SDR 7	SDR 9	SDR 11	SDR 17	
e (m)	Espesor	0.008	0.010	0.060	0.047	0.038	0.025	
a (m/s)	Velocidad onda	1271.31	1236.81	391.58	333.84	295.90	230.74	
v (m/s)	Velocidad del Fluido	2.48	1.90	2.17	1.81	1.63	1.39	
L (m)	Longitud Tubería	2.66	17.00	1106.86	281.43	165.16	345.47	
2L/a (seg)	Tiempo Crítico	0.00	0.03	5.65	1.69	1.12	2.99	
h (mca)	Sobrepresión	321.89	239.79	86.53	61.64	49.12	32.69	
h (psi)	Sobrepresión	457.73	340.98	123.04	87.65	69.85	46.49	
Tc (seg)	Tiempo de Cierre de la Válvula Check	2.00						Tiempo conservador
Lc (m)	Longitud Crítica	230.74						

	L (m)	J (m/m)	TOTAL
STD 6"	2.66	0.0418	0.11
STD 12"	17.00	0.0111	0.19
SDR 7.3	1106.86	0.0126	13.90
SDR 9	281.43	0.0081	2.27
SDR 11	165.16	0.0062	1.03
SDR 17	345.47	0.0042	1.45

Perd. Prim.	18.95
Per. Totales	20.65
Per. Sec.	1.70
Perd. Sec/Per. Prim	0.09

	Static and Surge Pressure Ratings @ 23 °C				
	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7.3	STD WT
Working Pressure Rating (WPR) [psi]	100	160	200	255	285
WPR & Recurring Dynamic Surge [psi]	150	240	300	397.5	
WPR & Occasional Dynamic Surge [psi]	200	320	400	530	379.05

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

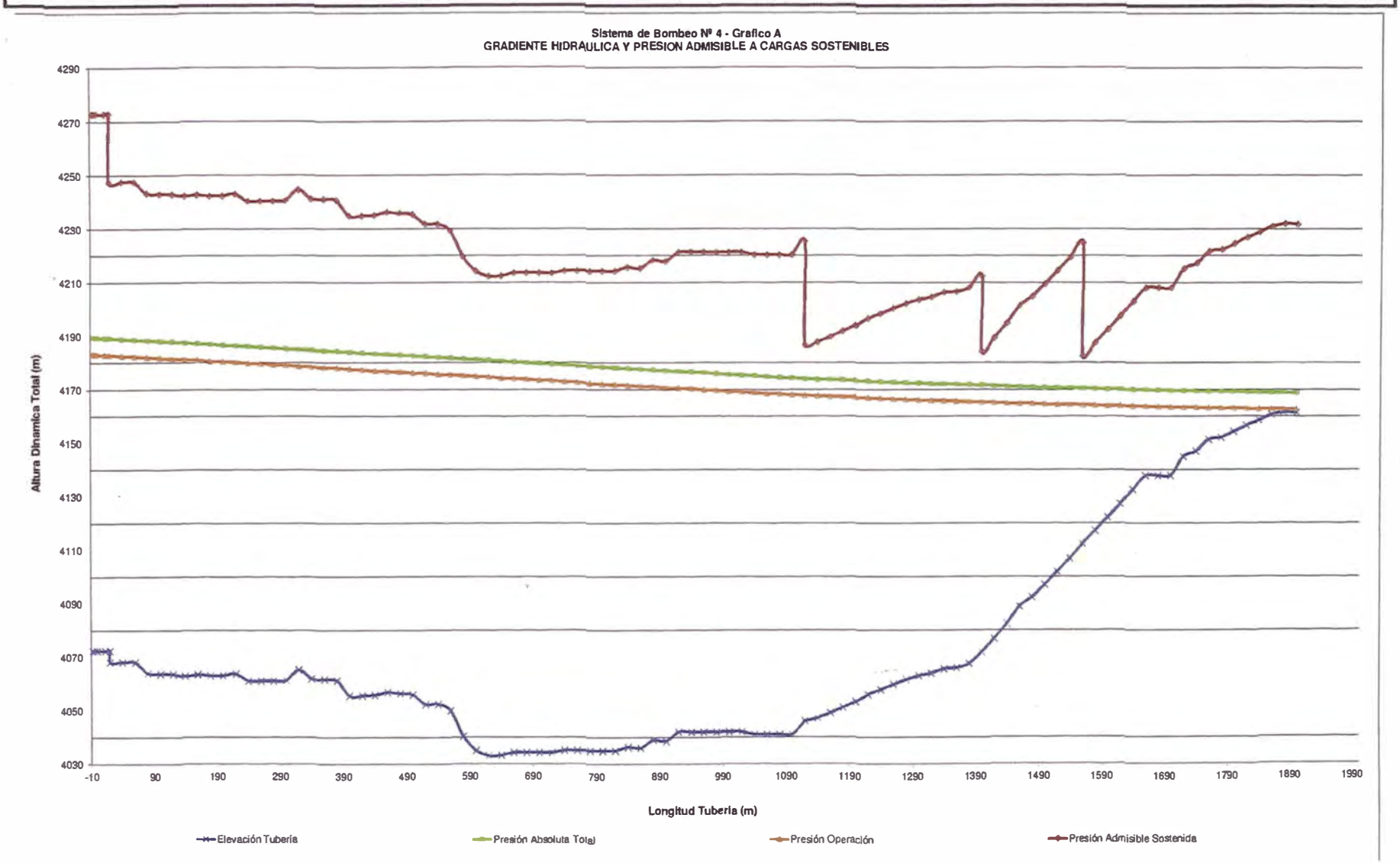
ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Estación por longitud	Elevación	Espesor Tubería	Dist. Total Acumulada	D	Rug. Abs.	V	N° Re	Factor Fricción	V2/2g	Perdidas Fricción Acumulada	Presion Operación	Presion Absoluta	Presion Transiente Maximo	Presion Transiente Minimo	Presion Admisible-Cargas Sostenidas	Presion Admisible-Cargas Ocasionales
	msnm		m	(In)	m	(m/s)			m	m	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm
-6.66	4072.437	STD WT	0.00	6.065	4.57E-05	2.48	2.93E+05	0.01708	0.31	0.00	4183.312	4189.539	4322.566	4000.674	4272.812	4338.936
-4.00	4072.437	STD WT	2.66	6.065	4.57E-05	2.48	2.93E+05	0.01708	0.31	0.12	4183.190	4189.417	4322.566	4000.674	4272.812	4338.936
-4.00	4072.437	STD WT	2.66	12.000	4.57E-05	1.90	4.44E+05	0.01520	0.18	0.12	4183.190	4189.417	4281.515	4041.725	4272.812	4338.936
0.00	4072.437	STD WT	6.66	12.000	4.57E-05	1.90	4.44E+05	0.01520	0.18	0.17	4183.142	4189.369	4281.515	4041.725	4272.812	4338.936
13.00	4072.437	STD WT	19.66	12.000	4.57E-05	1.90	4.44E+05	0.01520	0.18	0.33	4182.986	4189.212	4281.515	4041.725	4272.812	4338.936
20.00	4072.437	STD WT	27.83	12.000	4.57E-05	1.90	4.44E+05	0.01520	0.18	0.42	4182.887	4189.118	4281.515	4041.725	4272.812	4338.936
20.00	4068.230	SDR 7	27.83	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	0.42	4182.887	4189.118	4248.146	4075.094	4247.513	4440.858
40.00	4068.230	SDR 7	47.83	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	0.70	4182.814	4188.844	4248.146	4075.094	4247.513	4440.858
60.00	4068.230	SDR 7	67.83	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	0.97	4182.340	4188.570	4248.146	4075.094	4247.513	4440.858
80.00	4064.070	SDR 7	88.25	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	1.25	4182.060	4188.294	4248.146	4075.094	4243.353	4436.698
100.00	4063.700	SDR 7	108.26	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	1.53	4181.787	4188.021	4248.146	4075.094	4242.983	4436.328
120.00	4063.700	SDR 7	128.26	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	1.80	4181.513	4187.747	4248.146	4075.094	4242.983	4436.328
140.00	4062.990	SDR 7	148.27	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	2.07	4181.239	4187.474	4248.146	4075.094	4242.273	4435.618
160.00	4063.400	SDR 7	168.28	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	2.35	4180.965	4187.200	4248.146	4075.094	4242.683	4436.028
180.00	4063.000	SDR 7	188.28	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	2.62	4180.692	4188.926	4248.146	4075.094	4242.283	4435.628
200.00	4063.000	SDR 7	208.28	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	2.89	4180.418	4186.652	4248.146	4075.094	4242.283	4435.628
220.00	4063.690	SDR 7	228.29	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	3.17	4180.144	4186.378	4248.146	4075.094	4242.973	4438.318
240.00	4061.010	SDR 7	248.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	3.44	4179.868	4186.104	4248.146	4075.094	4240.293	4433.638
260.00	4061.010	SDR 7	268.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	3.72	4179.594	4185.830	4248.146	4075.094	4240.293	4433.638
280.00	4061.010	SDR 7	288.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	3.99	4179.321	4185.557	4248.146	4075.094	4240.293	4433.638
300.00	4061.220	SDR 7	308.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	4.26	4179.047	4185.283	4248.146	4075.094	4240.503	4433.848
320.00	4065.170	SDR 7	328.86	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	4.54	4178.768	4185.001	4248.146	4075.094	4244.453	4437.798
340.00	4061.950	SDR 7	349.11	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	4.82	4178.491	4184.726	4248.146	4075.094	4241.233	4434.578
360.00	4061.650	SDR 7	369.12	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	5.09	4178.217	4184.453	4248.146	4075.094	4240.933	4434.278
380.00	4061.280	SDR 7	389.12	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	5.37	4177.943	4184.179	4248.146	4075.094	4240.563	4433.908
400.00	4055.540	SDR 7	409.93	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01428	0.24	5.65	4177.659	4183.899	4248.146	4075.094	4234.823	4428.168
420.00	4055.540	SDR 7	429.93	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	5.93	4177.385	4183.626	4248.146	4075.094	4234.823	4428.168
440.00	4055.820	SDR 7	449.93	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	6.20	4177.111	4183.352	4248.146	4075.094	4235.103	4428.448
460.00	4056.900	SDR 7	469.96	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	8.47	4176.837	4183.077	4248.146	4075.094	4236.183	4429.528
480.00	4056.410	SDR 7	489.97	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	8.75	4176.563	4182.803	4248.146	4075.094	4235.693	4429.039
500.00	4056.000	SDR 7	509.97	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	7.02	4176.290	4182.530	4248.146	4075.094	4235.283	4428.628
520.00	4052.420	SDR 7	530.29	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	7.30	4176.012	4182.255	4248.146	4075.094	4231.703	4425.048
540.00	4052.420	SDR 7	550.29	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	7.57	4175.738	4181.981	4248.146	4075.094	4231.703	4425.048
560.00	4049.920	SDR 7	570.44	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	7.85	4175.462	4181.707	4248.146	4075.094	4229.203	4422.548
580.00	4040.350	SDR 7	592.61	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	8.15	4175.159	4181.412	4248.146	4075.094	4219.633	4412.978
600.00	4035.000	SDR 7	813.32	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	8.44	4174.875	4181.133	4248.146	4075.094	4214.283	4407.628
620.00	4033.000	SDR 7	833.42	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	8.71	4174.600	4180.859	4248.146	4075.094	4212.283	4405.628
640.00	4033.110	SDR 7	853.42	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	8.98	4174.327	4180.586	4248.146	4075.094	4212.393	4405.738
660.00	4034.190	SDR 7	873.45	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	9.26	4174.053	4180.311	4248.146	4075.094	4213.473	4406.818
680.00	4034.190	SDR 7	893.45	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	9.53	4173.779	4180.037	4248.146	4075.094	4213.473	4406.818
700.00	4034.190	SDR 7	713.45	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	9.81	4173.505	4179.763	4248.146	4075.094	4213.473	4406.818
720.00	4034.100	SDR 7	733.45	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	10.08	4173.232	4179.490	4248.146	4075.094	4213.383	4406.728
740.00	4035.000	SDR 7	753.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	10.35	4172.958	4179.215	4248.146	4075.094	4214.283	4407.628
760.00	4035.000	SDR 7	773.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	10.63	4172.684	4178.941	4248.146	4075.094	4214.283	4407.628
780.00	4035.000	SDR 7	793.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	10.90	4172.410	4178.668	4248.146	4075.094	4214.283	4407.628
800.00	4035.000	SDR 7	813.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	11.18	4172.137	4178.394	4248.146	4075.094	4214.283	4407.628
820.00	4035.000	SDR 7	833.47	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	11.45	4171.863	4178.120	4248.146	4075.094	4214.283	4407.628
840.00	4036.420	SDR 7	853.52	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	11.72	4171.589	4177.845	4248.146	4075.094	4215.703	4409.048
860.00	4036.000	SDR 7	873.52	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	12.00	4171.315	4177.571	4248.146	4075.094	4215.283	4408.628
880.00	4039.000	SDR 7	893.75	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	12.27	4171.038	4177.292	4248.146	4075.094	4218.283	4411.628
900.00	4038.570	SDR 7	913.75	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	12.55	4170.764	4177.019	4248.146	4075.094	4217.853	4411.198
920.00	4042.000	SDR 7	934.04	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	12.83	4170.487	4176.738	4248.146	4075.094	4221.283	4414.628
940.00	4042.000	SDR 7	954.04	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	13.10	4170.213	4176.465	4248.146	4075.094	4221.283	4414.628
960.00	4042.000	SDR 7	974.04	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	13.37	4169.939	4176.191	4248.146	4075.094	4221.283	4414.628

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

980.00	4042.000	SDR 7	994.04	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	13.65	4169.686	4175.917	4248.148	4075.094	4221.263	4414.628
1000.00	4042.000	SDR 7	1014.04	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	13.92	4169.392	4175.644	4248.148	4075.094	4221.263	4414.628
1020.00	4042.000	SDR 7	1034.04	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	14.19	4169.118	4175.370	4248.148	4075.094	4221.263	4414.628
1040.00	4041.000	SDR 7	1054.07	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	14.47	4168.844	4175.097	4248.148	4075.094	4220.263	4413.628
1060.00	4041.000	SDR 7	1074.07	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	14.74	4168.571	4174.823	4248.148	4075.094	4220.263	4413.628
1080.00	4041.000	SDR 7	1094.07	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	15.01	4168.297	4174.549	4248.148	4075.094	4220.263	4413.628
1100.00	4041.000	SDR 7	1114.07	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	15.29	4168.023	4174.276	4248.148	4075.094	4220.263	4413.628
1120.00	4046.000	SDR 7	1134.68	11.245	2.14E-05	2.17	4.73E+05	0.01426	0.24	15.57	4167.741	4173.989	4248.148	4075.094	4225.263	4418.628
1120.00	4046.000	SDR 9	1134.68	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	15.57	4167.741	4173.989	4223.256	4099.984	4186.614	4327.229
1140.00	4047.150	SDR 9	1154.72	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	15.75	4167.585	4173.812	4223.256	4099.984	4187.764	4328.379
1160.00	4049.000	SDR 9	1174.80	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	15.92	4167.389	4173.634	4223.256	4099.984	4189.614	4330.229
1180.00	4051.080	SDR 9	1194.91	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	16.10	4167.212	4173.456	4223.256	4099.984	4191.694	4332.309
1200.00	4053.260	SDR 9	1215.03	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	16.28	4167.035	4173.277	4223.256	4099.984	4193.874	4334.489
1220.00	4056.000	SDR 9	1235.21	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	16.45	4166.858	4173.098	4223.256	4099.984	4196.614	4337.229
1240.00	4057.870	SDR 9	1255.30	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	16.63	4166.681	4172.920	4223.256	4099.984	4198.484	4339.099
1260.00	4059.750	SDR 9	1275.39	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	16.81	4166.505	4172.742	4223.256	4099.984	4200.364	4340.979
1280.00	4061.540	SDR 9	1295.47	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	16.98	4166.328	4172.564	4223.256	4099.984	4202.154	4342.769
1300.00	4063.000	SDR 9	1315.52	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	17.16	4166.152	4172.386	4223.256	4099.984	4203.614	4344.229
1320.00	4064.000	SDR 9	1335.55	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	17.34	4165.976	4172.210	4223.256	4099.984	4204.614	4345.229
1340.00	4065.820	SDR 9	1355.61	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	17.51	4165.799	4172.032	4223.256	4099.984	4206.234	4346.849
1360.00	4066.000	SDR 9	1375.82	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	17.69	4165.624	4171.858	4223.256	4099.984	4206.814	4347.229
1380.00	4067.580	SDR 9	1395.68	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	17.88	4165.447	4171.678	4223.256	4099.984	4208.194	4348.609
1400.00	4071.760	SDR 9	1416.11	12.302	2.14E-05	1.81	4.33E+05	0.01435	0.17	18.04	4165.268	4171.495	4223.256	4099.984	4212.374	4352.989
1400.00	4071.760	SDR 11	1416.11	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	18.04	4165.288	4171.495	4210.738	4112.502	4184.251	4296.743
1420.00	4076.900	SDR 11	1436.76	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	18.18	4165.126	4171.351	4210.738	4112.502	4169.391	4301.883
1440.00	4082.390	SDR 11	1457.49	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	18.32	4164.988	4171.207	4210.738	4112.502	4194.821	4307.313
1460.00	4088.850	SDR 11	1478.52	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	18.47	4164.846	4171.059	4210.738	4112.502	4201.341	4313.633
1480.00	4092.300	SDR 11	1498.82	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	18.60	4164.708	4170.919	4210.738	4112.502	4204.791	4317.283
1500.00	4096.960	SDR 11	1519.35	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	18.74	4164.569	4170.776	4210.738	4112.502	4209.451	4321.943
1520.00	4101.860	SDR 11	1539.94	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	18.88	4164.430	4170.633	4210.738	4112.502	4214.351	4326.843
1540.00	4106.860	SDR 11	1560.56	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	19.02	4164.290	4170.489	4210.738	4112.502	4219.351	4331.843
1560.00	4112.230	SDR 11	1581.27	12.974	2.14E-05	1.63	4.10E+05	0.01442	0.14	19.18	4164.150	4170.345	4210.738	4112.502	4224.721	4337.213
1560.00	4112.230	SDR 17	1581.27	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.16	4164.150	4170.345	4194.313	4128.927	4182.537	4252.844
1580.00	4117.200	SDR 17	1601.88	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.26	4164.056	4170.246	4194.313	4128.927	4187.507	4257.814
1600.00	4122.120	SDR 17	1622.47	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.35	4163.961	4170.148	4194.313	4128.927	4192.427	4262.734
1620.00	4127.270	SDR 17	1643.12	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.45	4163.867	4170.049	4194.313	4128.927	4197.577	4267.884
1640.00	4132.810	SDR 17	1663.83	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.54	4163.772	4169.950	4194.313	4128.927	4202.917	4273.224
1660.00	4137.710	SDR 17	1684.47	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.63	4163.677	4169.851	4194.313	4128.927	4208.017	4278.324
1680.00	4137.870	SDR 17	1704.47	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.73	4163.585	4169.759	4194.313	4126.927	4208.177	4278.484
1700.00	4137.870	SDR 17	1724.47	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.82	4163.494	4169.667	4191.319	4131.877	4208.177	4278.484
1720.00	4144.880	SDR 17	1745.66	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	19.92	4163.396	4169.565	4188.325	4134.828	4215.187	4285.494
1740.00	4146.930	SDR 17	1765.76	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.01	4163.304	4169.471	4185.331	4137.776	4217.237	4287.544
1760.00	4151.340	SDR 17	1786.24	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.10	4163.210	4169.373	4182.337	4140.728	4221.647	4291.954
1780.00	4152.130	SDR 17	1806.26	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.19	4163.118	4169.281	4179.343	4143.678	4222.437	4292.744
1800.00	4154.210	SDR 17	1826.37	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.29	4163.026	4169.187	4176.350	4146.629	4224.517	4294.824
1820.00	4156.660	SDR 17	1846.52	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.38	4162.934	4169.092	4173.356	4149.579	4226.967	4297.274
1840.00	4158.560	SDR 17	1866.61	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.47	4162.841	4168.999	4170.362	4152.529	4228.867	4299.174
1860.00	4160.650	SDR 17	1886.72	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.56	4162.749	4168.905	4167.368	4155.479	4230.957	4301.264
1880.00	4161.620	SDR 17	1906.74	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.65	4162.657	4168.812	4164.374	4158.430	4231.927	4302.234
1900.00	4161.380	SDR 17	1926.74	14.043	2.14E-05	1.39	3.79E+05	0.01452	0.10	20.75	4162.566	4168.721	4161.380	4161.380	4231.687	4301.994

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

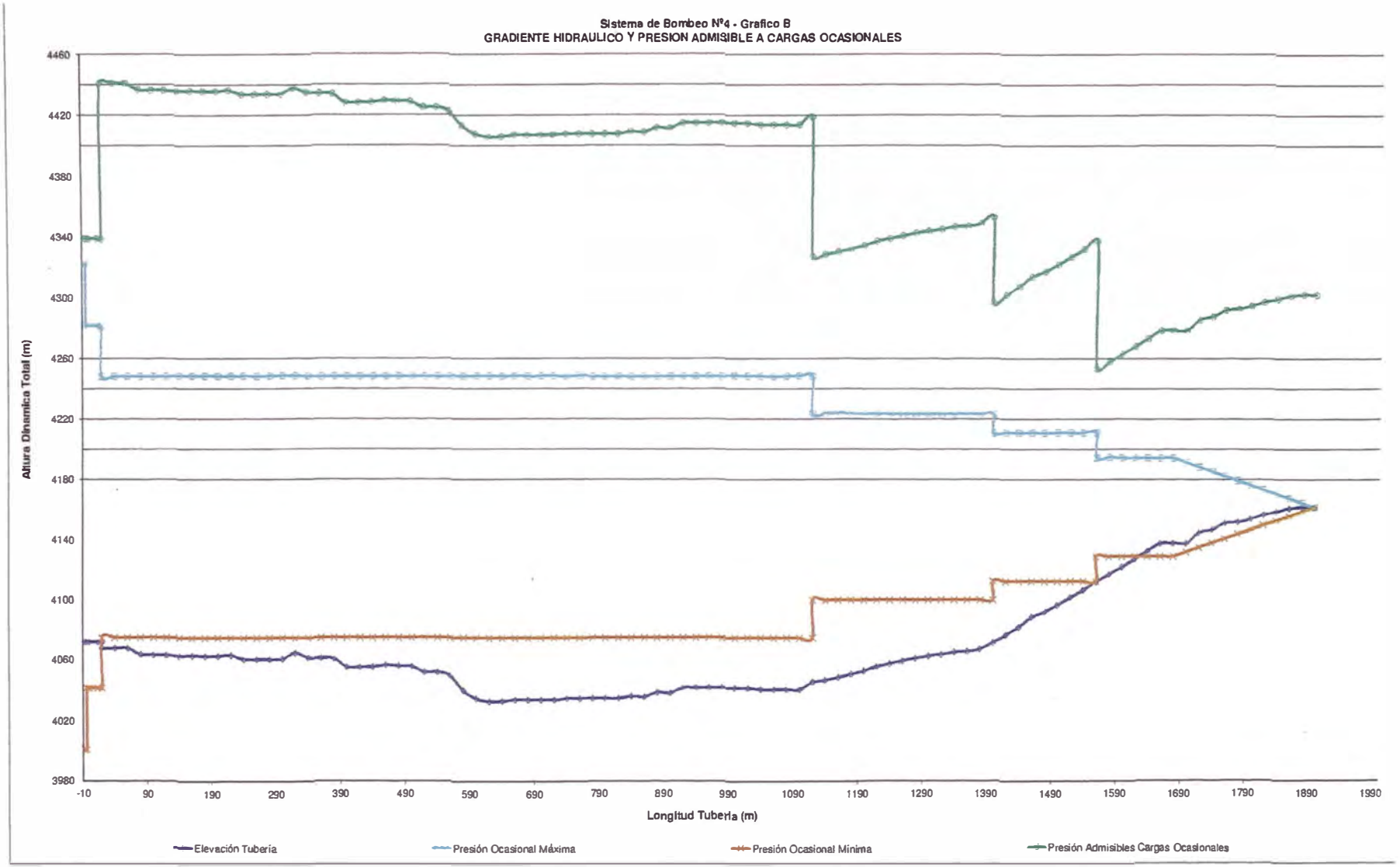


ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Estación por longitud	Elevación	Espesor Tuberia	Dist. Total Acumulada	D	Rug. Abs.	V	N° Re	Factor Fricción	V2/2g	Perdidas Friccion Acumulada	Presion Operación	Presion Absoluta	Presion Transiente Maximo	Presion Transiente Minimo	Presion Admisible-Cargas Sostenidas	Presion Admisible-Cargas Ocasionales
	msnm		m	(in)	m	(m/s)			m	m	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm
-14.23	3938.680	SHC 40S	0.00	6.065	1.50E-05	2.41	2.84E+05	0.01553	0.30	0.00	4111.861	4118.197	4403.272	3769.464	4360.523	4499.731
-11.23	3938.680	SHC 40S	3.00	6.065	1.50E-05	2.41	2.84E+05	0.01553	0.30	0.13	4111.735	4118.071	4403.272	3769.464	4360.523	4499.731
-11.23	3938.680	SHC 10S	3.00	15.624	1.50E-05	1.46	4.42E+05	0.01392	0.11	0.13	4111.735	4118.071	4241.852	3930.884	4360.523	4499.731
0.00	3938.680	SHC 10S	14.23	15.624	1.50E-05	1.46	4.42E+05	0.01392	0.11	0.19	4111.876	4118.012	4241.852	3930.884	4360.523	4499.731
0.00	3938.680	SDR 7.3	14.23	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	0.19	4111.676	4118.012	4191.759	3980.977	4117.963	4311.308
20.00	3938.970	SDR 7.3	34.23	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	0.62	4111.238	4117.574	4191.759	3980.977	4118.253	4311.598
40.00	3944.000	SDR 7.3	54.85	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	1.08	4110.786	4117.118	4191.759	3980.977	4123.283	4316.628
60.00	3948.570	SDR 7.3	75.37	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	1.52	4110.337	4116.665	4191.759	3980.977	4127.853	4321.198
80.00	3953.310	SDR 7.3	95.92	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	1.97	4109.887	4116.211	4191.759	3980.977	4132.593	4325.938
100.00	3961.950	SDR 7.3	117.71	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	2.45	4109.410	4115.727	4191.759	3980.977	4141.233	4334.578
120.00	3970.390	SDR 7.3	139.42	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	2.93	4108.934	4115.244	4191.759	3980.977	4149.673	4343.018
140.00	3980.250	SDR 7.3	161.72	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	3.42	4108.446	4114.748	4191.759	3980.977	4159.533	4352.878
160.00	3987.390	SDR 7.3	182.95	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	3.88	4107.981	4114.277	4191.759	3980.977	4168.673	4360.018
180.00	3993.040	SDR 7.3	203.74	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	4.34	4107.526	4113.817	4191.759	3980.977	4172.323	4365.668
200.00	3998.320	SDR 7.3	224.42	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	4.79	4107.073	4113.360	4191.759	3980.977	4177.603	4370.948
220.00	4001.860	SDR 7.3	244.73	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	5.23	4106.828	4112.912	4191.759	3980.977	4181.143	4374.488
240.00	4002.000	SDR 7.3	264.73	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	5.87	4106.190	4112.474	4191.759	3980.977	4181.283	4374.628
260.00	4005.960	SDR 7.3	285.12	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	8.12	4105.744	4112.025	4191.759	3980.977	4185.243	4378.588
280.00	4010.250	SDR 7.3	305.58	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	8.57	4105.296	4111.573	4191.759	3980.977	4189.533	4382.878
300.00	4011.370	SDR 7.3	325.61	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	7.00	4104.857	4111.134	4191.759	3980.977	4190.653	4383.998
320.00	4010.130	SDR 7.3	345.65	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	7.44	4104.418	4110.898	4191.759	3980.977	4189.413	4382.758
340.00	4004.740	SDR 7.3	366.36	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	7.90	4103.985	4110.247	4191.759	3980.977	4184.023	4377.368
360.00	3996.830	SDR 7.3	387.87	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	8.37	4103.494	4109.782	4191.759	3980.977	4178.113	4369.458
380.00	3988.970	SDR 7.3	409.36	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	8.84	4103.023	4109.318	4191.759	3980.977	4188.253	4361.598
400.00	3983.160	SDR 7.3	430.18	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	9.29	4102.567	4108.867	4191.759	3980.977	4162.443	4355.788
420.00	3979.880	SDR 7.3	450.45	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	9.74	4102.123	4108.426	4191.759	3980.977	4159.183	4352.508
440.00	3978.770	SDR 7.3	470.48	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	10.18	4101.884	4107.988	4191.759	3980.977	4158.053	4351.398
460.00	3978.330	SDR 7.3	490.49	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	10.61	4101.246	4107.550	4191.759	3980.977	4157.813	4350.958
480.00	3978.410	SDR 7.3	510.49	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	11.05	4100.808	4107.112	4191.759	3980.977	4157.693	4351.038
500.00	3979.500	SDR 7.3	530.52	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	11.49	4100.370	4106.673	4191.759	3980.977	4158.783	4352.128
520.00	3983.300	SDR 7.3	550.87	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	11.94	4099.924	4106.224	4191.759	3980.977	4162.583	4355.928
540.00	3987.460	SDR 7.3	571.31	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	12.38	4099.477	4105.773	4191.759	3980.977	4166.763	4360.108
560.00	3990.560	SDR 7.3	591.54	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	12.83	4099.033	4105.327	4191.759	3980.977	4169.843	4363.188
580.00	3992.760	SDR 7.3	611.66	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	13.27	4098.593	4104.885	4191.759	3980.977	4172.043	4365.388
600.00	3995.260	SDR 7.3	631.82	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	13.71	4098.151	4104.441	4191.759	3980.977	4174.543	4367.888
620.00	3997.510	SDR 7.3	651.94	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	14.15	4097.711	4103.999	4191.759	3980.977	4176.793	4370.138
640.00	3999.630	SDR 7.3	672.06	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	14.59	4097.270	4103.557	4191.759	3980.977	4178.913	4372.258
660.00	3999.630	SDR 7.3	692.06	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	15.03	4096.832	4103.119	4191.759	3980.977	4178.913	4372.258
660.00	4001.540	SDR 11	692.15	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	15.03	4096.830	4103.115	4150.002	4022.734	4114.031	4226.523
680.00	4004.370	SDR 11	712.35	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	15.30	4096.563	4102.845	4150.002	4022.734	4116.861	4229.353
700.00	4006.850	SDR 11	732.50	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	15.56	4096.298	4102.576	4150.002	4022.734	4119.341	4231.833
720.00	4010.330	SDR 11	752.80	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	15.83	4096.027	4102.305	4150.002	4022.734	4122.821	4235.313
740.00	4012.420	SDR 11	772.91	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	16.10	4095.781	4102.037	4150.002	4022.734	4124.911	4237.403
760.00	4014.520	SDR 11	793.02	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	16.37	4095.495	4101.769	4150.002	4022.734	4127.011	4239.503
780.00	4017.000	SDR 11	813.17	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	16.83	4095.228	4101.500	4150.002	4022.734	4129.491	4241.983
800.00	4020.790	SDR 11	833.53	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	16.90	4094.959	4101.228	4150.002	4022.734	4133.281	4245.773
820.00	4023.640	SDR 11	853.73	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	17.17	4094.691	4100.958	4150.002	4022.734	4136.131	4248.623
840.00	4027.000	SDR 11	874.01	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	17.44	4094.423	4100.687	4150.002	4022.734	4139.491	4251.983
860.00	4039.160	SDR 11	897.42	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	17.75	4094.113	4100.367	4150.002	4022.734	4151.651	4264.143
880.00	4039.340	SDR 11	917.42	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	18.01	4093.848	4100.102	4150.002	4022.734	4151.831	4264.323
900.00	4041.480	SDR 11	937.53	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	18.28	4093.582	4099.834	4150.002	4022.734	4153.971	4266.463
920.00	4043.880	SDR 11	957.67	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	18.55	4093.315	4099.565	4150.002	4022.734	4156.371	4268.863
940.00	4045.380	SDR 11	977.73	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	18.81	4093.050	4099.298	4150.002	4022.734	4157.871	4270.363
960.00	4047.960	SDR 11	997.90	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	19.08	4092.783	4099.029	4150.002	4022.734	4160.451	4272.943
980.00	4049.960	SDR 11	1018.00	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	19.34	4092.517	4098.762	4150.002	4022.734	4162.451	4274.943
1000.00	4051.650	SDR 11	1038.07	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	19.61	4092.251	4098.495	4150.002	4022.734	4164.141	4276.633
1020.00	4053.410	SDR 11	1058.14	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	19.88	4091.985	4098.227	4150.002	4022.734	4165.901	4278.393
1040.00	4056.150	SDR 11	1078.33	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	20.14	4091.718	4097.958	4150.002	4022.734	4168.641	4281.133
1060.00	4057.260	SDR 11	1098.36	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	20.41	4091.453	4097.692	4145.603	4027.133	4169.751	4282.243
1080.00	4058.180	SDR 11	1118.38	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	20.67	4091.188	4097.426	4141.204	4031.532	4170.671	4283.163
1100.00	4055.890	SDR 11	1138.51	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	20.94	4090.921	4097.161	4136.805	4035.931	4168.381	4280.873
1120.00	4058.390	SDR 11	1158.67	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	21.21	4090.654	4096.893	4132.405	4040.331	4170.881	4283.373
1140.00	4061.600	SDR 11	1178.93	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	21.48	4090.386	4096.622	4128.006	4044.730	4174.091	4286.583
1160.00	4063.090	SDR 11	1198.98	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	21.74	4090.121	4096.355	4123.607	4049.129	4175.581	4288.079
1180.00	4061.810	SDR 11	1219.02	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	22.01	4089.855	4096.091	4119.208	4053.526	4174.301	4286.793
1200.00	4060.050	SDR 11	1239.10	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	22.27	4089.589	4095.826	4114.809	4057.927	4172.541	4285.033
1220.00	4059.790	SDR 11	1259.10	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	22.54	4089.325	4095.562	4110.410	4062.326	4172.281	4284.773
1240.00	4064.140	SDR 11	1279.57	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	22.81	4089.054	4095.287	4106.010	4066.726	4176.631	4289.123
1260.00	4068.860	SDR 11	1300.12	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	23.08	4088.782	4095.011	4101.611	4071.125	4181.351	4293.843
1280.00	4073.390	SDR 11	1320.62	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	23.35	4088.510	4094.736	4097.212	4075.524	4185.881	4298.373
1300.00	4072.630	SDR 11	1340.64	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	23.62	4088.245	4094.472	4092.813	4079.923	4185.121	4297.613
1320.00	4076.750	SDR 11	1361.06	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	23.89	4087.975	4094.198	4088.414	4084.322	4189.241	4301.733
1329.30	4086.368	SDR 11	1374.44	12.975	2.14E-05	2.11	5.32E+05	0.01392	0.23	24.06	4087.798	4094.013	4086.368	4086.368	4198.859	4311.351

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO Nº4 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

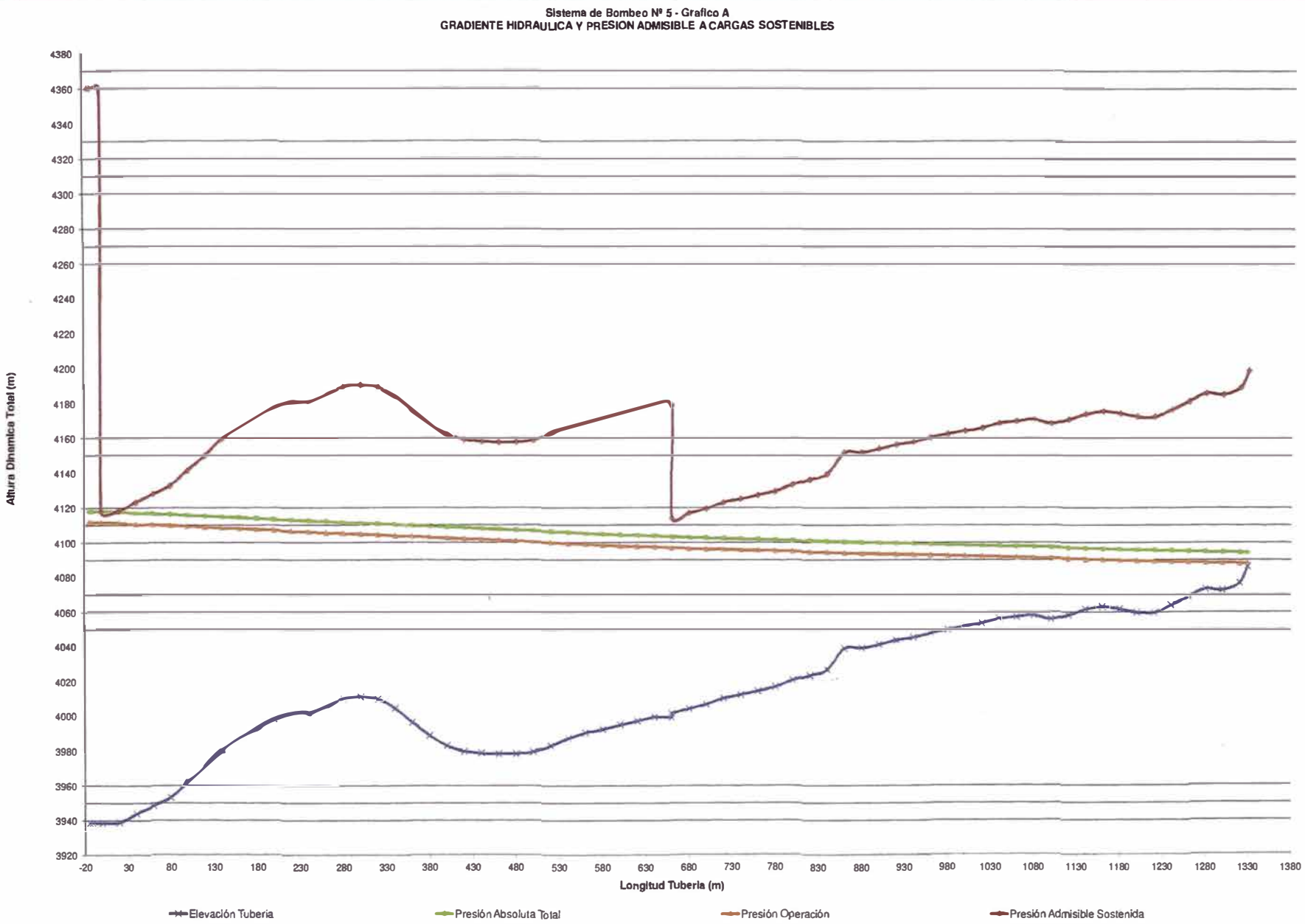
Calculo de la sobrepresión por el metodo del acontecimiento rapido

Tramos		1er Tramo	2do Tramo	3er Tramo	4to Tramo	
p (kg/m3)	Peso especifico fluido	1000	1000	1000	1000	
g (m/s2)	Graveded	9.81	9.81	9.81	9.81	
k (kg/m2)	Modulo de compresión del agua	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	
E (kg/m2)	Modulo de elasticidad del material de la tuberia	2.039E+10	2.039E+10	8.000E+07	8.000E+07	
Di (pulg)	Diameter Int.	6.07	15.62	11.44	12.98	
Di (m)	Diameter Int.	0.15	0.40	0.29	0.33	
Schedule o SDR		SHC 40S	SHC 10S	SDR 7.3	SDR 11	
e (m)	Espesor	0.007	0.005	0.058	0.038	
a (m/s)	Velocidad onda	1287.67	1048.15	380.95	295.84	
v (m/s)	Velocidad del Fluido	2.41	1.46	2.71	2.11	
L (m)	Longitud Tuberia	3.00	11.23	677.92	682.29	
2L/a (seg)	Tiempo Critico	0.00	0.02	3.56	4.61	
h (mca)	Sobrepresion	316.90	155.48	105.39	63.63	
h (psi)	Sobrepresion	450.64	221.10	149.87	90.49	
Tc (seg)	Tiempo de Cierre de la Válvula Check	2.00				Tiempo conservador
Lc (m)	Longitud Critica	295.84				

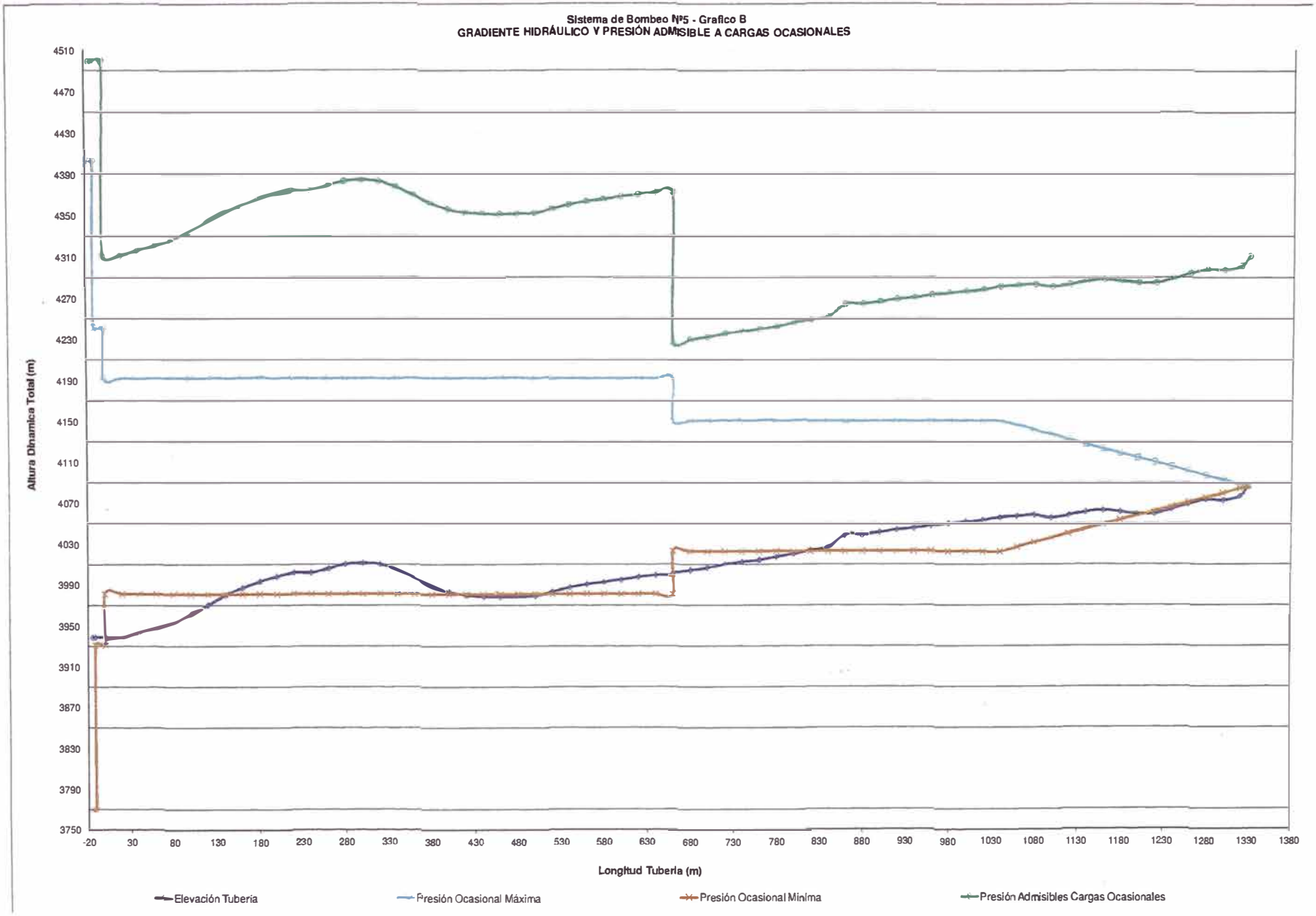
	L (m)	J (m/m)	TOTAL
STD 6"	3.00	0.0359	0.11
STD 16"	11.23	0.0045	0.05
SDR 7.3	677.92	0.0188	12.71
SDR 11	682.29	0.0113	7.73
	Perd. Prim.		20.61
	Per. Totales		24.06
	Per. Sec.		3.46
	Perd. Sec/Per. Prim		0.17

	Static and Surge Pressure Ratings @ 23 °C				
	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7.3	STD WT
Working Pressure Rating (WPR) [psi]	100	160	200	255	600
WPR & Recurring Dynamic Surge [psi]	150	240	300	397.5	
WPR & Occasional Dynamic Surge [psi]	200	320	400	530	798

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Calculo de la sobrepresion por el metodo del acontecimiento rapido

Tramos		1er Tramo	2do Tramo	3er Tramo	4to Tramo	
p (kg/m3)	Peso especifico fluido	1000	1000	1000	1000	
g (m/s2)	Gravedad	9.81	9.81	9.81	9.81	
k (kg/m2)	Modulo de compresion del agua	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	
E (kg/m2)	Modulo de elasticidad del material de la tuberia	2.739E+10	2.739E+10	8.000E+07	8.300E+07	
Di (pulg)	Diametro int.	6.07	15.82	11.44	12.30	
Di (m)	Diametro int.	0.15	0.40	0.29	0.31	
Schedule o SDR		SHC 40S	SHC 10S	SDR 7.3	SDR 9	
e (m)	Espesor	0.007	0.005	0.058	0.047	
a (m/s)	Velocidad onda	1287.57	1048.15	380.96	333.84	
v (m/s)	Velocidad de fluido	2.41	1.46	2.71	2.35	
L (m)	Longitud Tuberia	3.00	11.23	84.13	620.33	
Tc (seg)	Tiempo Critico	0.00	0.02	0.44	3.72	
h (m/s)	Sobrepresion	316.90	155.48	105.39	79.88	
h (psi)	Sobrepresion	450.54	221.10	149.87	113.59	
Tc (seg)	Tiempo de Cierre de la Válvula Check	2.00				Tiempo conservador
L (m)	Longitud Critica	333.84				

	L (m)	J (m/m)	TOTAL
STD 6"	3.00	0.0369	0.11
STD 16"	11.23	0.0045	0.05
SDR 7.3	84.13	0.0198	1.66
SDR 9	620.33	0.0131	8.12
	Perd. Prim.		9.96
	Per. Totales		12.85
	Per. Sec.		2.89
	Perd. Sec/Per. Prim.		0.30

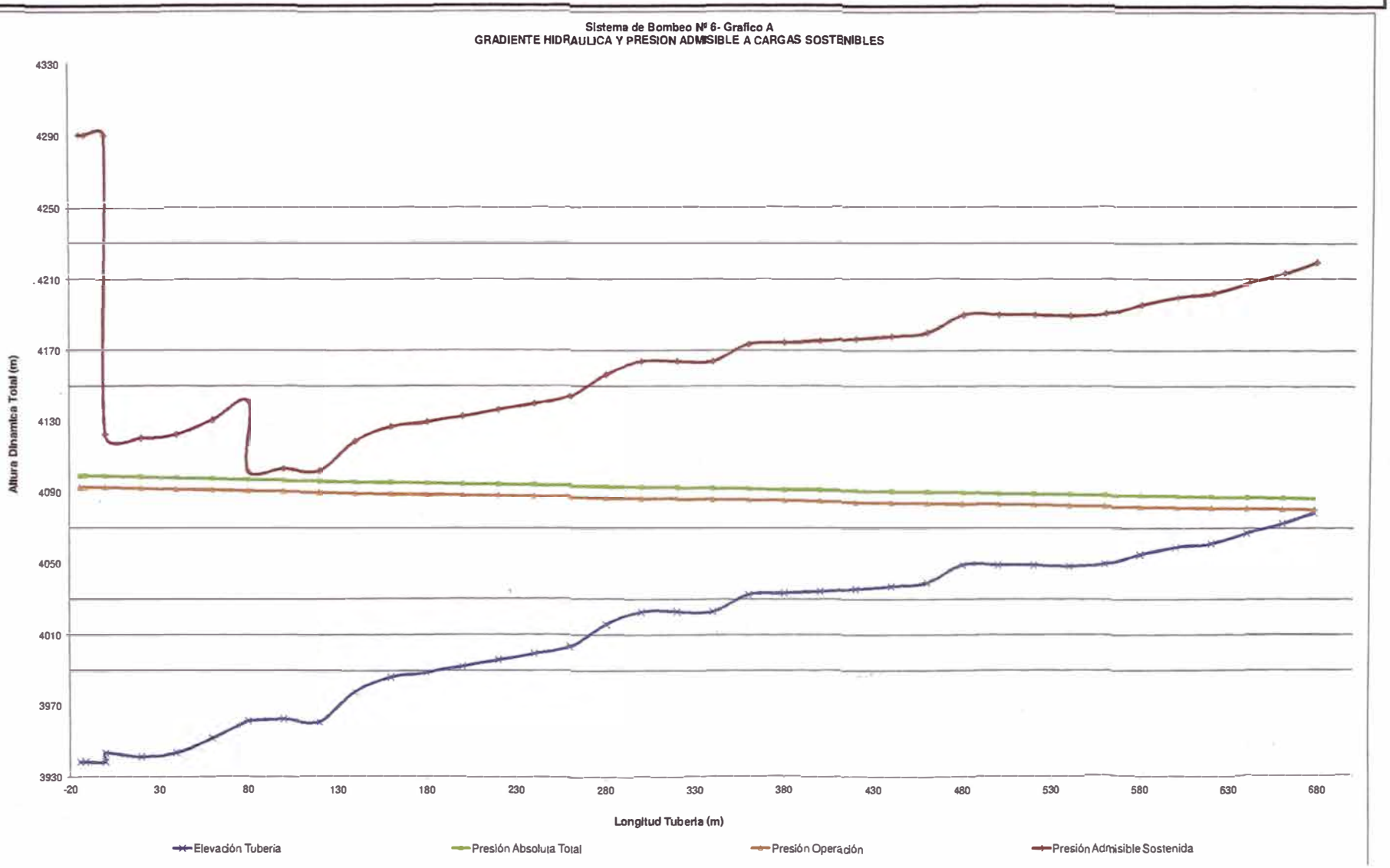
	Static and Surge Pressure Ratings @ 23 °C				
	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7.3	STD WT
Working Pressure Rating (WPR) [psi]	100	160	200	255	500
WPR & Recurring Dynamic Surge [psi]	150	240	300	397.5	
WPR & Occasional Dynamic Surge [psi]	200	320	400	530	665

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

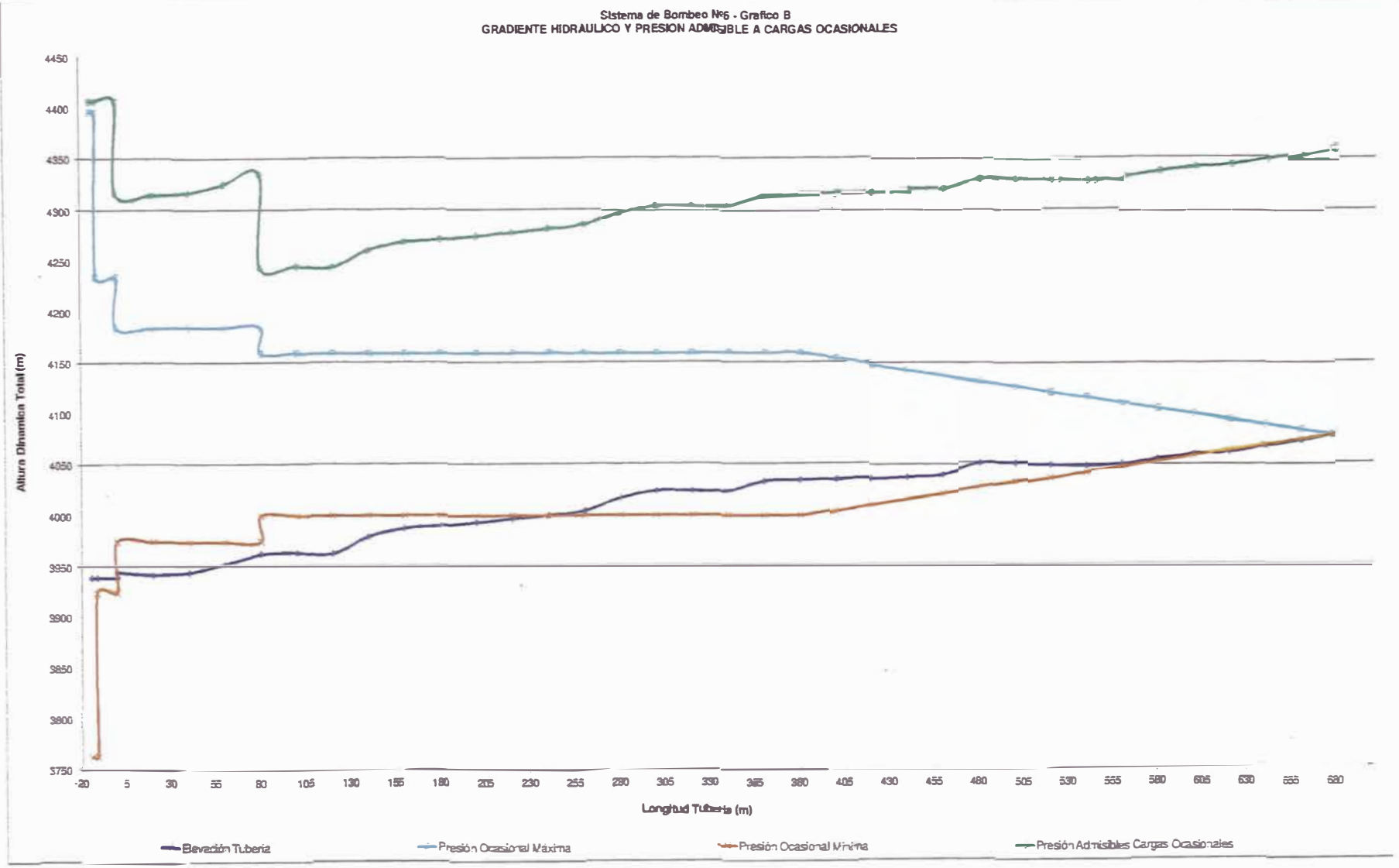
ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Estación por longuitud	Elevación	Espesor Tuberia	Dist. Total Acumulada	D	Rug. Abs.	V	N° Re	Factor Fricción	V2/2g	Perdidas Friccion Acumulada	Presion Operación	Presion Absoluta	Presion Transiente Maximo	Presion Transiente Minimo	Presion Admisible-Cargas Sostenidas	Presion Admisible-Cargas Ocasionales
	msnm		m	(in)	m	(m/s)			m	m	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm
-14.23	3938.680	SHC 40S	0.00	6.065	1.50E-05	2.41	2.84E+05	0.01553	0.30	0.00	4093.193	4099.529	4395.764	3761.958	4290.216	4408.223
-11.23	3938.680	SHC 40S	3.00	6.065	1.50E-05	2.41	2.84E+05	0.01553	0.30	0.14	4093.053	4099.389	4395.764	3761.956	4290.216	4408.223
-11.23	3938.680	SHC 10S	3.00	15.624	1.50E-05	1.46	4.42E+05	0.01392	0.11	0.14	4093.053	4099.389	4234.344	3923.376	4290.216	4408.223
0.00	3938.680	SHC 10S	15.29	15.624	1.50E-05	1.48	4.42E+05	0.01392	0.11	0.21	4092.960	4099.312	4234.344	3923.376	4290.218	4408.223
0.00	3943.680	SDR 7.3	15.29	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	0.21	4092.980	4099.312	4184.251	3973.469	4122.963	4316.308
20.00	3941.680	SDR 7.3	35.39	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	0.70	4092.489	4098.822	4184.251	3973.469	4120.963	4314.308
40.00	3943.610	SDR 7.3	55.49	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	1.20	4091.998	4098.330	4184.251	3973.469	4122.893	4316.238
60.00	3951.750	SDR 7.3	77.08	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.38	1.72	4091.470	4097.796	4184.251	3973.469	4131.033	4324.378
80.00	3961.720	SDR 7.3	99.43	11.441	2.14E-05	2.71	6.03E+05	0.01383	0.36	2.27	4090.924	4097.241	4184.251	3973.489	4141.003	4334.348
80.00	3961.720	SDR 9	99.43	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	2.27	4090.924	4097.241	4158.740	3998.980	4102.334	4242.949
100.00	3962.720	SDR 9	119.45	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.26	2.61	4090.582	4096.899	4158.740	3998.980	4103.334	4243.949
120.00	3961.720	SDR 9	139.48	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	2.95	4090.240	4096.558	4158.740	3998.980	4102.334	4242.949
140.00	3978.430	SDR 9	165.54	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	3.40	4089.796	4096.099	4158.740	3998.980	4119.044	4259.659
160.00	3986.430	SDR 9	187.08	12.302	2.14E-05	2.35	5.81E+05	0.01388	0.28	3.77	4089.428	4095.725	4158.740	3998.980	4127.044	4267.659
180.00	3989.110	SDR 9	207.26	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	4.11	4089.084	4095.378	4158.740	3998.980	4129.724	4270.339
200.00	3992.330	SDR 9	227.51	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	4.46	4088.738	4095.030	4158.740	3998.980	4132.944	4273.559
220.00	3995.810	SDR 9	247.82	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	4.80	4088.392	4094.681	4158.740	3998.980	4136.424	4277.039
240.00	3999.340	SDR 9	268.12	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	5.15	4088.045	4094.331	4158.740	3998.980	4139.954	4280.569
260.00	4003.420	SDR 9	288.54	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	5.50	4087.697	4093.980	4158.740	3998.980	4144.034	4284.649
280.00	4015.900	SDR 9	312.11	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	5.90	4087.294	4093.567	4158.740	3998.980	4156.514	4297.129
300.00	4023.140	SDR 9	333.38	12.302	2.14E-05	2.35	5.81E+05	0.01388	0.28	6.26	4086.931	4093.198	4158.740	3998.980	4163.754	4304.369
320.00	4023.140	SDR 9	353.38	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	6.60	4086.590	4092.857	4158.740	3998.980	4163.754	4304.369
340.00	4023.140	SDR 9	373.38	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	6.94	4086.249	4092.516	4158.740	3998.980	4163.754	4304.369
360.00	4032.590	SDR 9	395.50	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	7.32	4085.871	4092.130	4158.740	3998.980	4173.204	4313.819
380.00	4033.560	SDR 9	415.52	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	7.66	4085.529	4091.788	4158.740	3998.980	4174.174	4314.789
400.00	4034.490	SDR 9	435.55	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	8.01	4085.188	4091.445	4153.375	4004.345	4175.104	4315.719
420.00	4035.930	SDR 9	455.60	12.302	2.14E-05	2.35	5.81E+05	0.01388	0.28	8.35	4084.845	4091.102	4148.011	4009.709	4176.544	4317.159
440.00	4037.350	SDR 9	475.65	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	8.69	4084.503	4090.759	4142.646	4015.074	4177.964	4318.579
460.00	4039.410	SDR 9	495.75	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	9.03	4084.160	4090.414	4137.282	4020.438	4180.024	4320.639
480.00	4049.410	SDR 9	518.11	12.302	2.14E-05	2.35	5.81E+05	0.01388	0.28	9.41	4083.779	4090.024	4131.917	4025.803	4190.024	4330.639
500.00	4049.410	SDR 9	538.11	12.302	2.14E-05	2.35	5.81E+05	0.01388	0.28	9.76	4083.437	4089.683	4126.553	4031.167	4190.024	4330.639
520.00	4049.410	SDR 9	558.11	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	10.10	4083.096	4089.342	4121.188	4036.532	4190.024	4330.639
540.00	4048.680	SDR 9	578.13	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	10.44	4082.754	4089.001	4115.824	4041.896	4189.274	4329.689
560.00	4050.120	SDR 9	598.18	12302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	10.78	4082.412	4088.657	4110.459	4047.261	4190.734	4331.349
580.00	4055.350	SDR 9	618.85	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	11.13	4082.059	4088.300	4105.095	4052.625	4195.964	4336.579
600.00	4059.500	SDR 9	639.28	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	11.48	4081.711	4087.948	4099.730	4057.990	4200.114	4340.729
620.00	4061.600	SDR 9	659.39	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	11.83	4081.368	4087.603	4094.366	4063.354	4202.214	4342.829
640.00	4067.370	SDR 9	680.21	12.302	2.14E-05	2.35	5.61E+05	0.01388	0.28	12.18	4081.012	4087.243	4089.002	4068.718	4207.984	4348.599
660.00	4072.620	SDR 9	700.88	12.302	2.14E-05	2.35	5.81E+05	0.01388	0.28	12.53	4080.659	4086.886	4083.637	4074.083	4213.234	4353.849
677.81	4078.860	SDR 9	719.76	12.302	2.14E-05	2.35	5.81E+05	0.01388	0.28	12.86	4080.337	4086.559	4078.860	4078.860	4219.474	4360.089

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Calculo de la sobrepresión por el metodo del acontecimiento rapido

	Tramos	1er Tramo	2do Tramo	3er Tramo	4to Tramo	5to Tramo	
p (kg/m3)	Peso especifico fluido	1000	1000	1000	1000	1000	
g (m/s2)	Gravedad	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	
k (kg/m2)	Modulo de compresión del agua	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	2.060E+08	
E (kg/m2)	Modulo de elasticidad del material de la tubería	2.039E+10	2.039E+10	8.000E+07	8.000E+07	8.000E+07	
Di (pulg)	Diameter int.	6.07	17.82	12.87	13.84	14.60	
Di (m)	Diameter int.	0.15	0.45	0.33	0.35	0.37	
Schedule o SDR		SCH 40S	SCH 10S	SDR 7.3	SDR 9	SDR 11	
e (m)	Espesor	0.007	0.005	0.065	0.053	0.043	
a (m/s)	Velocidad onda	1287.67	1018.82	381.02	333.83	295.89	
v (m/s)	Velocidad del Fluido	1.72	1.02	1.91	1.65	1.48	
L (m)	Longitud Tubería	3.00	13.77	3807.91	1052.12	426.18	
2L/a (seg)	Tiempo Crítico	0.00	0.03	18.94	6.30	2.88	
h (mca)	Sobrepresion	225.35	105.58	74.04	56.10	44.70	
h (psi)	Sobrepresion	320.45	150.13	105.29	79.77	63.57	
Tc (seg)	Tiempo de Cierre de la Válvula Check	2.00					Tiempo conservador
Lc (m)	Longitud Critica	295.89					

	L (m)	J (m/m)	TOTAL
STD 6"	3.00	0.0191	0.06
STD 16"	13.77	0.0020	0.03
SDR 7.3	3807.91	0.0084	30.33
SDR 9	1052.12	0.0059	6.19
SDR 11	428.18	0.0045	1.93
	Perd. Prim.		38.54
	Per. Totales		38.99
	Per. Sec.		0.46
	Perd. Sec/Per. Prim		0.01

	Static and Surge Pressure Ratings @ 23 °C				
	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7.3	STD WT
Working Pressure Rating (WPR) [psi]	100	160	200	255	285
WPR & Recurring Dynamic Surge [psi]	150	240	300	397.5	
WPR & Occasional Dynamic Surge [psi]	200	320	400	530	379.05

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Estación por longuitud	Elevación	Espesor Tuberia	Dist. Total Acumulada	D	Rug. Abs.	V	N° Re	Factor Fricción	V2/2g	Perdidas Friccion Acumulada	Presion Operación	Presion Absoluta	Presion Transiente Maximo	Presion Transiente Minimo	Presion Admisible-Cargas Sostenidas	Presion Admisible-Cargas Ocasionales
	msnm		m	(in)	m	(m/s)			m	m	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm
-9.00	4072.612	SCH 40S	0.00	6.065	1.50E-05	1.72	2.02E+05	0.01634	0.15	0.00	4201.805	4208.032	4330.368	3992.334	4272.987	4339.111
-6.00	4072.612	SCH 40S	3.00	6.065	1.50E-05	1.72	2.02E+05	0.01634	0.15	0.06	4201.747	4207.974	4330.368	3992.334	4272.987	4339.111
-6.00	4072.612	SCH 10S	3.00	17.624	1.50E-05	1.02	3.48E+05	0.01440	0.05	0.06	4201.747	4207.974	4268.930	4055.770	4272.987	4339.111
0.00	4048.500	SCH 10S	27.85	17.624	1.50E-05	1.02	3.48E+05	0.01440	0.05	0.11	4201.896	4207.942	4268.930	4055.770	4248.875	4314.999
0.00	4048.500	SDR 7.3	27.85	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	0.11	4201.696	4207.942	4235.393	4087.307	4227.783	4421.128
20.00	4048.500	SDR 7.3	47.85	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	0.28	4201.526	4207.772	4235.393	4087.307	4227.783	4421.128
40.00	4047.740	SDR 7.3	67.86	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	0.45	4201.356	4207.603	4235.393	4087.307	4227.023	4420.368
60.00	4047.740	SDR 7.3	87.86	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	0.62	4201.186	4207.432	4235.393	4087.307	4227.023	4420.368
80.00	4050.660	SDR 7.3	108.07	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	0.79	4201.014	4207.258	4235.393	4087.307	4229.943	4423.288
100.00	4049.330	SDR 7.3	128.12	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	0.96	4200.843	4207.089	4235.393	4087.307	4228.613	4421.958
120.00	4048.820	SDR 7.3	148.12	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	1.13	4200.673	4206.919	4235.393	4087.307	4228.103	4421.448
140.00	4048.390	SDR 7.3	168.13	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	1.30	4200.503	4206.749	4235.393	4087.307	4227.873	4421.018
160.00	4048.670	SDR 7.3	188.13	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	1.47	4200.333	4206.579	4235.393	4087.307	4227.953	4421.298
180.00	4049.280	SDR 7.3	208.14	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	1.64	4200.182	4206.408	4235.393	4087.307	4228.563	4421.908
200.00	4049.280	SDR 7.3	228.14	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	1.81	4199.992	4206.238	4235.393	4087.307	4228.563	4421.908
220.00	4049.280	SDR 7.3	248.14	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	1.98	4199.822	4206.068	4235.393	4087.307	4228.563	4421.908
240.00	4049.280	SDR 7.3	268.14	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	2.15	4199.652	4205.898	4235.393	4087.307	4228.563	4421.908
260.00	4049.060	SDR 7.3	288.14	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	2.32	4199.482	4205.728	4235.393	4087.307	4228.343	4421.688
280.00	4049.060	SDR 7.3	308.14	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	2.49	4199.312	4205.557	4235.393	4087.307	4228.343	4421.688
300.00	4049.440	SDR 7.3	328.15	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	2.66	4199.141	4205.387	4235.393	4087.307	4228.723	4422.068
320.00	4049.440	SDR 7.3	348.15	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	2.83	4198.971	4205.217	4235.393	4087.307	4228.723	4422.068
340.00	4049.440	SDR 7.3	368.15	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	3.00	4198.801	4205.047	4235.393	4087.307	4228.723	4422.068
360.00	4049.440	SDR 7.3	388.15	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	3.17	4198.831	4204.876	4235.393	4087.307	4228.723	4422.068
380.00	4049.070	SDR 7.3	408.15	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	3.34	4198.481	4204.707	4235.393	4087.307	4228.353	4421.698
400.00	4048.820	SDR 7.3	428.15	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	3.51	4198.291	4204.987	4235.393	4087.307	4228.103	4421.448
420.00	4048.820	SDR 7.3	448.15	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	3.68	4198.120	4204.368	4235.393	4087.307	4226.103	4421.448
440.00	4045.600	SDR 7.3	468.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	3.86	4197.948	4204.197	4235.393	4087.307	4224.883	4418.228
460.00	4045.080	SDR 7.3	488.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	4.03	4197.778	4204.027	4235.393	4087.307	4224.363	4417.708
480.00	4045.080	SDR 7.3	508.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	4.20	4197.608	4203.857	4235.393	4087.307	4224.363	4417.708
500.00	4047.000	SDR 7.3	528.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	4.37	4197.437	4203.684	4235.393	4087.307	4226.283	4419.628
520.00	4047.180	SDR 7.3	548.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	4.54	4197.267	4203.514	4235.393	4087.307	4226.463	4419.808
540.00	4047.430	SDR 7.3	568.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	4.71	4197.097	4203.344	4235.393	4087.307	4226.713	4420.058
560.00	4047.430	SDR 7.3	588.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	4.88	4196.926	4203.174	4235.393	4087.307	4226.713	4420.058
580.00	4047.430	SDR 7.3	608.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	5.05	4196.756	4203.003	4235.393	4087.307	4226.713	4420.058
600.00	4047.430	SDR 7.3	628.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	5.22	4196.586	4202.833	4235.393	4087.307	4226.713	4420.058
620.00	4047.800	SDR 7.3	648.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	5.39	4196.416	4202.663	4235.393	4087.307	4227.083	4420.428
640.00	4047.970	SDR 7.3	668.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	5.56	4196.246	4202.492	4235.393	4087.307	4227.253	4420.598
660.00	4048.800	SDR 7.3	688.53	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	5.73	4196.075	4202.321	4235.393	4087.307	4228.083	4421.428
680.00	4048.800	SDR 7.3	708.53	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	5.90	4195.905	4202.151	4235.393	4087.307	4228.083	4421.428
700.00	4048.800	SDR 7.3	728.53	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	6.07	4195.735	4201.981	4235.393	4087.307	4228.083	4421.428
720.00	4048.300	SDR 7.3	748.54	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	6.24	4195.565	4201.811	4235.393	4087.307	4227.583	4420.928
740.00	4048.630	SDR 7.3	768.54	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	6.41	4195.395	4201.641	4235.393	4087.307	4227.913	4421.258
760.00	4048.630	SDR 7.3	788.54	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	6.58	4195.225	4201.471	4235.393	4087.307	4227.913	4421.258
780.00	4048.630	SDR 7.3	808.54	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	6.75	4195.054	4201.301	4235.393	4087.307	4227.913	4421.258
800.00	4048.170	SDR 7.3	828.54	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	6.92	4194.884	4201.131	4235.393	4087.307	4227.453	4420.798
820.00	4047.410	SDR 7.3	848.56	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	7.09	4194.714	4200.961	4235.393	4087.307	4226.693	4420.038
840.00	4046.670	SDR 7.3	868.57	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	7.26	4194.544	4200.792	4235.393	4087.307	4225.953	4419.298
860.00	4046.670	SDR 7.3	888.57	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	7.43	4194.374	4200.621	4235.393	4087.307	4225.953	4419.298
880.00	4045.480	SDR 7.3	908.61	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	7.60	4194.203	4200.452	4235.393	4087.307	4224.763	4418.108
900.00	4043.610	SDR 7.3	928.70	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	7.77	4194.032	4200.283	4235.393	4087.307	4222.893	4416.238
920.00	4042.290	SDR 7.3	948.74	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	7.94	4193.862	4200.113	4235.393	4087.307	4221.573	4414.918
940.00	4042.160	SDR 7.3	968.74	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	8.11	4193.692	4199.943	4235.393	4087.307	4221.443	4414.788
960.00	4041.980	SDR 7.3	988.74	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	8.28	4193.521	4199.773	4235.393	4087.307	4221.263	4414.608
980.00	4041.980	SDR 7.3	1008.74	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	8.45	4193.351	4199.603	4235.393	4087.307	4221.263	4414.608

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

1000.00	4041.640	SDR 7.3	1028.74	12.870	2.14E-05	1.91	4.78E+05	0.01413	0.19	8.62	4193.181	4199.433	4235.393	4087.307	4220.923	4414.268
1020.00	4041.280	SDR 7.3	1048.75	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	8.79	4193.011	4199.263	4235.393	4087.307	4220.583	4413.908
1040.00	4040.740	SDR 7.3	1068.75	12.870	2.14E-05	1.91	4.78E+05	0.01413	0.19	8.98	4192.841	4199.093	4235.393	4087.307	4220.023	4413.368
1060.00	4040.440	SDR 7.3	1088.76	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	9.13	4192.671	4198.923	4235.393	4087.307	4219.723	4413.068
1080.00	4040.440	SDR 7.3	1108.76	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	9.30	4192.500	4198.753	4235.393	4087.307	4219.723	4413.068
1100.00	4039.950	SDR 7.3	1128.76	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	9.48	4192.330	4198.583	4235.393	4087.307	4219.233	4412.578
1120.00	4039.510	SDR 7.3	1148.77	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	9.65	4192.160	4198.414	4235.393	4087.307	4218.793	4412.138
1140.00	4039.510	SDR 7.3	1168.77	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	9.82	4191.990	4198.244	4235.393	4087.307	4218.793	4412.138
1160.00	4040.790	SDR 7.3	1188.81	12.870	2.14E-05	1.91	4.78E+05	0.01413	0.19	9.99	4191.819	4198.072	4235.393	4087.307	4220.073	4413.418
1180.00	4041.860	SDR 7.3	1208.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	10.18	4191.849	4197.901	4235.393	4087.307	4221.143	4414.488
1200.00	4042.110	SDR 7.3	1228.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	10.33	4191.479	4197.730	4235.393	4087.307	4221.393	4414.738
1220.00	4042.110	SDR 7.3	1248.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	10.50	4191.309	4197.560	4235.393	4087.307	4221.393	4414.738
1240.00	4042.110	SDR 7.3	1268.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	10.67	4191.139	4197.390	4235.393	4087.307	4221.393	4414.738
1260.00	4042.110	SDR 7.3	1288.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	10.84	4190.968	4197.220	4235.393	4087.307	4221.393	4414.738
1280.00	4042.050	SDR 7.3	1308.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.78E+05	0.01413	0.19	11.01	4190.798	4197.050	4235.393	4087.307	4221.333	4414.678
1300.00	4042.050	SDR 7.3	1328.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	11.18	4190.628	4196.880	4235.393	4087.307	4221.333	4414.678
1320.00	4041.680	SDR 7.3	1348.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	11.35	4190.458	4196.710	4235.393	4087.307	4220.963	4414.308
1340.00	4041.680	SDR 7.3	1368.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	11.52	4190.288	4196.540	4235.393	4087.307	4220.963	4414.308
1360.00	4040.960	SDR 7.3	1388.85	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	11.69	4190.117	4196.370	4235.393	4087.307	4220.243	4413.588
1380.00	4039.270	SDR 7.3	1408.93	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	11.88	4189.947	4196.201	4235.393	4087.307	4218.553	4411.898
1400.00	4036.610	SDR 7.3	1429.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	12.03	4189.775	4196.031	4235.393	4087.307	4215.893	4409.238
1420.00	4032.770	SDR 7.3	1449.47	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	12.20	4189.602	4195.861	4235.393	4087.307	4212.053	4405.398
1440.00	4029.300	SDR 7.3	1469.77	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	12.38	4189.429	4195.691	4235.393	4087.307	4208.583	4401.928
1460.00	4025.890	SDR 7.3	1490.09	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	12.55	4189.256	4195.521	4235.393	4087.307	4204.973	4398.318
1480.00	4028.240	SDR 7.3	1510.25	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	12.72	4189.085	4195.348	4235.393	4087.307	4207.523	4400.868
1500.00	4030.130	SDR 7.3	1530.94	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	12.89	4188.914	4195.175	4235.393	4087.307	4209.413	4402.758
1520.00	4030.810	SDR 7.3	1550.35	12.870	2.14E-05	1.91	4.78E+05	0.01413	0.19	13.06	4188.744	4195.004	4235.393	4087.307	4210.093	4403.438
1540.00	4031.150	SDR 7.3	1570.35	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	13.23	4188.573	4194.834	4235.393	4087.307	4210.433	4403.778
1560.00	4030.370	SDR 7.3	1590.37	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	13.40	4188.403	4194.664	4235.393	4087.307	4209.653	4402.998
1580.00	4029.970	SDR 7.3	1610.37	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	13.57	4188.233	4194.494	4235.393	4087.307	4209.253	4402.598
1600.00	4029.180	SDR 7.3	1630.39	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	13.74	4188.063	4194.325	4235.393	4087.307	4208.443	4401.788
1620.00	4028.400	SDR 7.3	1650.40	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	13.91	4187.892	4194.155	4235.393	4087.307	4207.683	4401.028
1640.00	4028.880	SDR 7.3	1670.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	14.08	4187.722	4193.984	4235.393	4087.307	4208.163	4401.508
1660.00	4029.590	SDR 7.3	1690.42	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	14.25	4187.552	4193.814	4235.393	4087.307	4208.873	4402.218
1680.00	4029.730	SDR 7.3	1710.42	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	14.42	4187.382	4193.643	4235.393	4087.307	4209.013	4402.358
1700.00	4028.530	SDR 7.3	1730.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	14.59	4187.211	4193.474	4235.393	4087.307	4207.813	4401.158
1720.00	4028.530	SDR 7.3	1750.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	14.76	4187.041	4193.304	4235.393	4087.307	4207.813	4401.158
1740.00	4032.430	SDR 7.3	1770.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	14.94	4186.868	4193.127	4235.393	4087.307	4211.713	4405.058
1760.00	4033.890	SDR 7.3	1790.89	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	15.11	4186.697	4192.955	4235.393	4087.307	4213.173	4406.518
1780.00	4034.700	SDR 7.3	1810.91	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	15.28	4186.527	4192.784	4235.393	4087.307	4213.983	4407.328
1800.00	4034.980	SDR 7.3	1830.91	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	15.45	4186.357	4192.614	4235.393	4087.307	4214.263	4407.608
1820.00	4033.960	SDR 7.3	1850.93	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	15.62	4186.186	4192.445	4235.393	4087.307	4213.243	4406.588
1840.00	4030.840	SDR 7.3	1871.18	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	15.79	4186.014	4192.275	4235.393	4087.307	4210.123	4403.468
1860.00	4028.100	SDR 7.3	1891.36	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	15.96	4185.842	4192.105	4235.393	4087.307	4207.383	4400.728
1880.00	4027.290	SDR 7.3	1911.38	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	16.13	4185.672	4191.936	4235.393	4087.307	4206.573	4399.918
1900.00	4027.440	SDR 7.3	1931.38	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	16.30	4185.502	4191.766	4235.393	4087.307	4206.723	4400.068
1920.00	4028.710	SDR 7.3	1951.42	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	16.47	4185.332	4191.594	4235.393	4087.307	4207.993	4401.338
1940.00	4033.640	SDR 7.3	1972.02	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	16.65	4185.156	4191.415	4235.393	4087.307	4212.923	4406.268
1960.00	4036.510	SDR 7.3	1992.22	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	16.82	4184.984	4191.240	4235.393	4087.307	4215.793	4409.138
1980.00	4038.820	SDR 7.3	2012.36	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	16.99	4184.813	4191.067	4235.393	4087.307	4218.103	4411.448
2000.00	4045.350	SDR 7.3	2033.39	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	17.17	4184.634	4190.883	4235.393	4087.307	4224.633	4417.978
2020.00	4049.590	SDR 7.3	2053.84	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	17.35	4184.480	4190.706	4235.393	4087.307	4228.873	4422.218
2040.00	4052.080	SDR 7.3	2073.99	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	17.52	4184.289	4190.532	4235.393	4087.307	4231.363	4424.708
2060.00	4052.080	SDR 7.3	2093.99	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	17.69	4184.119	4190.362	4235.393	4087.307	4231.363	4424.708
2080.00	4051.720	SDR 7.3	2114.00	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	17.86	4183.948	4190.192	4235.393	4087.307	4231.003	4424.348
2100.00	4050.550	SDR 7.3	2134.03	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	18.03	4183.778	4190.023	4235.393	4087.307	4229.833	4423.178
2120.00	4050.550	SDR 7.3	2154.03	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	18.20	4183.608	4189.852	4235.393	4087.307	4229.833	4423.178
2140.00	4050.550	SDR 7.3	2174.03	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	18.37	4183.438	4189.682	4235.393	4087.307	4229.833	4423.178
2160.00	4050.550	SDR 7.3	2194.03	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	18.54	4183.268	4189.512	4235.393	4087.307	4229.833	4423.178

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

2180.00	4049.830	SDR 7.3	2214.04	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	18.71	4183.097	4189.343	4235.393	4087.307	4229.113	4422.458
2200.00	4048.820	SDR 7.3	2234.07	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	18.88	4182.927	4189.173	4235.393	4087.307	4228.103	4421.448
2220.00	4047.880	SDR 7.3	2254.09	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	19.05	4182.757	4189.003	4235.393	4087.307	4227.163	4420.508
2240.00	4047.400	SDR 7.3	2274.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	19.22	4182.586	4188.834	4235.393	4087.307	4226.683	4420.028
2260.00	4047.400	SDR 7.3	2294.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	19.39	4182.416	4188.663	4235.393	4087.307	4226.683	4420.028
2280.00	4047.400	SDR 7.3	2314.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	19.56	4182.246	4188.493	4235.393	4087.307	4226.683	4420.028
2300.00	4047.500	SDR 7.3	2334.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	19.73	4182.076	4188.323	4235.393	4087.307	4226.783	4420.128
2320.00	4047.500	SDR 7.3	2354.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	19.90	4181.906	4188.153	4235.393	4087.307	4226.783	4420.128
2340.00	4047.500	SDR 7.3	2374.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	20.07	4181.738	4187.983	4235.393	4087.307	4226.763	4420.128
2360.00	4047.500	SDR 7.3	2394.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	20.24	4181.565	4187.813	4235.393	4087.307	4226.763	4420.128
2380.00	4047.580	SDR 7.3	2414.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	20.41	4181.395	4187.642	4235.393	4087.307	4226.863	4420.208
2400.00	4048.100	SDR 7.3	2434.10	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	20.58	4181.225	4187.472	4235.393	4087.307	4227.383	4420.728
2420.00	4048.970	SDR 7.3	2454.12	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	20.75	4181.055	4187.301	4235.393	4087.307	4228.253	4421.598
2440.00	4048.970	SDR 7.3	2474.12	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	20.92	4180.885	4187.131	4235.393	4087.307	4226.253	4421.598
2460.00	4050.330	SDR 7.3	2494.17	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	21.09	4160.714	4188.959	4235.393	4067.307	4229.613	4422.958
2480.00	4051.400	SDR 7.3	2514.20	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	21.26	4180.544	4186.788	4235.393	4087.307	4230.683	4424.028
2500.00	4051.400	SDR 7.3	2534.20	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	21.43	4180.374	4186.618	4235.393	4087.307	4230.683	4424.028
2520.00	4051.680	SDR 7.3	2554.20	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	21.60	4180.203	4186.447	4235.393	4087.307	4230.943	4424.288
2540.00	4052.010	SDR 7.3	2574.20	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	21.77	4180.033	4186.277	4235.393	4087.307	4231.293	4424.638
2560.00	4053.600	SDR 7.3	2594.27	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	21.94	4179.863	4186.105	4235.393	4087.307	4232.883	4426.229
2580.00	4056.020	SDR 7.3	2614.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	22.11	4179.691	4185.931	4235.393	4087.307	4235.303	4428.648
2600.00	4056.020	SDR 7.3	2634.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	22.28	4179.521	4185.761	4235.393	4087.307	4235.303	4428.648
2620.00	4056.020	SDR 7.3	2654.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	22.45	4179.351	4185.591	4235.393	4087.307	4235.303	4428.648
2640.00	4056.020	SDR 7.3	2674.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	22.62	4179.181	4185.421	4235.393	4087.307	4235.303	4428.648
2660.00	4056.020	SDR 7.3	2694.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	22.79	4179.011	4185.251	4235.393	4087.307	4235.303	4428.648
2680.00	4056.020	SDR 7.3	2714.41	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	22.96	4178.840	4185.081	4235.393	4087.307	4235.303	4428.648
2700.00	4057.400	SDR 7.3	2734.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	23.14	4178.670	4184.909	4235.393	4087.307	4238.683	4430.028
2720.00	4057.540	SDR 7.3	2754.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	23.31	4178.500	4184.739	4235.393	4087.307	4236.823	4430.168
2740.00	4057.960	SDR 7.3	2774.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	23.48	4178.330	4184.568	4235.393	4087.307	4237.243	4430.588
2760.00	4057.960	SDR 7.3	2794.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	23.65	4178.159	4184.398	4235.393	4087.307	4237.243	4430.588
2780.00	4057.960	SDR 7.3	2814.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	23.82	4177.989	4184.228	4235.393	4087.307	4237.243	4430.588
2800.00	4057.960	SDR 7.3	2834.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	23.99	4177.819	4184.058	4235.393	4087.307	4237.243	4430.588
2820.00	4057.960	SDR 7.3	2854.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	24.16	4177.649	4183.888	4235.393	4087.307	4237.243	4430.588
2840.00	4057.960	SDR 7.3	2874.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	24.33	4177.479	4183.717	4235.393	4087.307	4237.243	4430.588
2860.00	4058.000	SDR 7.3	2894.46	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	24.50	4177.309	4183.547	4235.393	4087.307	4237.283	4430.628
2880.00	4057.000	SDR 7.3	2914.49	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	24.67	4177.138	4183.378	4235.393	4087.307	4236.283	4429.628
2900.00	4057.000	SDR 7.3	2934.49	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	24.84	4176.968	4183.208	4235.393	4087.307	4236.283	4429.628
2920.00	4056.150	SDR 7.3	2954.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	25.01	4176.798	4183.038	4235.393	4087.307	4235.433	4428.778
2940.00	4056.000	SDR 7.3	2974.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	25.18	4176.628	4182.868	4235.393	4087.307	4235.283	4428.628
2960.00	4055.990	SDR 7.3	2994.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	25.35	4176.458	4182.698	4235.393	4087.307	4235.273	4428.618
2980.00	4055.640	SDR 7.3	3014.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	25.52	4176.287	4182.528	4235.393	4087.307	4234.923	4428.268
3000.00	4055.300	SDR 7.3	3034.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	25.69	4176.117	4182.358	4235.393	4087.307	4234.583	4427.928
3020.00	4055.300	SDR 7.3	3054.51	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	25.86	4175.947	4182.188	4235.393	4087.307	4234.583	4427.928
3040.00	4055.000	SDR 7.3	3074.52	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	26.03	4175.777	4182.018	4235.393	4087.307	4234.283	4427.628
3060.00	4054.320	SDR 7.3	3094.53	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	26.20	4175.607	4181.848	4235.393	4087.307	4233.603	4426.948
3080.00	4053.680	SDR 7.3	3114.54	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	26.37	4175.436	4181.679	4235.393	4087.307	4232.963	4426.308
3100.00	4052.160	SDR 7.3	3134.60	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	26.54	4175.266	4181.509	4235.393	4087.307	4231.443	4424.788
3120.00	4051.000	SDR 7.3	3154.63	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	26.71	4175.095	4181.340	4235.393	4087.307	4230.283	4423.628
3140.00	4050.760	SDR 7.3	3174.63	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	26.88	4174.925	4181.170	4235.393	4087.307	4230.043	4423.388
3160.00	4048.610	SDR 7.3	3194.75	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	27.05	4174.754	4181.000	4235.393	4087.307	4227.893	4421.238
3180.00	4045.920	SDR 7.3	3214.93	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	27.22	4174.582	4180.831	4235.393	4087.307	4225.203	4418.548
3200.00	4043.420	SDR 7.3	3235.08	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	27.39	4174.411	4180.661	4235.393	4087.307	4222.703	4416.048
3220.00	4042.390	SDR 7.3	3255.11	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	27.56	4174.241	4180.492	4235.393	4087.307	4221.673	4415.018
3240.00	4041.440	SDR 7.3	3275.13	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	27.74	4174.070	4180.322	4235.393	4087.307	4220.723	4414.068
3260.00	4041.020	SDR 7.3	3295.14	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	27.91	4173.900	4180.152	4235.393	4087.307	4220.303	4413.648
3280.00	4040.390	SDR 7.3	3315.15	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	26.08	4173.730	4179.983	4235.393	4087.307	4219.673	4413.016
3300.00	4040.060	SDR 7.3	3335.15	12.870	2.13E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	28.25	4173.560	4179.813	4235.393	4087.307	4219.343	4412.688
3320.00	4039.390	SDR 7.3	3355.16	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	28.42	4173.389	4179.643	4235.393	4087.307	4218.673	4412.018
3340.00	4038.340	SDR 7.3	3375.19	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	28.59	4173.219	4179.474	4235.393	4087.307	4217.623	4410.968

ANEXO II: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

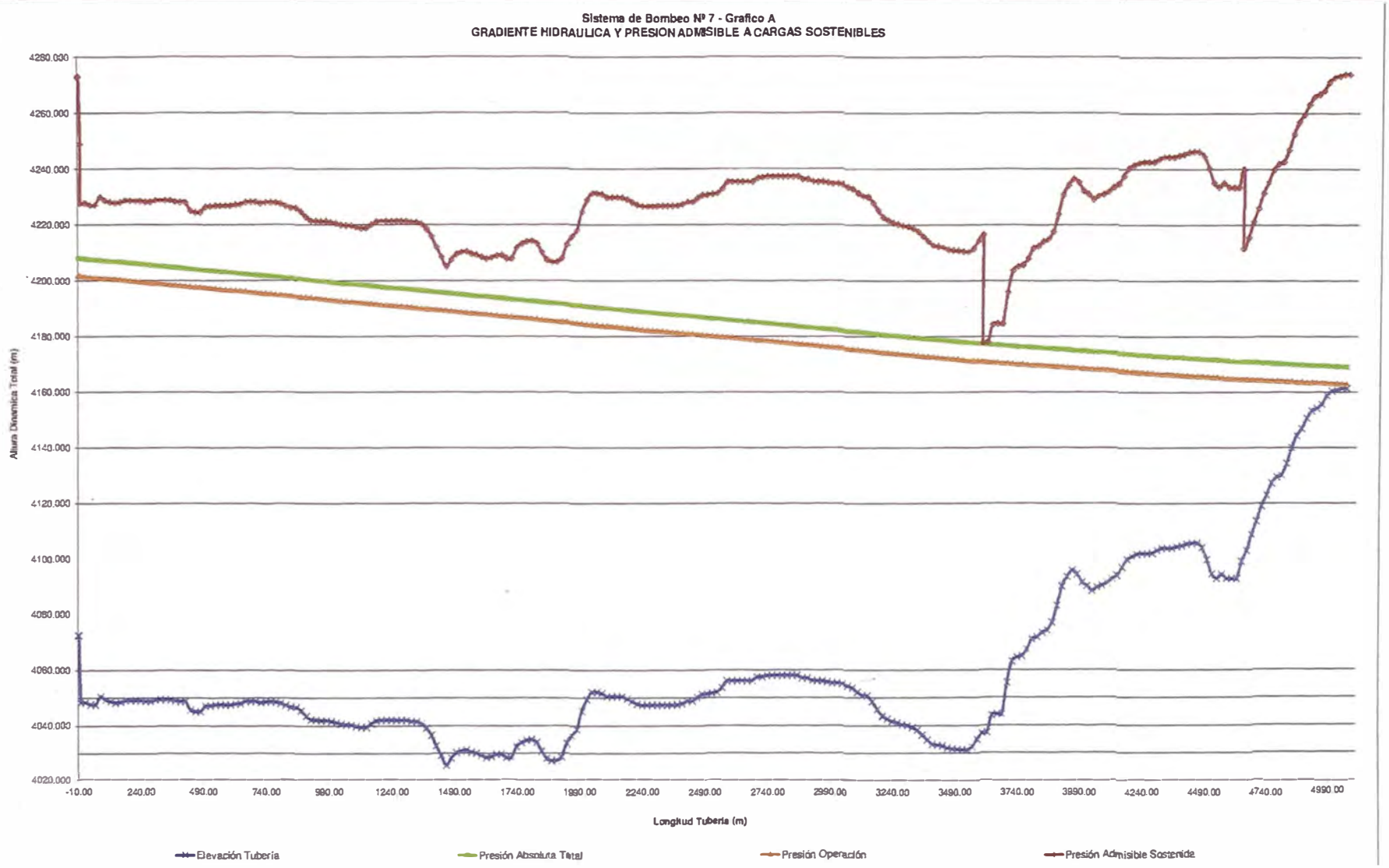
ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

3360.00	4036.670	SDR 7.3	3395.26	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	28.76	4173.048	4179.304	4235.393	4087.307	4215.953	4409.298
3380.00	4034.920	SDR 7.3	3415.33	12.870	2.14E-05	1.91	4.78E+05	0.01413	0.19	28.93	4172.877	4179.135	4235.393	4087.307	4214.203	4407.548
3400.00	4033.360	SDR 7.3	3435.39	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	29.10	4172.707	4178.965	4235.393	4087.307	4212.643	4405.988
3420.00	4033.000	SDR 7.3	3455.40	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	29.27	4172.537	4178.796	4235.393	4087.307	4212.283	4405.628
3440.00	4032.730	SDR 7.3	3475.40	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	29.44	4172.366	4178.626	4235.393	4087.307	4212.013	4405.358
3460.00	4031.890	SDR 7.3	3495.42	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	29.61	4172.198	4178.456	4235.393	4087.307	4211.173	4404.518
3480.00	4031.670	SDR 7.3	3515.42	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	29.78	4172.026	4178.286	4235.393	4087.307	4210.953	4404.298
3500.00	4031.450	SDR 7.3	3535.42	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	29.95	4171.856	4178.116	4235.393	4087.307	4210.733	4404.078
3520.00	4031.230	SDR 7.3	3555.42	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	30.12	4171.686	4177.946	4235.393	4087.307	4210.513	4403.858
3540.00	4031.160	SDR 7.3	3575.42	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	30.29	4171.516	4177.776	4235.393	4087.307	4210.443	4403.788
3560.00	4032.260	SDR 7.3	3595.45	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	30.48	4171.345	4177.605	4235.393	4087.307	4211.543	4404.888
3580.00	4035.130	SDR 7.3	3615.85	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	30.63	4171.173	4177.430	4235.393	4087.307	4214.413	4407.758
3600.00	4037.180	SDR 7.3	3635.76	12.870	2.14E-05	1.91	4.76E+05	0.01413	0.19	30.80	4171.002	4177.258	4235.393	4087.307	4216.463	4409.808
3600.00	4037.180	SDR 9	3635.76	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	30.80	4171.002	4177.258	4217.448	4105.252	4177.794	4316.409
3620.00	4037.460	SDR 9	3655.76	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	30.92	4170.883	4177.138	4217.448	4105.252	4178.074	4318.689
3640.00	4043.630	SDR 9	3676.69	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	31.05	4170.759	4177.009	4217.448	4105.252	4184.244	4324.859
3660.00	4044.020	SDR 9	3696.70	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	31.17	4170.640	4176.890	4217.448	4105.252	4184.634	4325.249
3680.00	4044.020	SDR 9	3716.70	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	31.28	4170.521	4176.771	4217.448	4105.252	4184.634	4325.249
3700.00	4055.340	SDR 9	3739.68	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	31.42	4170.384	4176.625	4217.448	4105.252	4195.954	4336.569
3720.00	4063.040	SDR 9	3761.11	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	31.55	4170.256	4176.491	4217.448	4105.252	4203.854	4344.269
3740.00	4064.480	SDR 9	3781.16	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	31.67	4170.137	4176.370	4217.448	4105.252	4205.094	4345.709
3760.00	4065.010	SDR 9	3801.17	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	31.79	4170.018	4176.251	4217.448	4105.252	4205.624	4346.239
3780.00	4067.350	SDR 9	3821.30	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	31.91	4169.898	4176.129	4217.448	4105.252	4207.964	4348.579
3800.00	4071.000	SDR 9	3841.83	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	32.03	4169.777	4176.005	4217.448	4105.252	4211.614	4352.229
3820.00	4071.710	SDR 9	3861.65	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	32.15	4169.658	4175.886	4217.448	4105.252	4212.324	4352.939
3840.00	4073.400	SDR 9	3881.72	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	32.27	4169.539	4175.765	4217.448	4105.252	4214.014	4354.629
3860.00	4074.210	SDR 9	3901.73	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	32.39	4169.420	4175.645	4217.448	4105.252	4214.824	4355.439
3880.00	4076.950	SDR 9	3921.92	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	32.51	4169.299	4175.523	4217.448	4105.252	4217.584	4358.179
3900.00	4083.120	SDR 9	3942.85	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	32.63	4169.175	4175.393	4217.448	4105.252	4223.734	4364.349
3920.00	4090.170	SDR 9	3964.06	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	32.76	4169.049	4175.261	4217.448	4105.252	4230.784	4371.399
3940.00	4093.550	SDR 9	3984.34	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	32.88	4168.928	4175.138	4217.448	4105.252	4234.164	4374.779
3960.00	4095.800	SDR 9	4004.47	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.00	4168.808	4175.016	4217.448	4105.252	4236.414	4377.029
3980.00	4094.540	SDR 9	4024.51	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.12	4168.689	4174.898	4217.448	4105.252	4235.154	4375.769
4000.00	4091.570	SDR 9	4044.73	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.24	4168.569	4174.780	4217.448	4105.252	4232.184	4372.799
4020.00	4090.340	SDR 9	4064.76	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.36	4168.450	4174.662	4217.448	4105.252	4230.954	4371.569
4040.00	4088.490	SDR 9	4084.86	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.48	4168.330	4174.544	4217.448	4105.252	4229.104	4369.719
4060.00	4089.740	SDR 9	4104.89	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.59	4168.211	4174.424	4217.448	4105.252	4230.354	4370.969
4080.00	4090.410	SDR 9	4124.90	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.71	4168.092	4174.304	4217.448	4105.252	4231.024	4371.689
4100.00	4091.290	SDR 9	4144.92	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.83	4167.973	4174.184	4217.448	4105.252	4231.904	4372.519
4120.00	4092.880	SDR 9	4164.98	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	33.95	4167.853	4174.063	4217.448	4105.252	4233.494	4374.109
4140.00	4094.070	SDR 9	4185.02	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	34.07	4167.734	4173.943	4217.448	4105.252	4234.684	4375.299
4160.00	4096.980	SDR 9	4205.23	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	34.19	4167.614	4173.821	4217.448	4105.252	4237.594	4378.209
4180.00	4099.770	SDR 9	4225.42	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	34.31	4167.494	4173.698	4217.448	4105.252	4240.384	4380.999
4200.00	4100.960	SDR 9	4245.46	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	34.43	4167.374	4173.578	4217.448	4105.252	4241.574	4382.189
4220.00	4101.740	SDR 9	4265.47	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	34.55	4167.255	4173.458	4217.448	4105.252	4242.354	4382.969
4240.00	4101.950	SDR 9	4285.47	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	34.67	4167.136	4173.339	4217.448	4105.252	4242.564	4383.179
4260.00	4101.950	SDR 9	4305.47	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	34.79	4167.017	4173.220	4217.448	4105.252	4242.564	4383.179
4280.00	4102.000	SDR 9	4325.47	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	34.91	4166.898	4173.101	4217.448	4105.252	4242.614	4383.229
4300.00	4103.170	SDR 9	4345.51	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.03	4166.779	4172.981	4217.448	4105.252	4243.784	4384.399
4320.00	4103.910	SDR 9	4365.52	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.15	4166.660	4172.861	4217.448	4105.252	4244.524	4385.139
4340.00	4103.910	SDR 9	4385.52	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.26	4166.541	4172.742	4217.448	4105.252	4244.524	4385.139
4360.00	4103.910	SDR 9	4405.52	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.38	4166.422	4172.623	4217.448	4105.252	4244.524	4385.139
4380.00	4104.430	SDR 9	4425.53	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.50	4166.303	4172.504	4217.448	4105.252	4245.044	4385.659
4400.00	4104.830	SDR 9	4445.53	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.62	4166.184	4172.384	4217.448	4105.252	4245.444	4386.059
4420.00	4105.500	SDR 9	4465.54	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.74	4166.065	4172.265	4217.448	4105.252	4246.114	4386.729
4440.00	4105.730	SDR 9	4485.54	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.86	4165.946	4172.146	4217.448	4105.252	4246.344	4386.959
4460.00	4105.730	SDR 9	4505.54	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	35.98	4165.827	4172.027	4217.448	4105.252	4246.344	4386.959
4480.00	4104.210	SDR 9	4525.60	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	36.10	4165.707	4171.909	4217.448	4105.252	4244.824	4385.439
4500.00	4099.760	SDR 9	4546.09	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	36.22	4165.586	4171.790	4217.448	4105.252	4240.374	4380.989

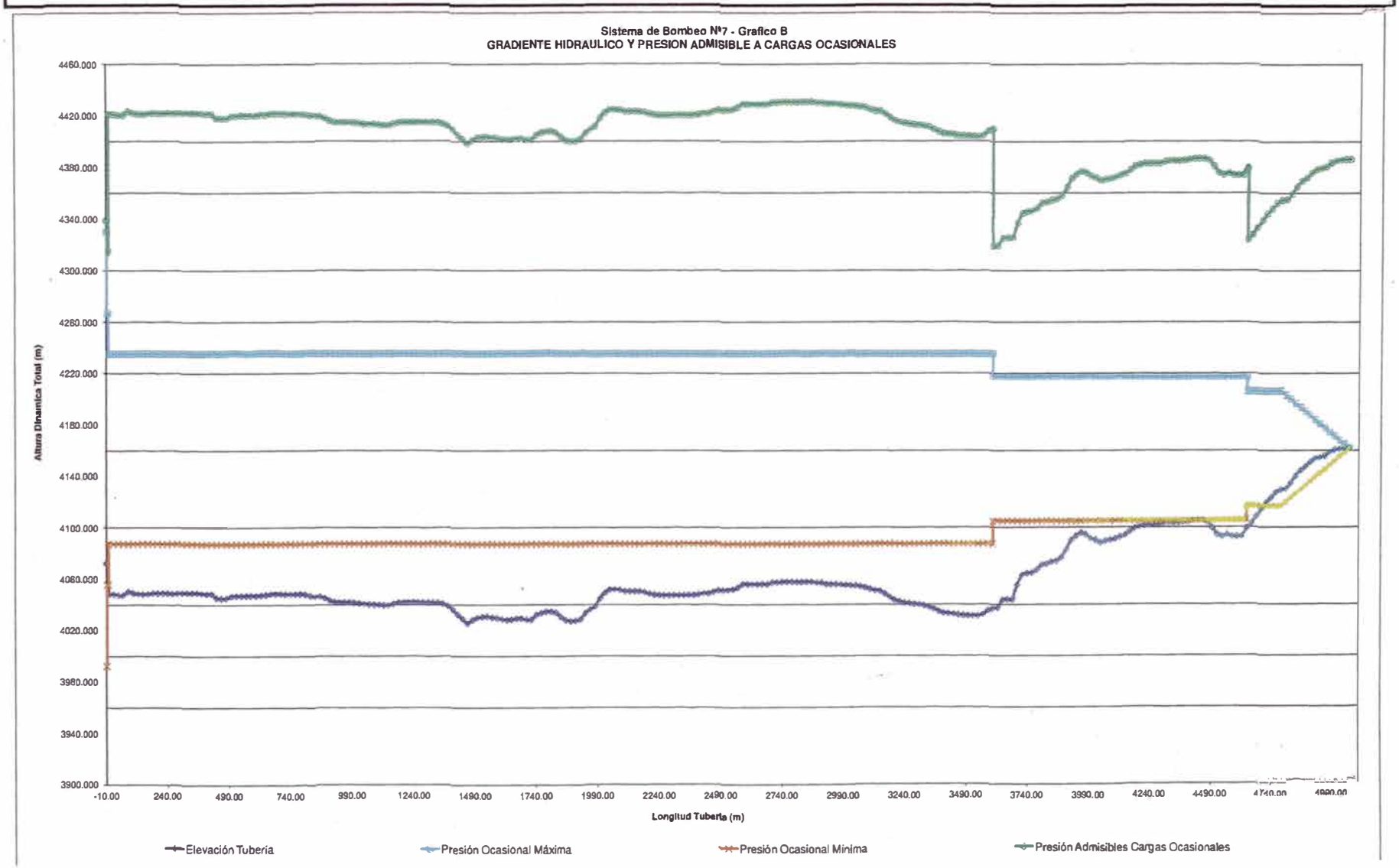
ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

4520.00	4094.580	SDR 9	4566.75	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	36.34	4165.463	4171.872	4217.448	4105.252	4235.194	4375.809
4540.00	4093.000	SDR 9	4586.81	13.840	2.14E-05	1.85	4.43E+05	0.01421	0.14	36.46	4165.343	4171.553	4217.448	4105.252	4233.814	4374.229
4560.00	4094.500	SDR 9	4606.87	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	36.58	4165.224	4171.433	4217.448	4105.252	4235.114	4375.729
4580.00	4093.000	SDR 9	4626.93	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	36.70	4165.105	4171.315	4217.448	4105.252	4233.814	4374.229
4600.00	4093.000	SDR 9	4646.93	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	36.82	4164.986	4171.196	4217.448	4105.252	4233.814	4374.229
4620.00	4093.000	SDR 9	4666.93	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	36.94	4164.867	4171.077	4217.448	4105.252	4233.814	4374.229
4640.00	4099.260	SDR 9	4687.88	13.840	2.14E-05	1.65	4.43E+05	0.01421	0.14	37.06	4164.742	4170.947	4217.448	4105.252	4239.874	4380.489
4640.00	4099.260	SDR 11	4687.88	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.06	4164.742	4170.947	4206.054	4116.646	4211.751	4324.243
4660.00	4103.080	SDR 11	4708.24	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.16	4164.849	4170.851	4206.054	4116.646	4215.571	4328.063
4680.00	4108.720	SDR 11	4729.02	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.25	4164.553	4170.751	4206.054	4116.646	4221.211	4333.703
4700.00	4113.540	SDR 11	4749.60	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.35	4164.459	4170.653	4206.054	4116.646	4226.031	4338.523
4720.00	4118.930	SDR 11	4770.31	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.44	4164.384	4170.553	4206.054	4116.646	4231.421	4343.913
4740.00	4122.960	SDR 11	4790.71	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.53	4164.271	4170.457	4206.054	4116.646	4235.451	4347.943
4760.00	4127.290	SDR 11	4811.18	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.63	4164.177	4170.359	4206.054	4116.646	4239.781	4352.273
4780.00	4129.440	SDR 11	4831.29	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.72	4164.085	4170.265	4206.054	4116.646	4241.931	4354.423
4800.00	4130.150	SDR 11	4851.30	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.81	4163.993	4170.173	4202.861	4119.839	4242.641	4355.133
4820.00	4134.400	SDR 11	4871.75	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	37.91	4163.899	4170.076	4199.668	4123.032	4246.891	4359.383
4840.00	4139.980	SDR 11	4892.51	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.00	4163.804	4169.976	4196.475	4126.225	4252.471	4364.963
4860.00	4144.410	SDR 11	4913.00	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.09	4163.710	4169.879	4193.282	4129.418	4256.901	4369.393
4880.00	4146.990	SDR 11	4933.16	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.19	4163.818	4169.784	4190.089	4132.611	4259.481	4371.973
4900.00	4150.620	SDR 11	4953.49	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.28	4163.525	4169.688	4186.895	4135.805	4263.111	4375.603
4920.00	4153.400	SDR 11	4973.68	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.37	4163.432	4169.594	4183.702	4138.998	4265.891	4378.383
4940.00	4154.210	SDR 11	4993.70	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.48	4163.341	4169.501	4180.509	4142.191	4266.701	4379.193
4960.00	4155.660	SDR 11	5013.75	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.56	4163.249	4169.408	4177.316	4145.384	4268.151	4380.643
4980.00	4158.720	SDR 11	5033.98	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.65	4163.156	4169.313	4174.123	4148.577	4271.211	4383.703
5000.00	4160.340	SDR 11	5054.05	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.74	4163.064	4169.220	4170.930	4151.770	4272.831	4385.323
5020.00	4160.780	SDR 11	5074.05	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.83	4162.972	4169.128	4167.736	4154.964	4273.271	4385.763
5040.00	4161.350	SDR 11	5094.06	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	38.92	4162.881	4169.036	4164.543	4158.157	4273.841	4386.333
5060.00	4161.350	SDR 11	5114.06	14.596	2.14E-05	1.48	4.20E+05	0.01428	0.11	39.02	4162.789	4168.944	4161.350	4161.350	4273.841	4386.333

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

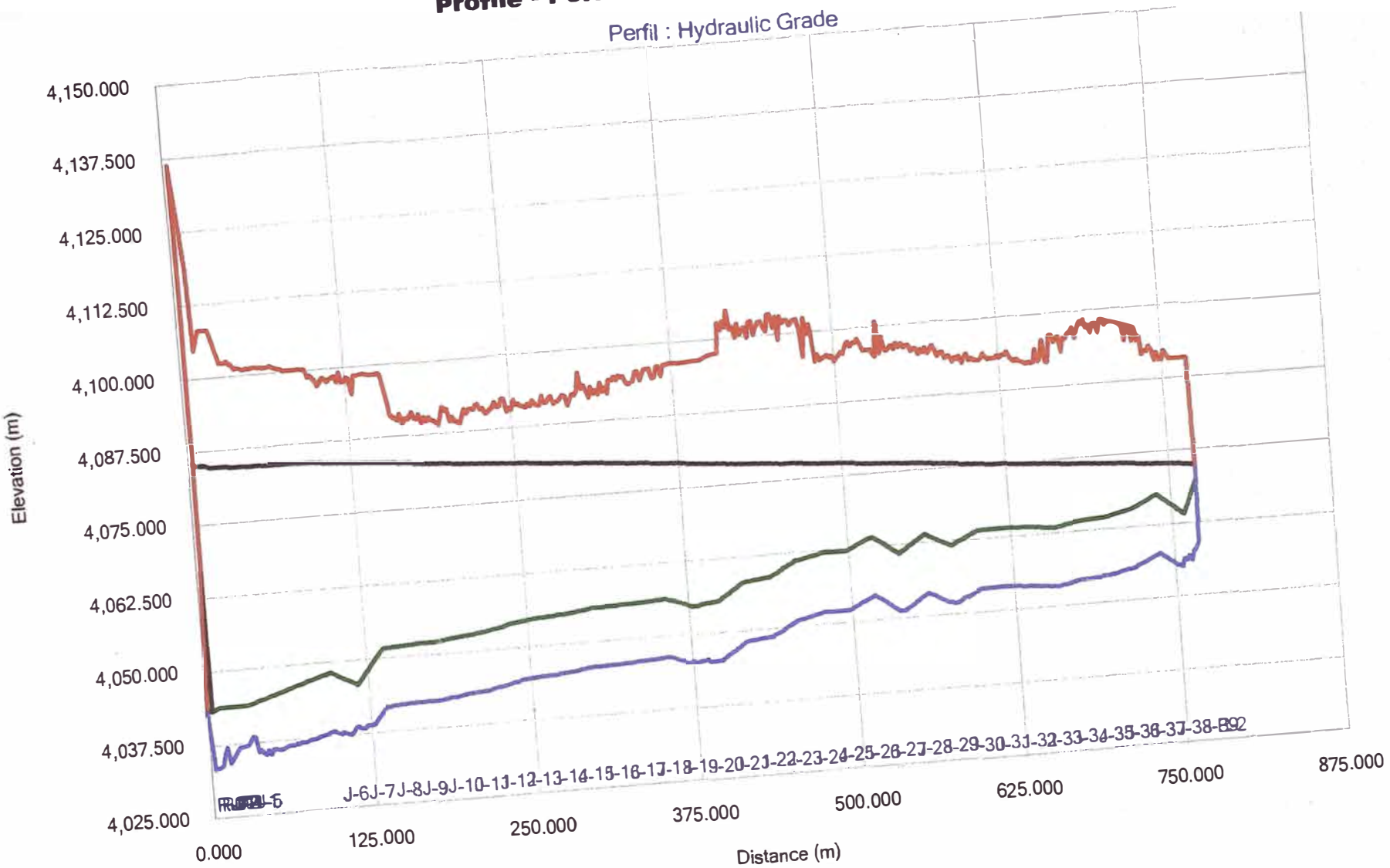


ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL METODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO



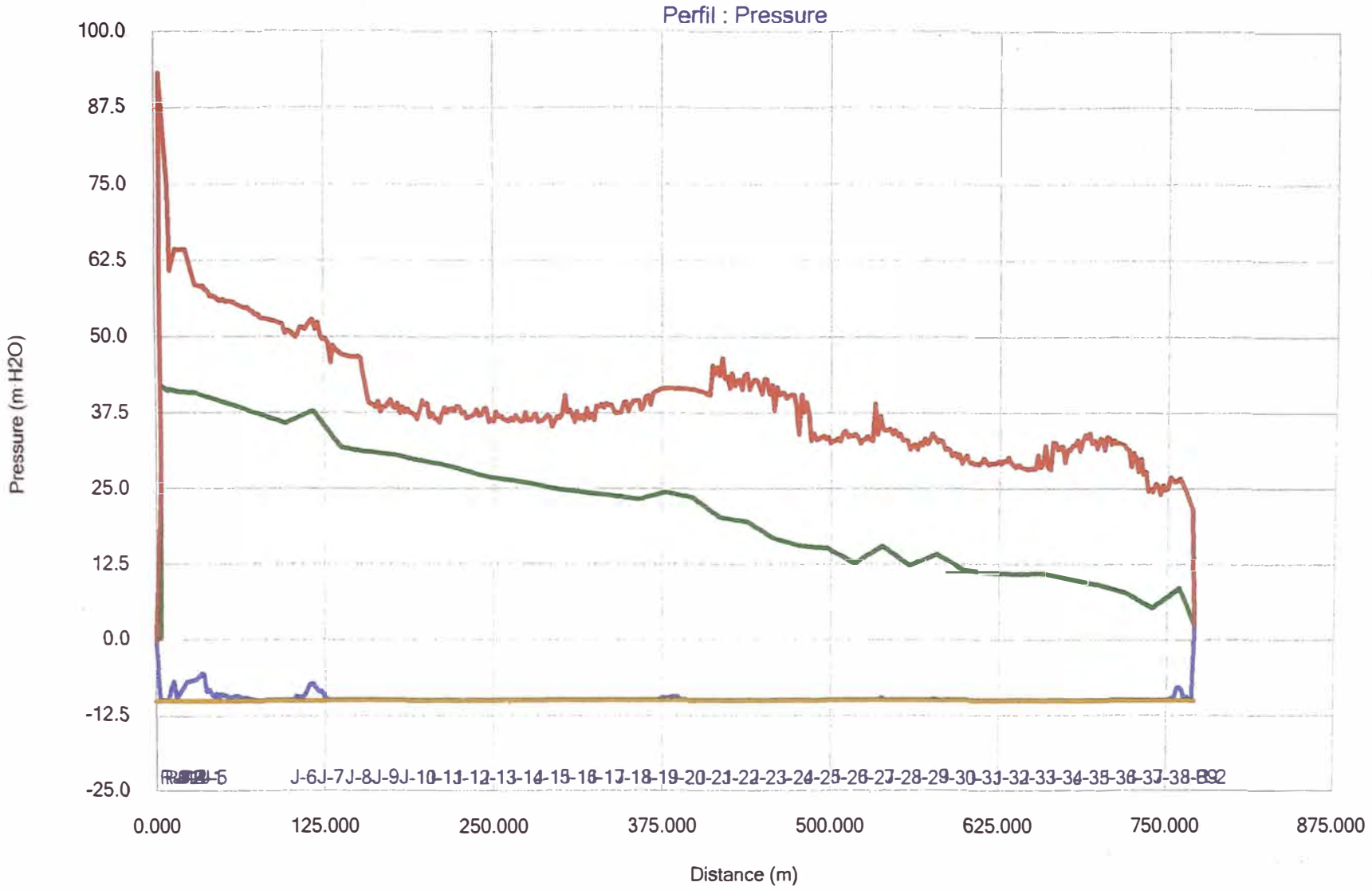
ANEXOS III: RESULTADOS GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS A LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS SIN CONSIDERAR PROTECCIÓN

Profile - Perfil : Hydraulic Grade

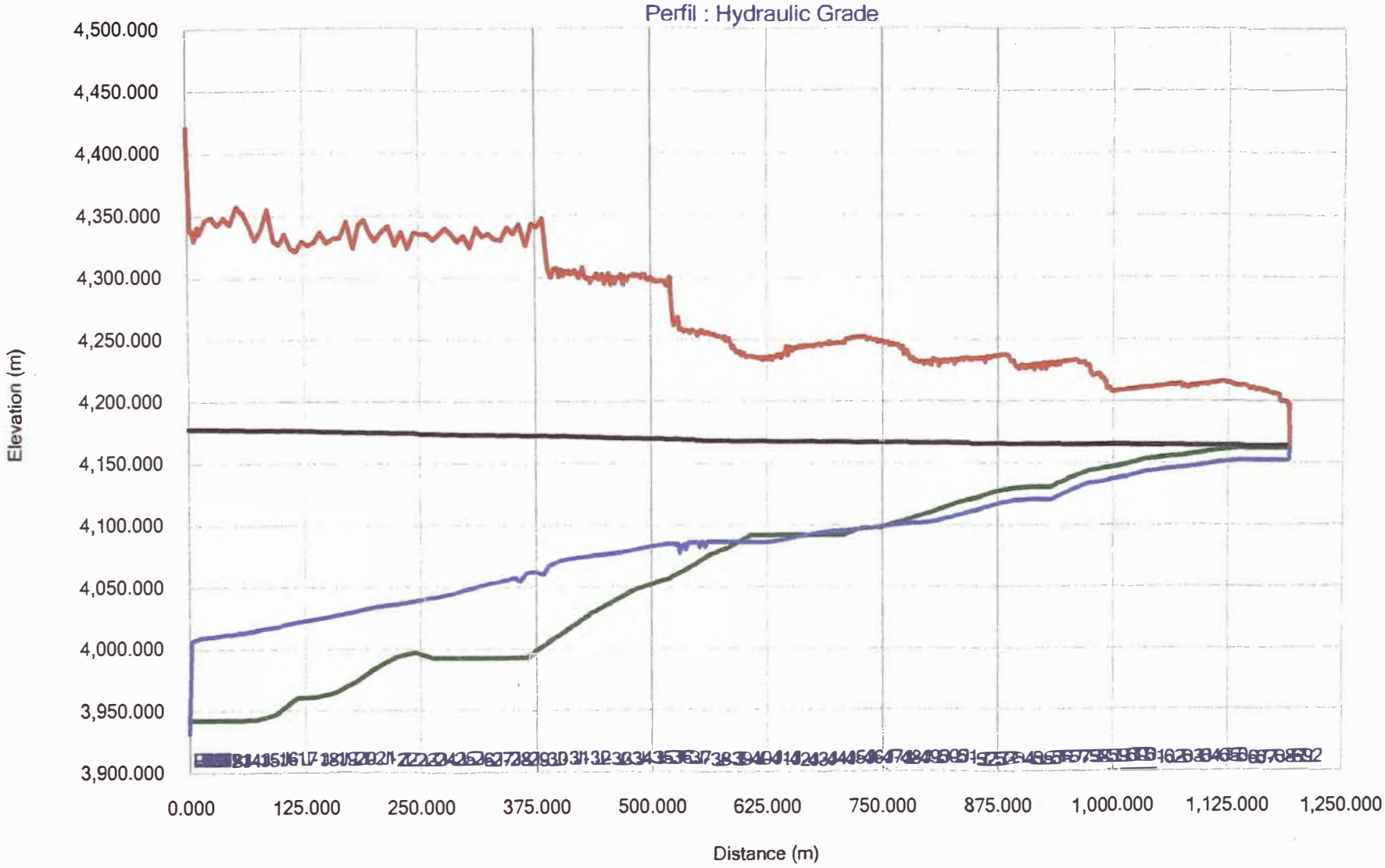


Bentley Systems, Inc. Haestad Methods Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666

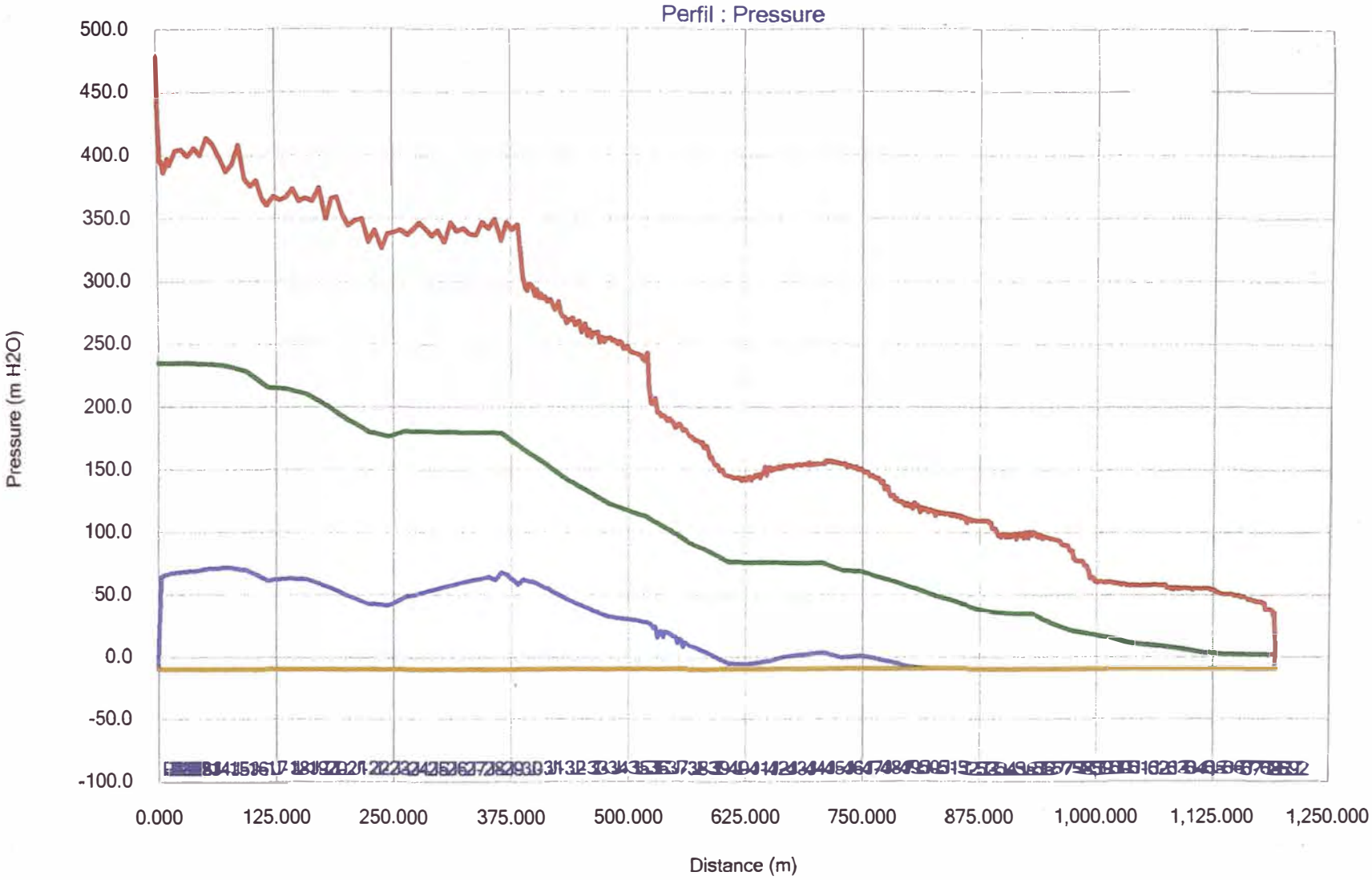
Profile - Perfil : Pressure



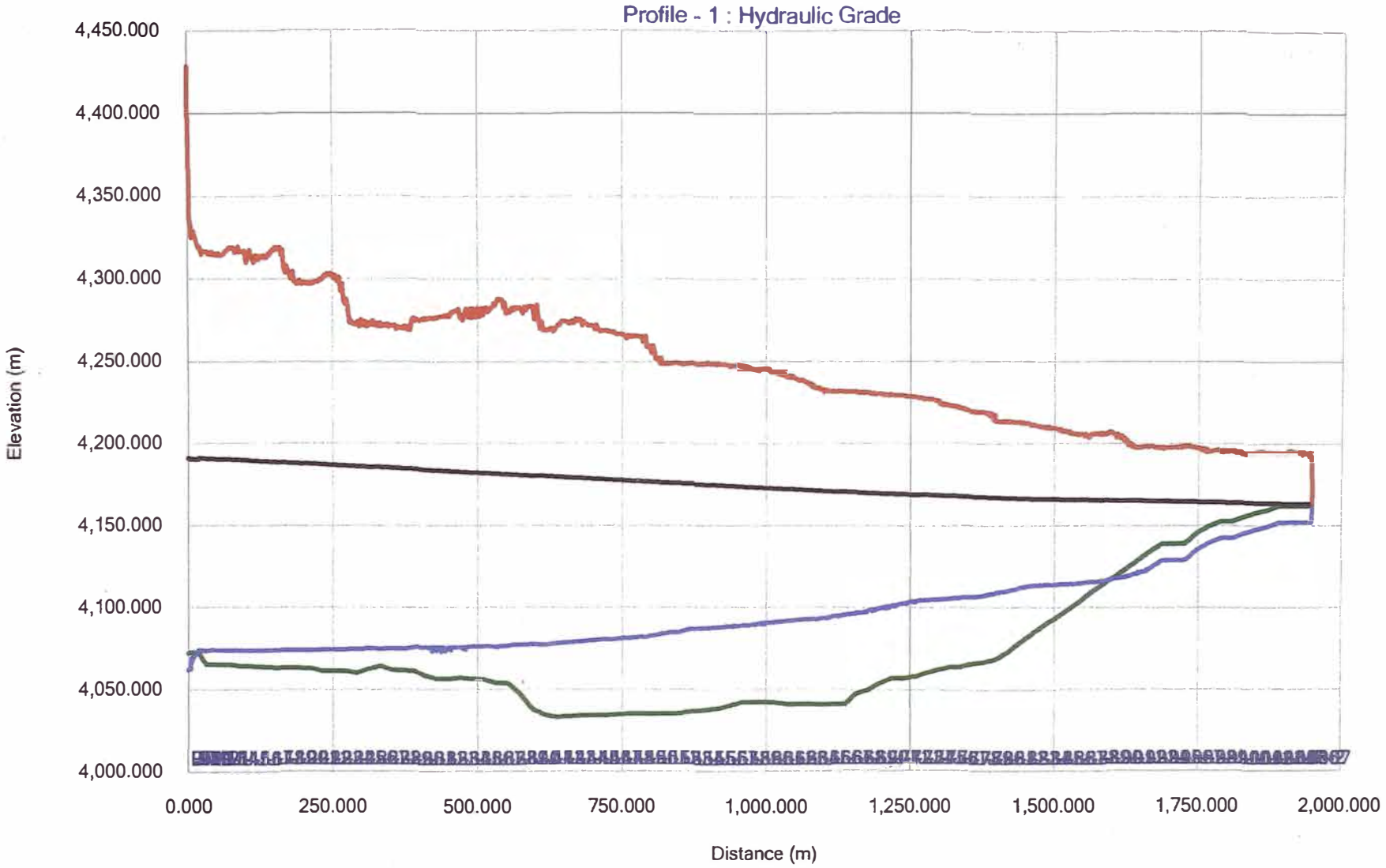
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



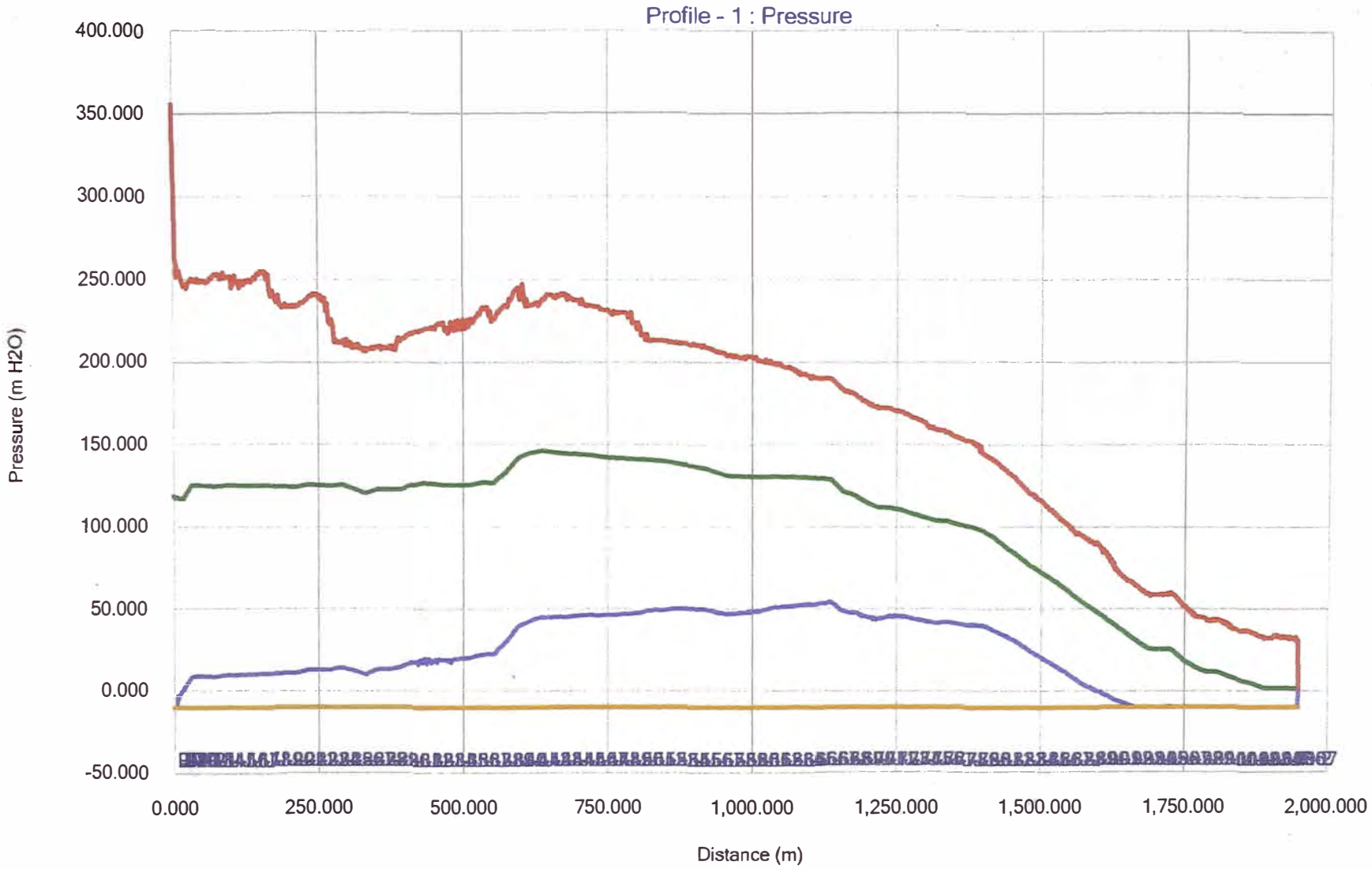
Profile - Perfil : Pressure



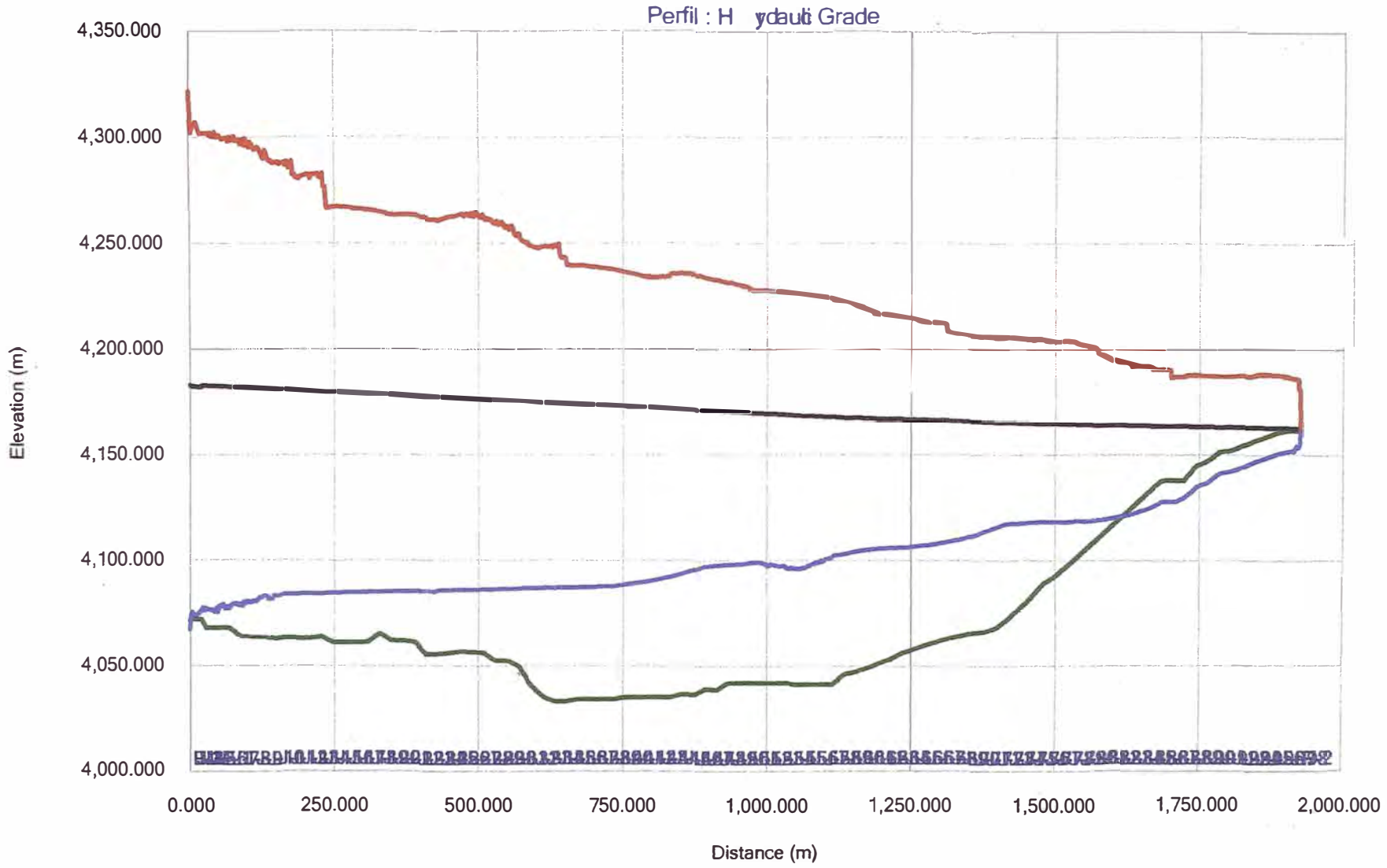
Profile - Profile - 1 : Hydraulic Grade



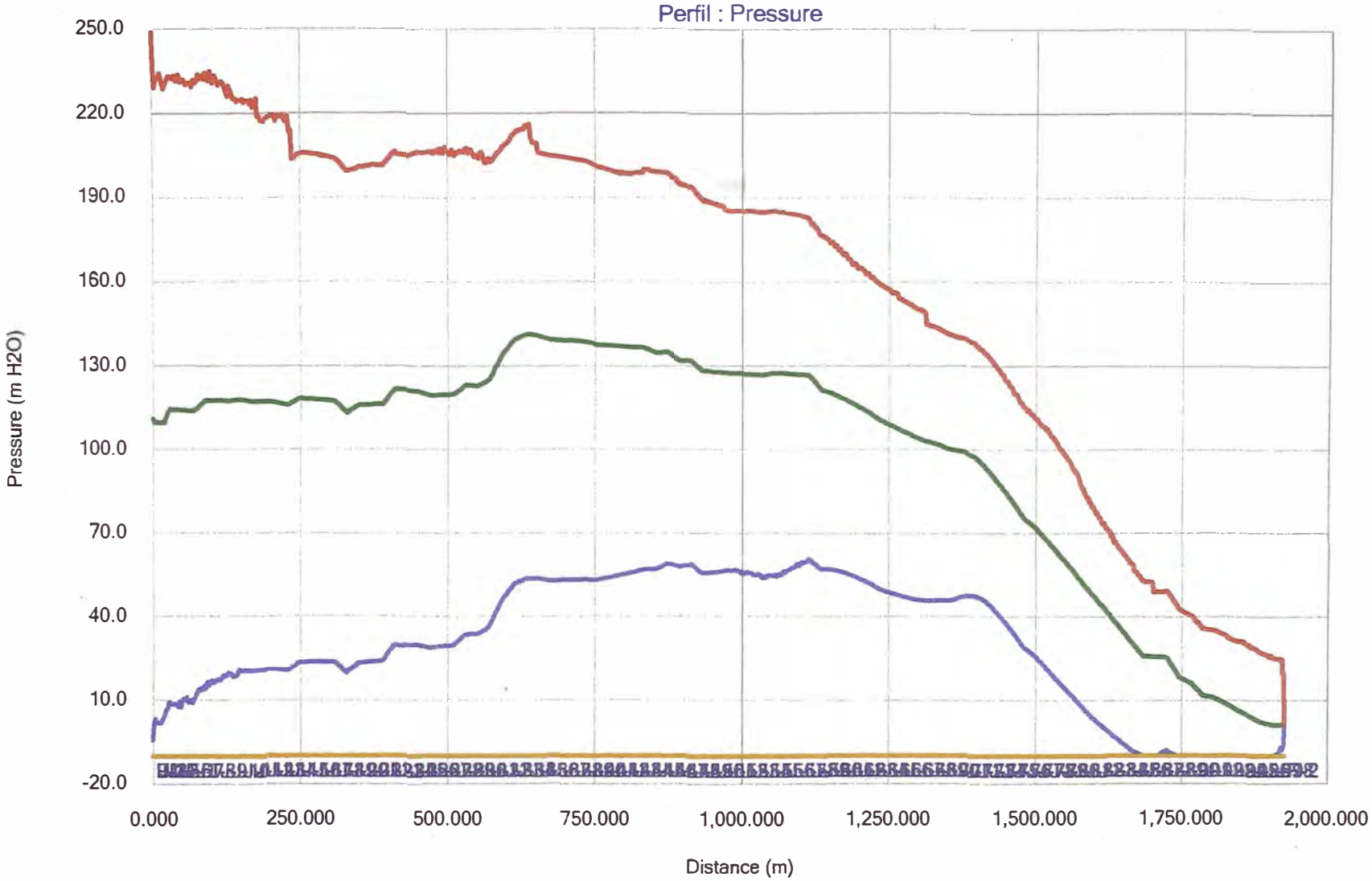
Profile - Profile - 1 : Pressure



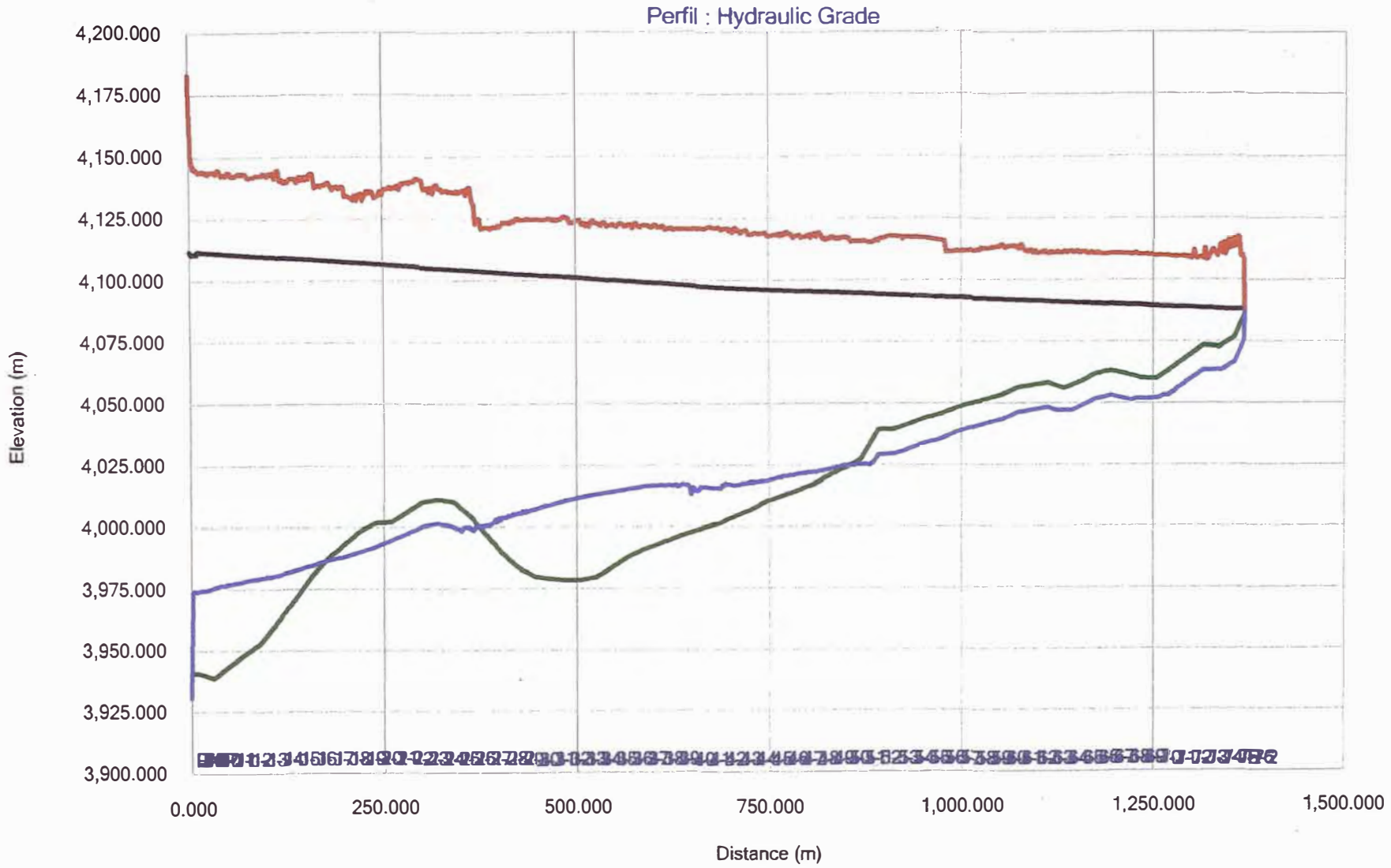
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



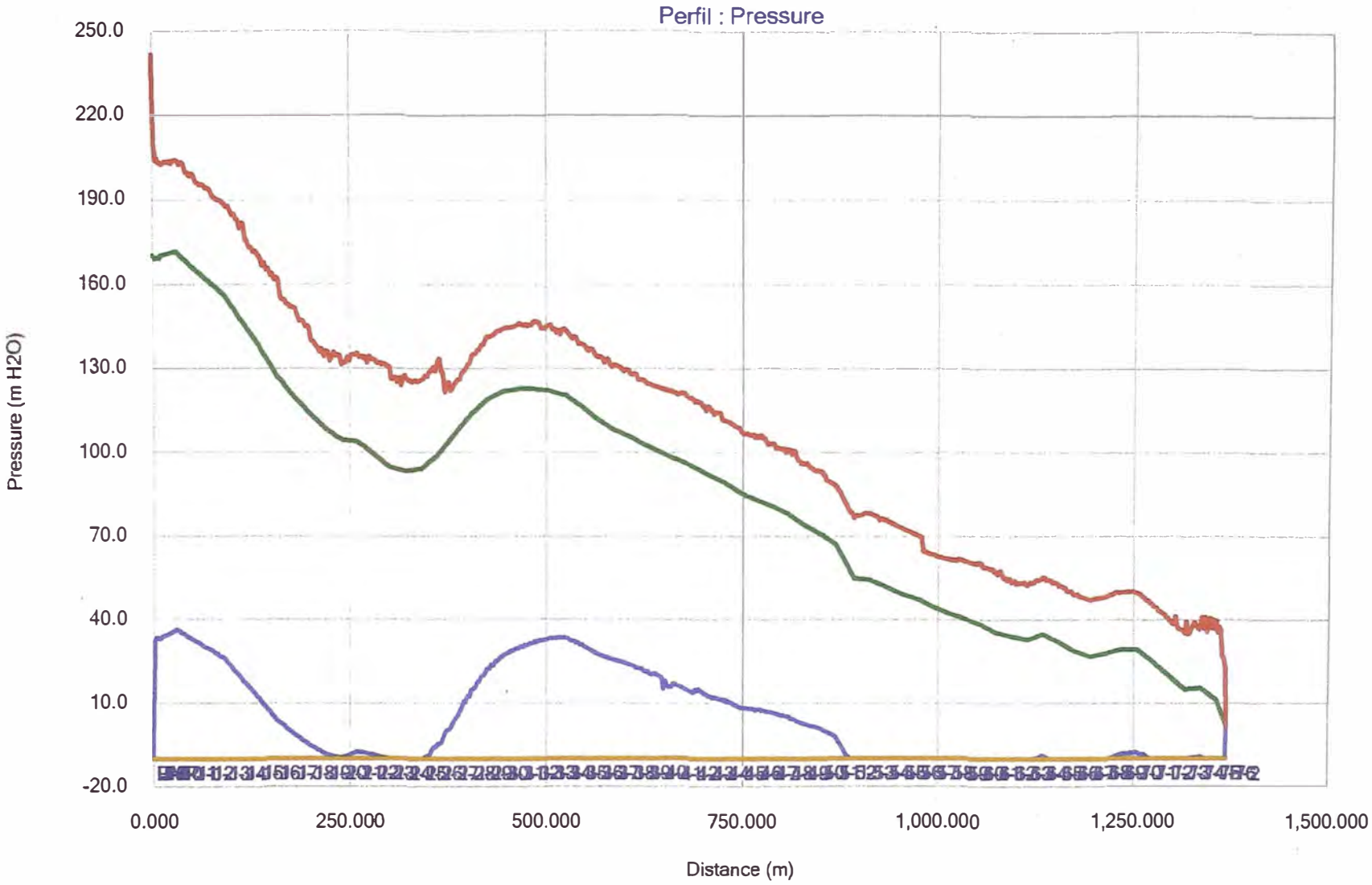
Profile - Perfil : Pressure



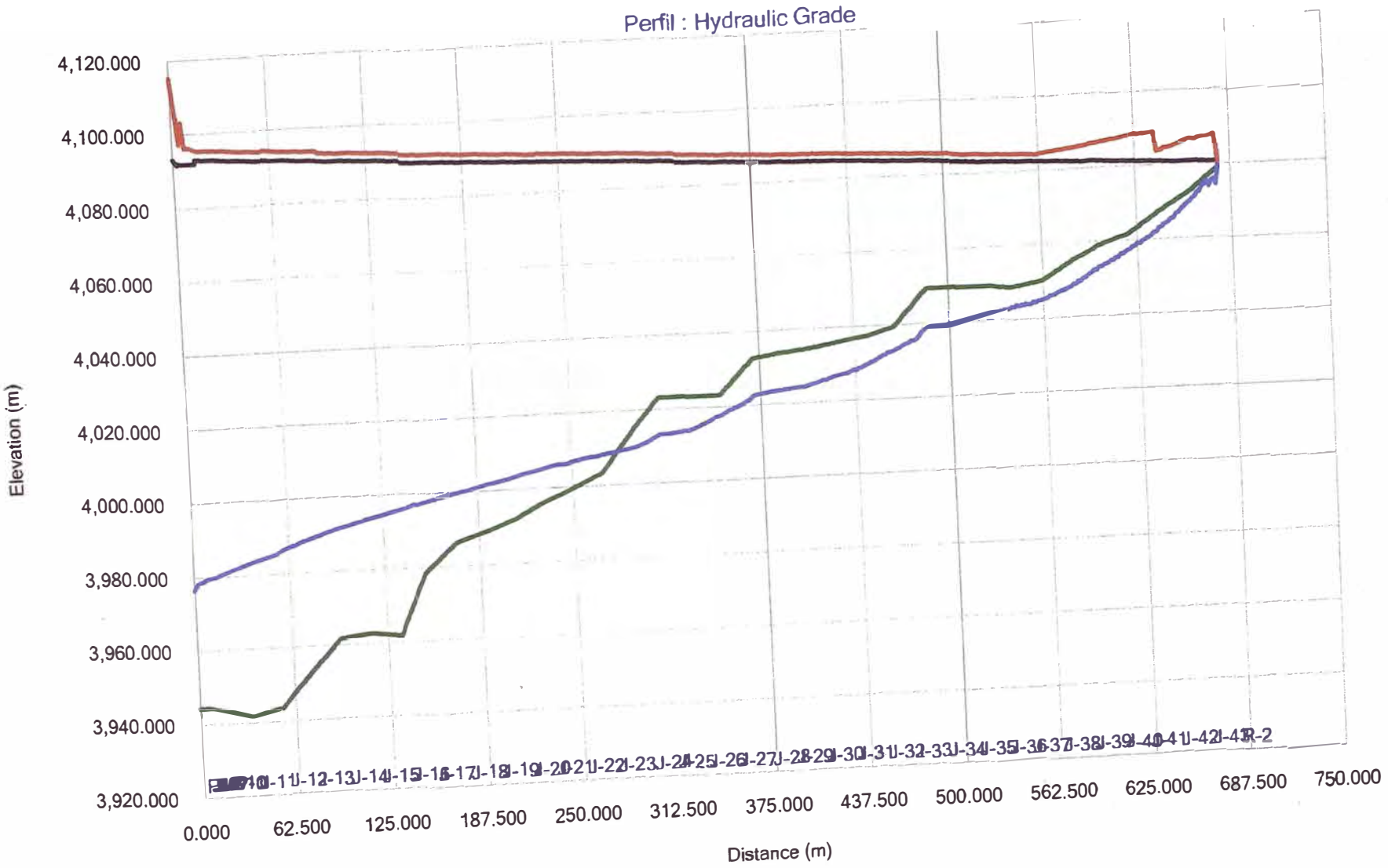
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



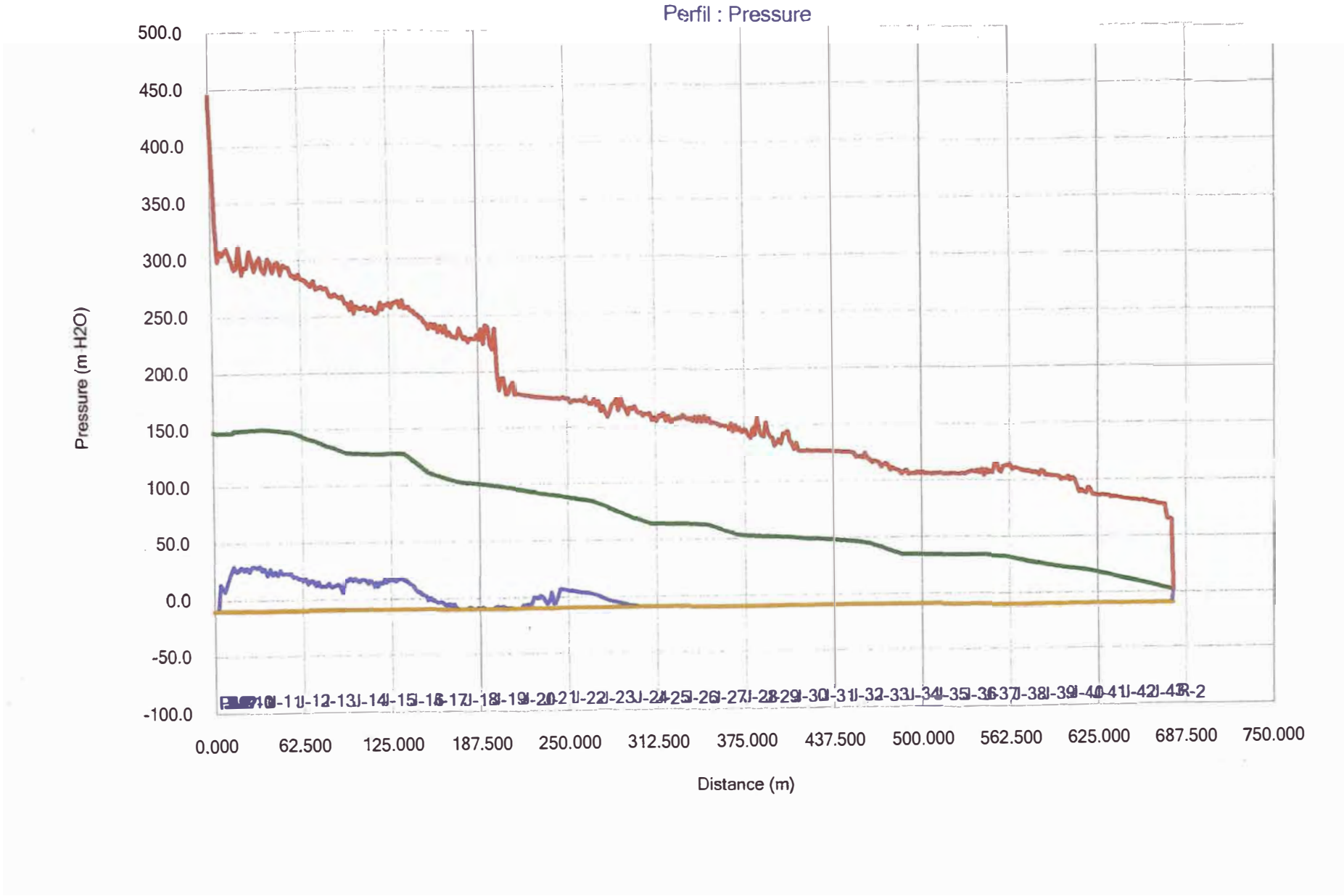
Profile - Perfil : Pressure



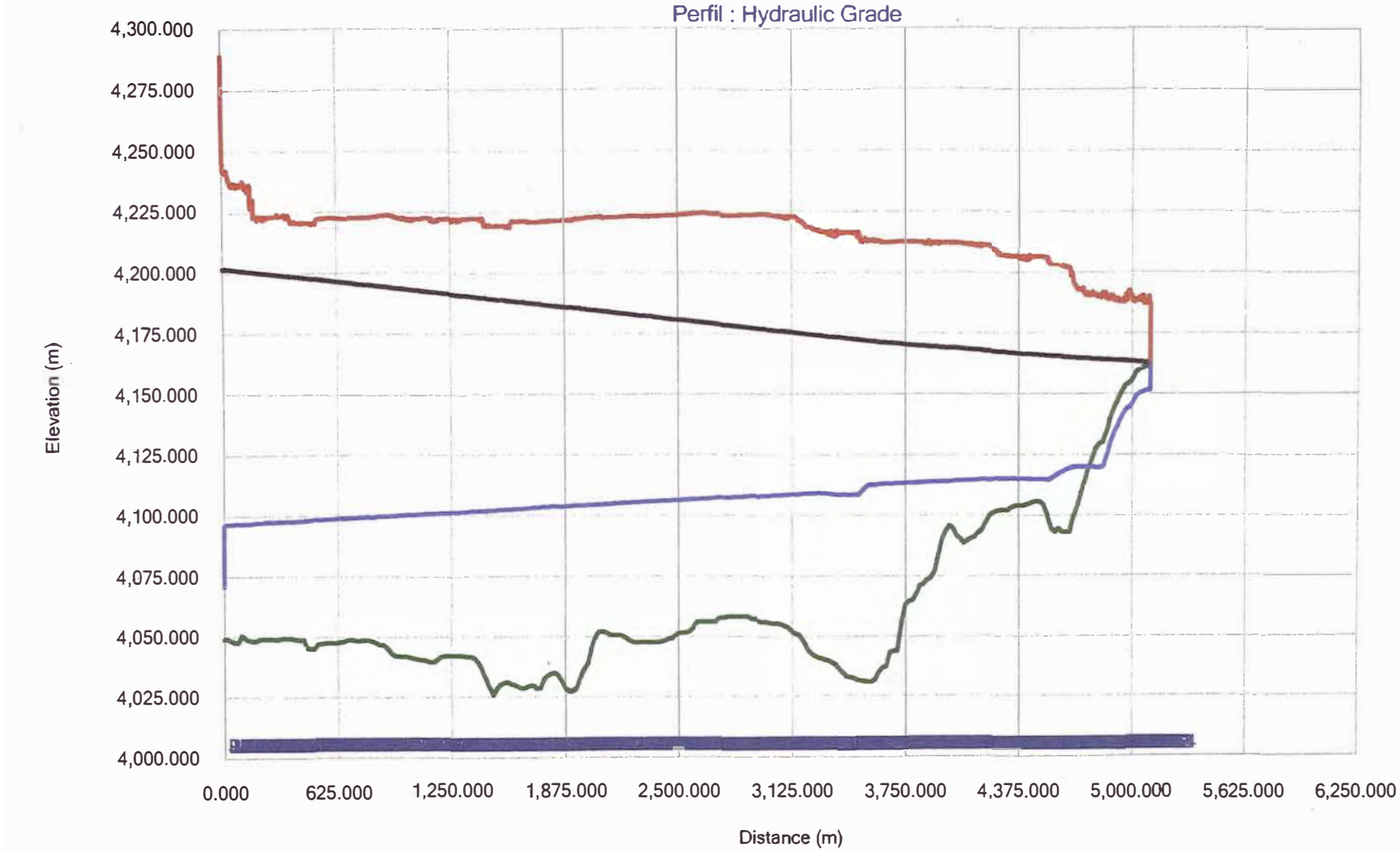
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



Profile - Perfil : Pressure



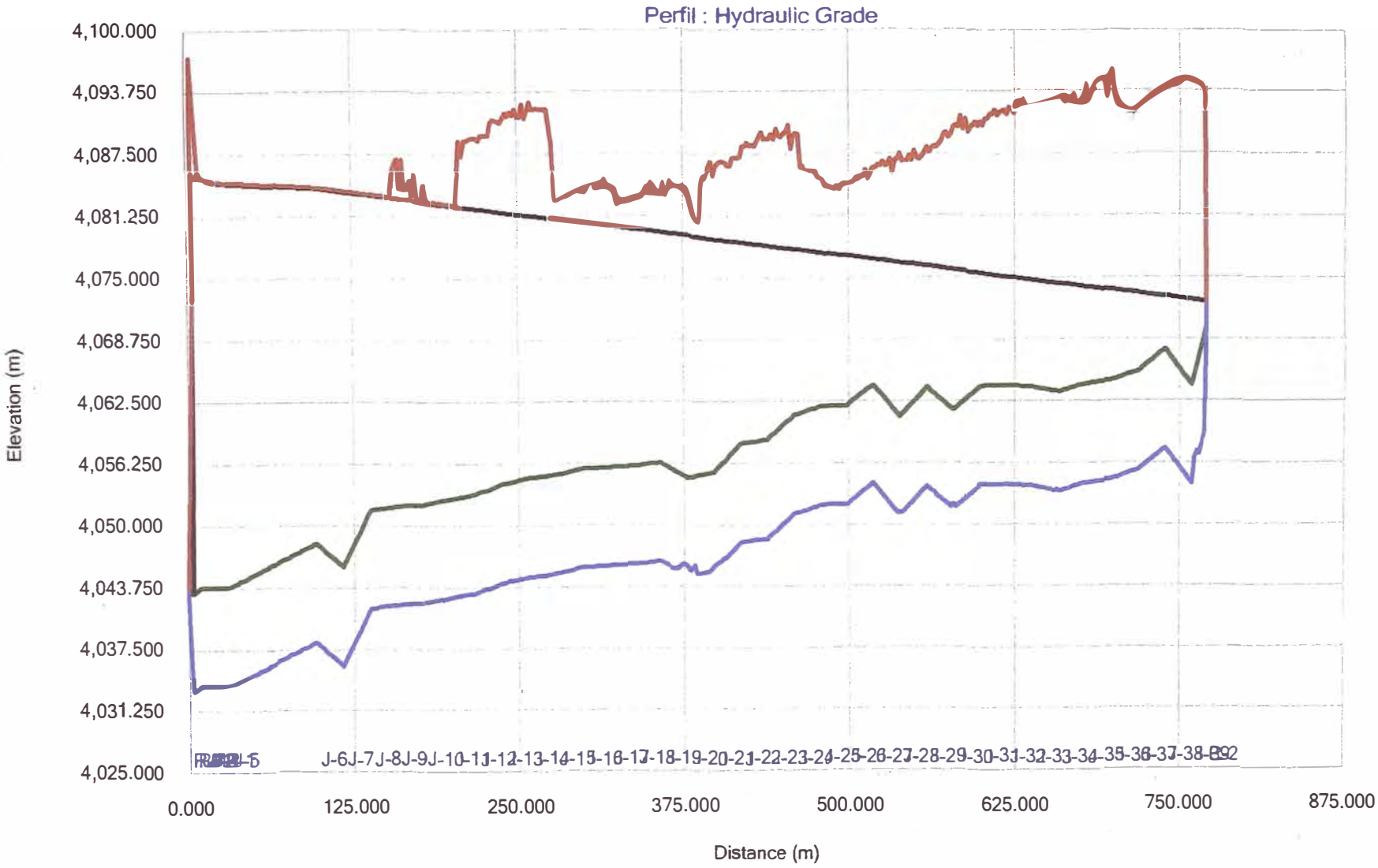
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



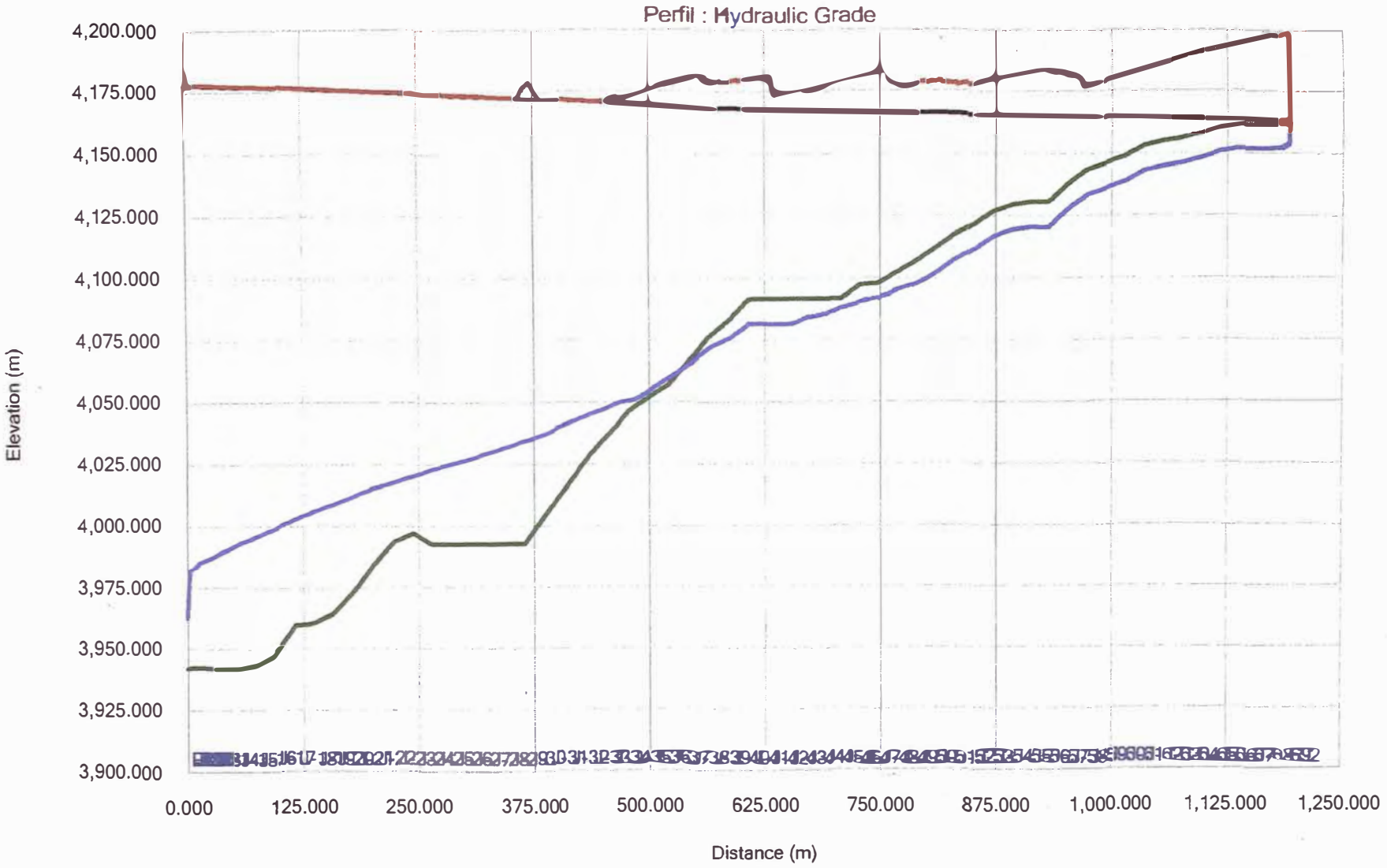
Profile - Perfil : Pressure

ANEXOS IV: RESULTADOS GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS A LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS CONSIDERANDO PROTECCIÓN

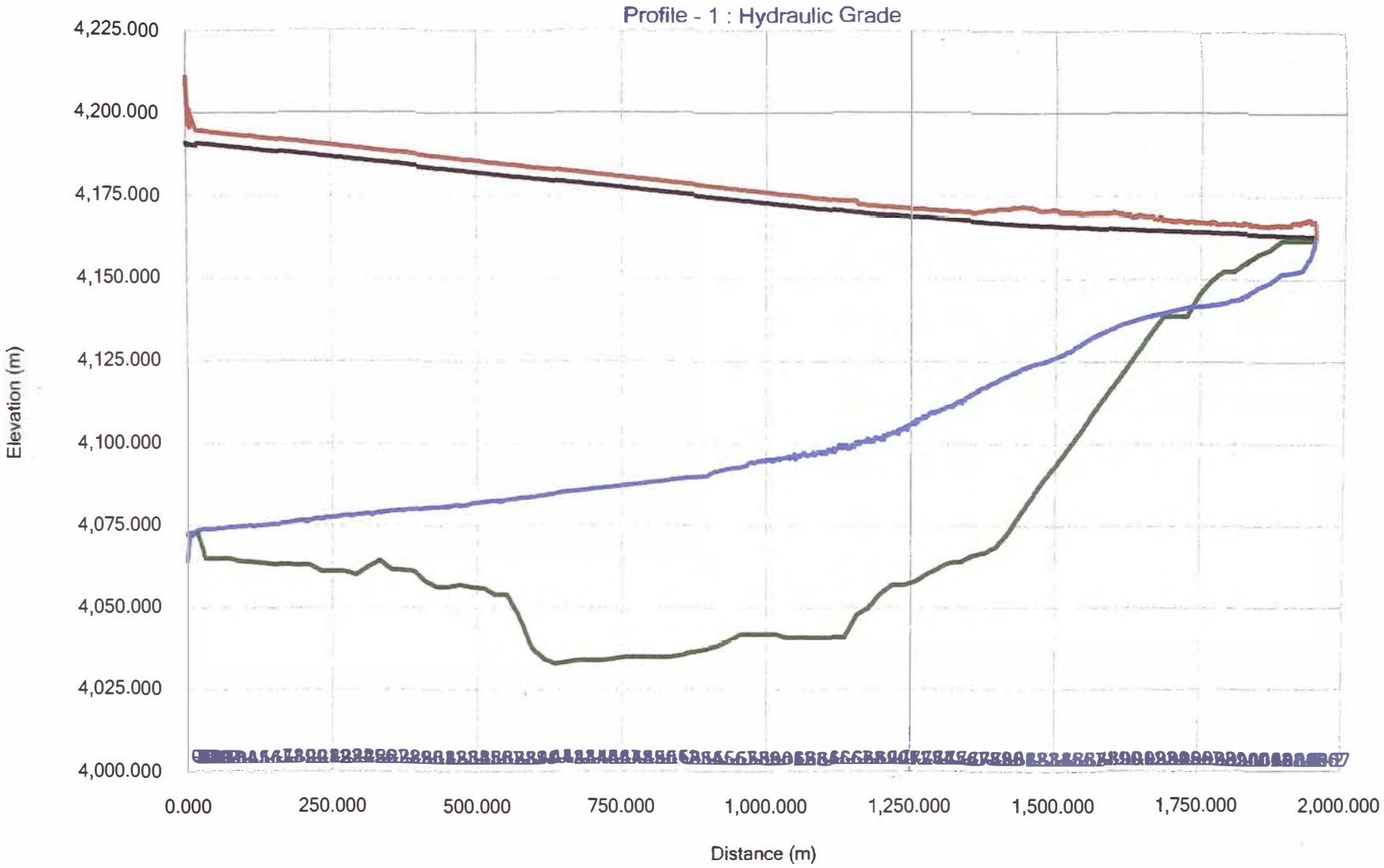
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



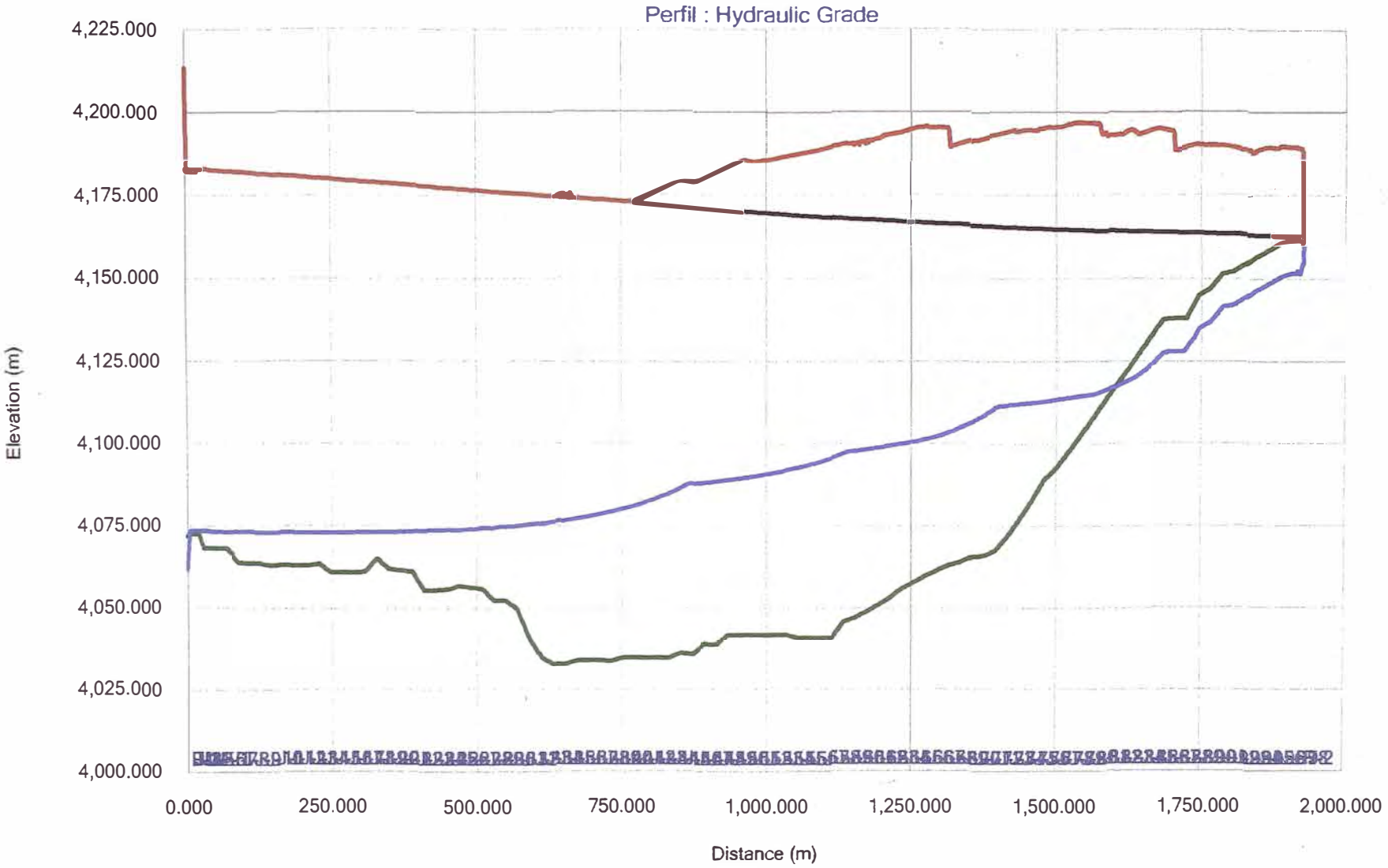
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



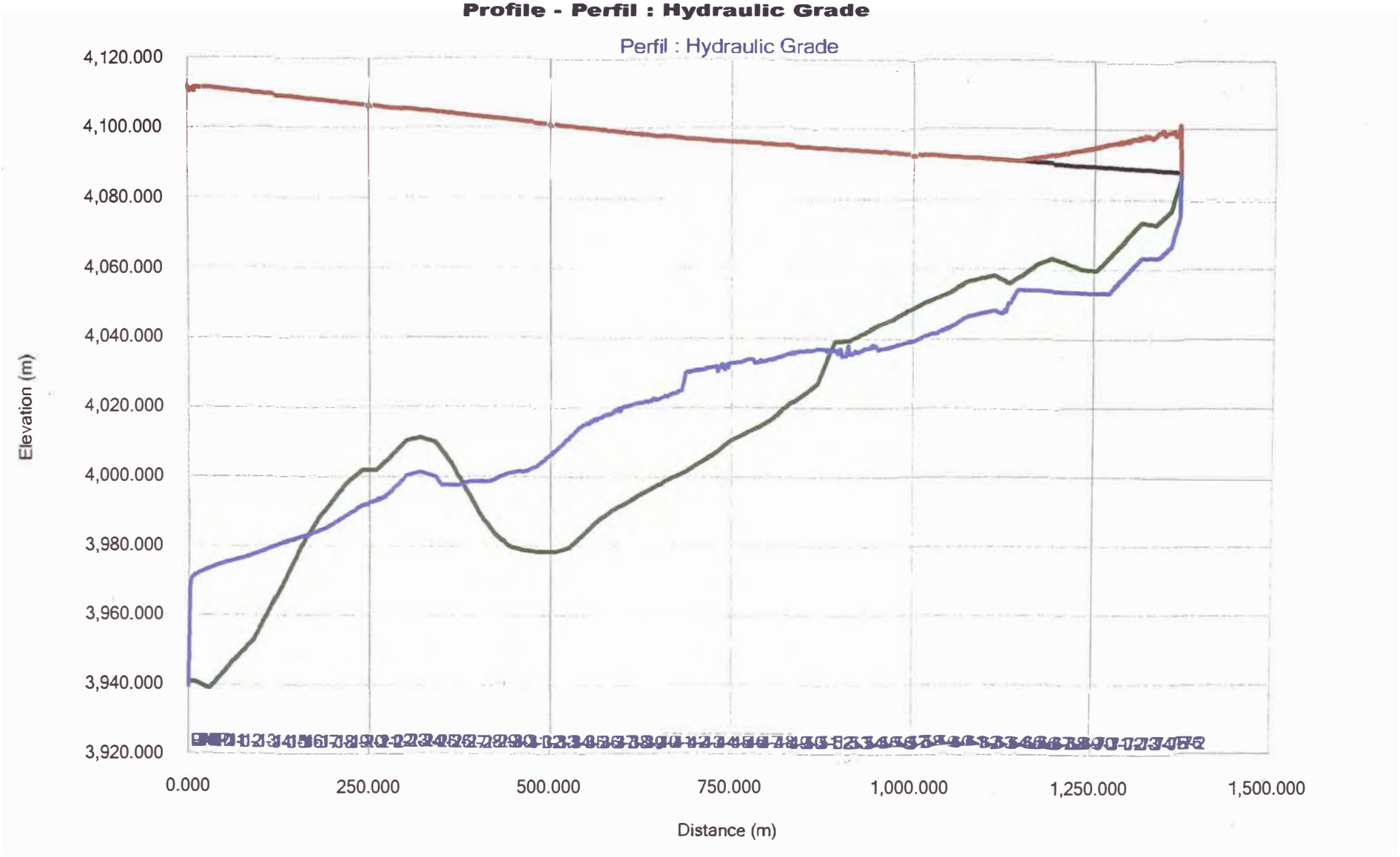
Profile - Profile - 1 : Hydraulic Grade



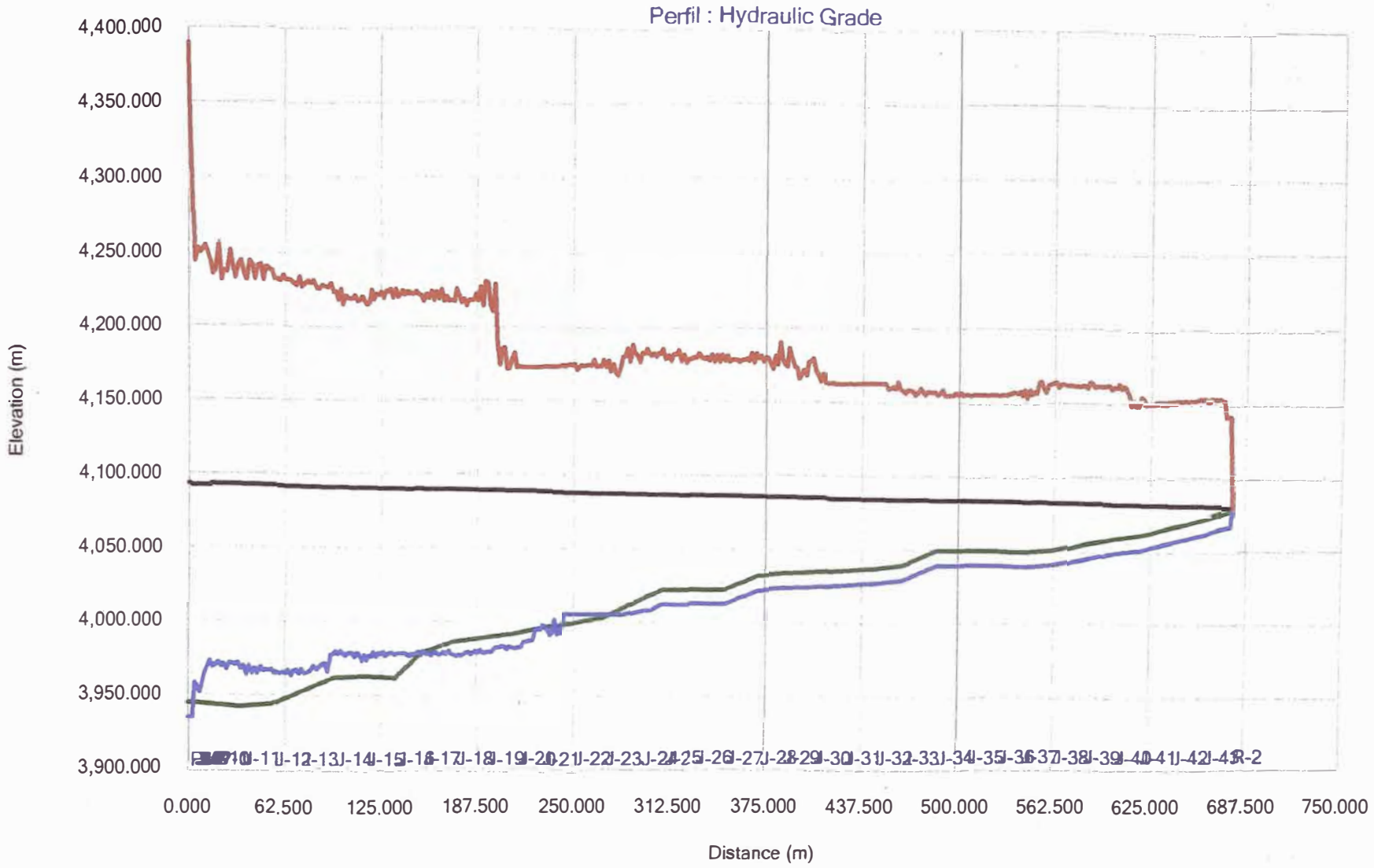
Profile - Perfil Hydraulic Grade



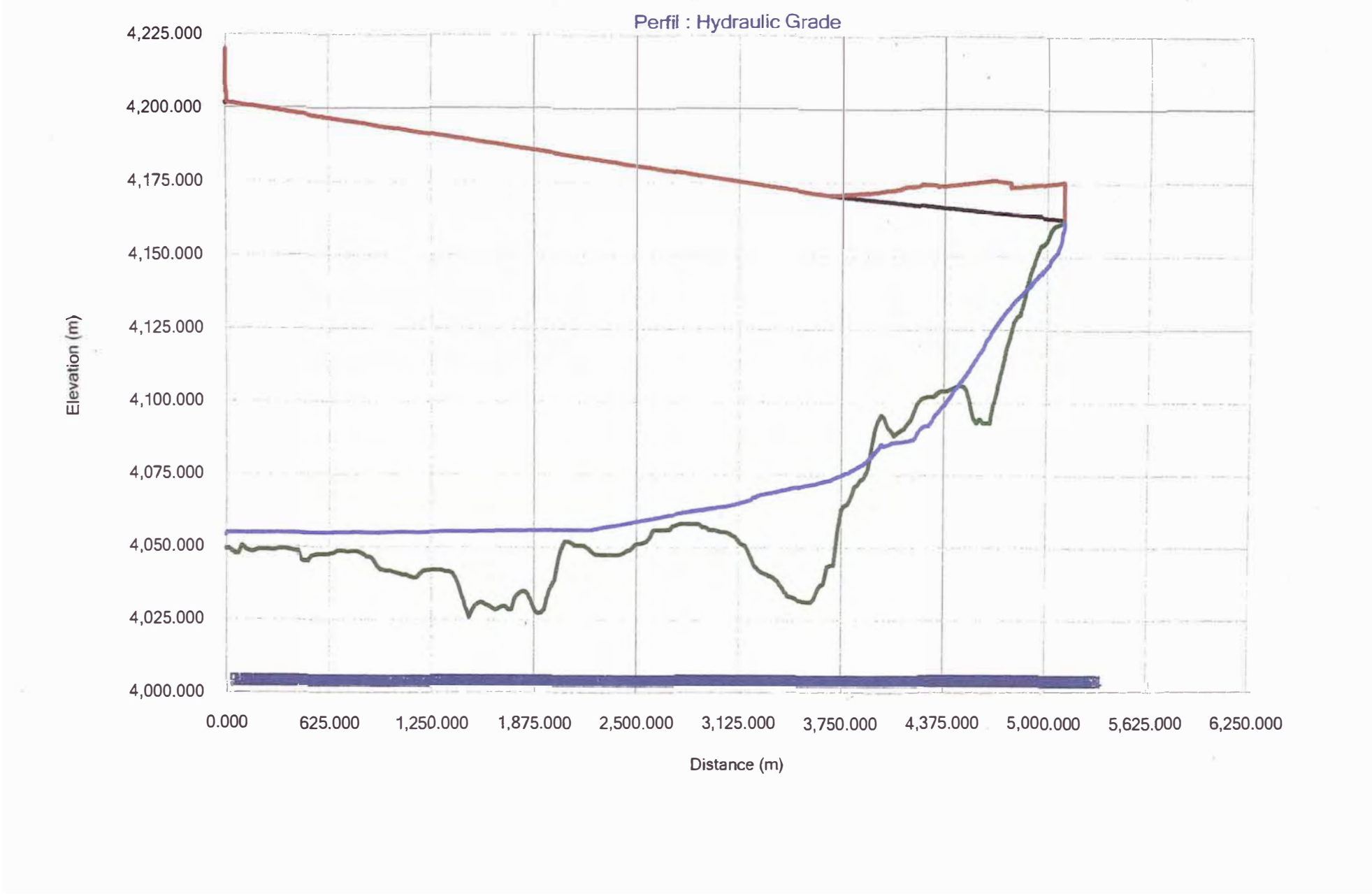
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



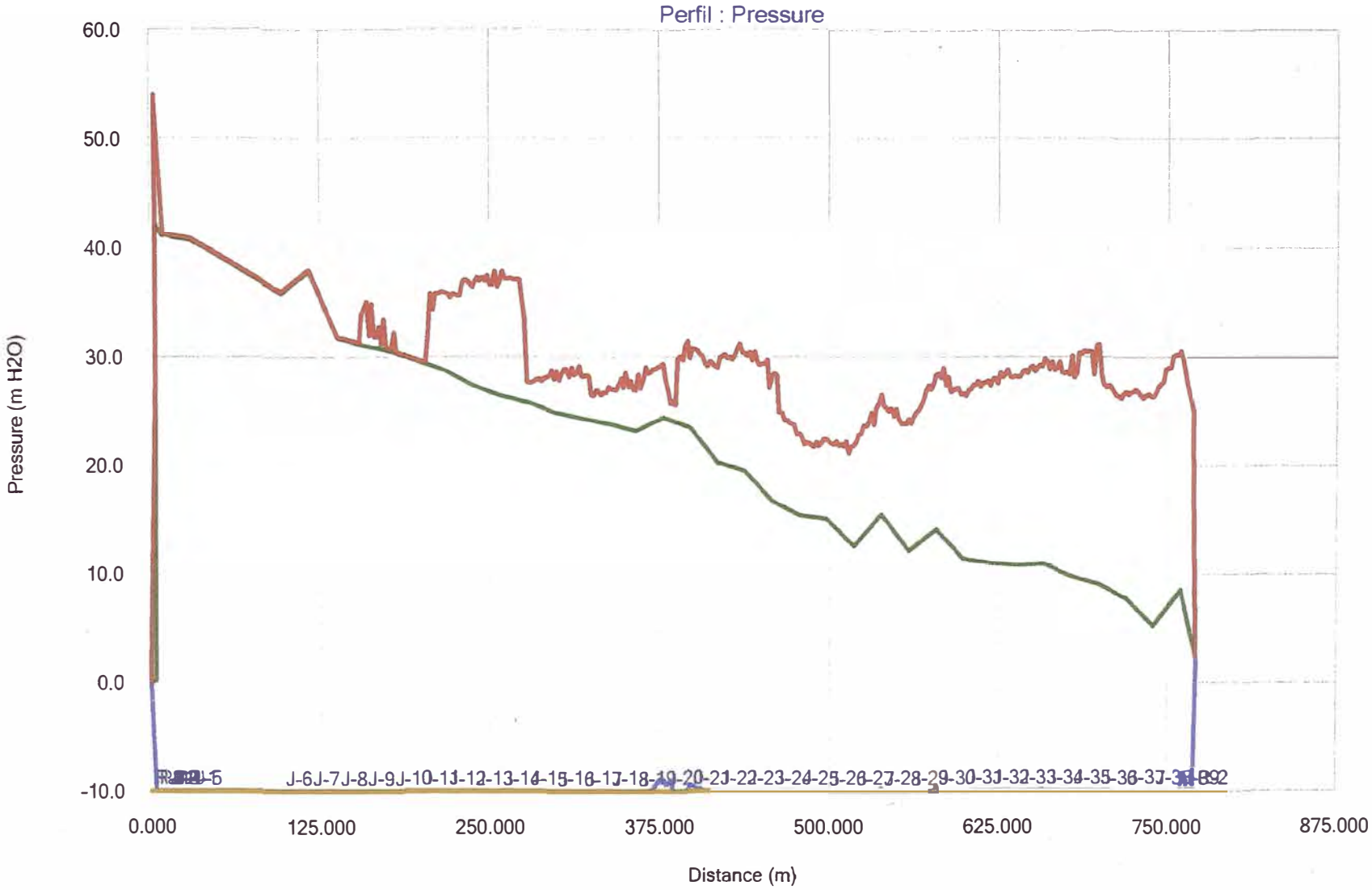
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



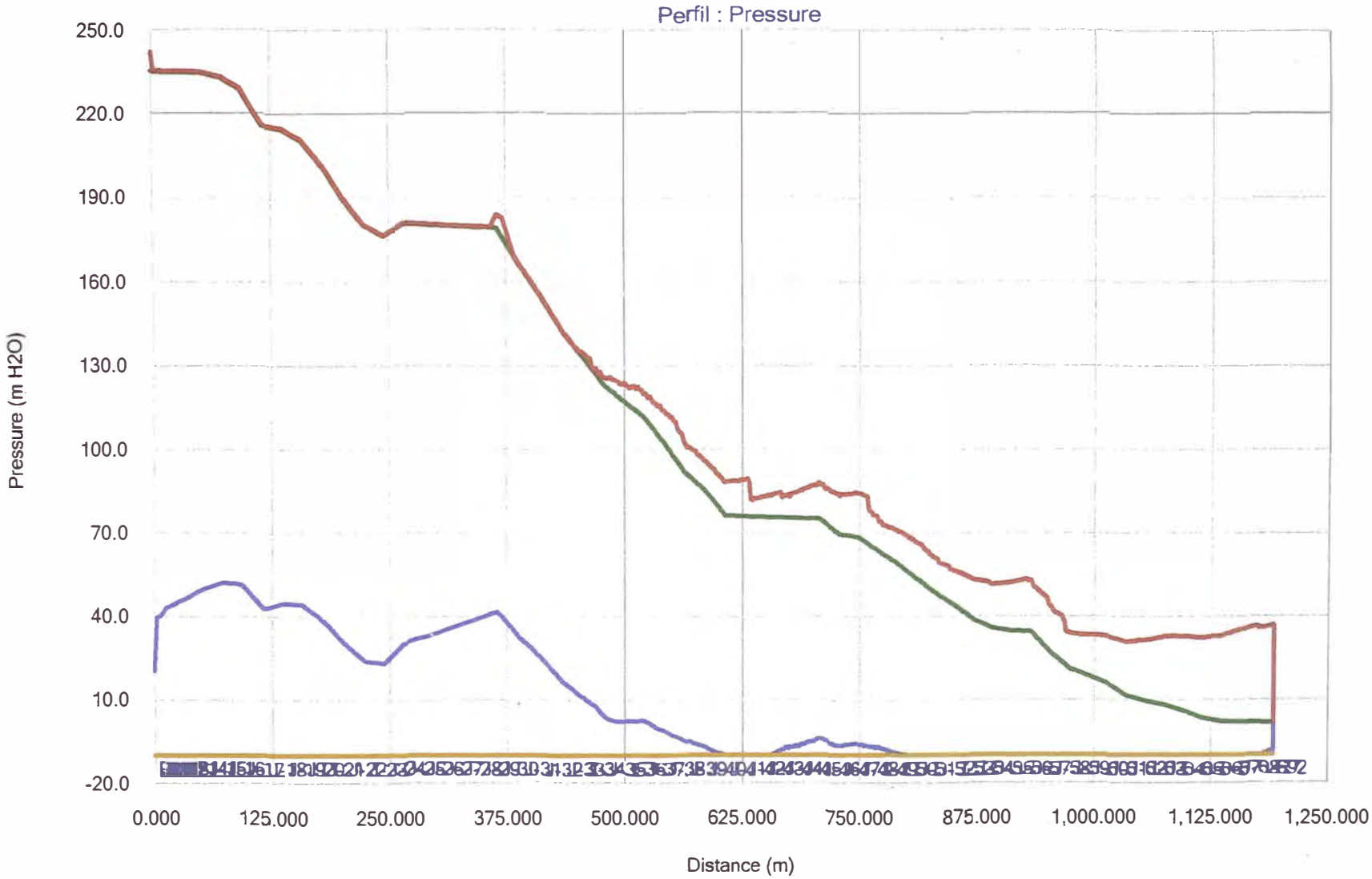
Profile - Perfil : Hydraulic Grade



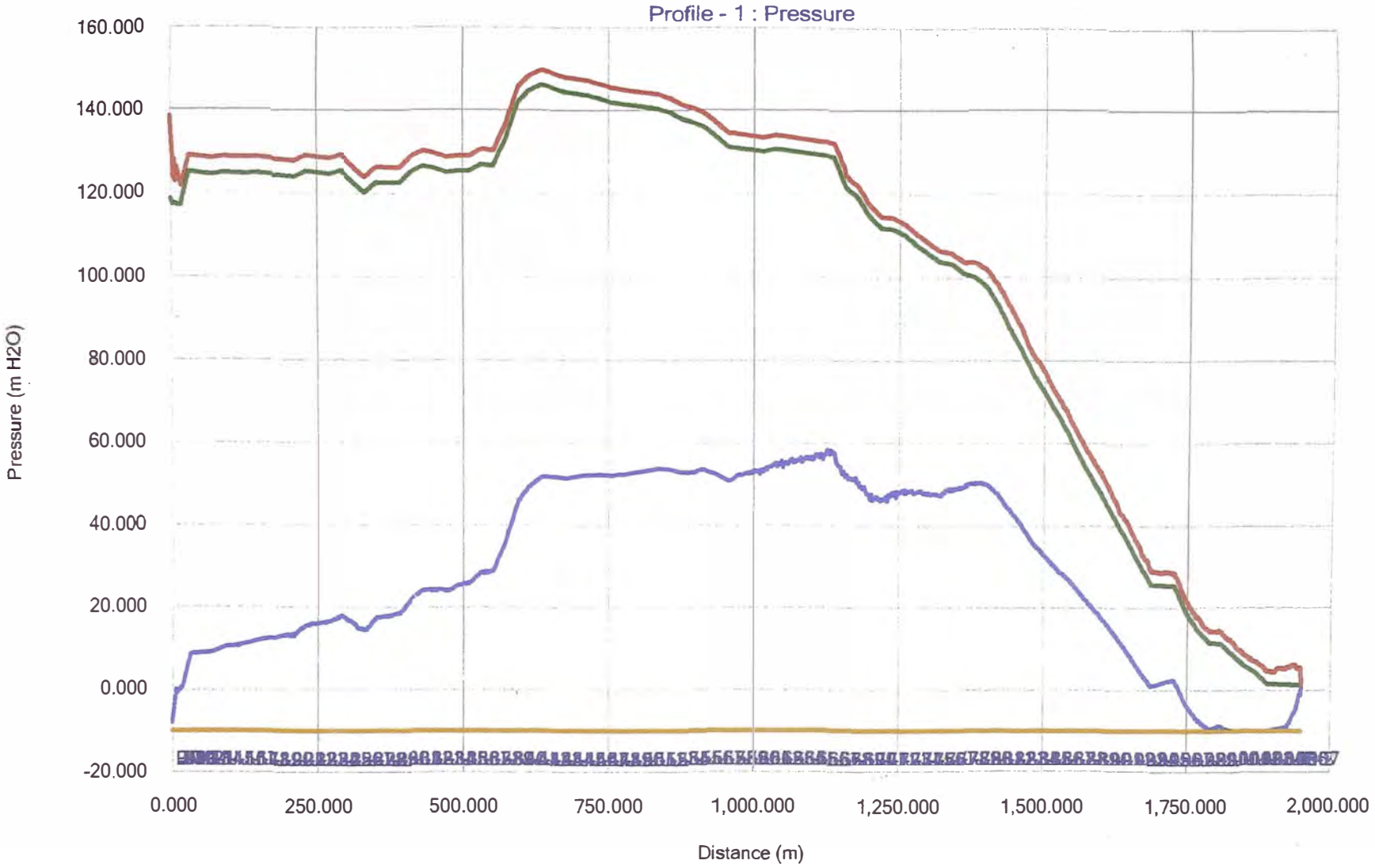
Profile - Perfil : Pressure



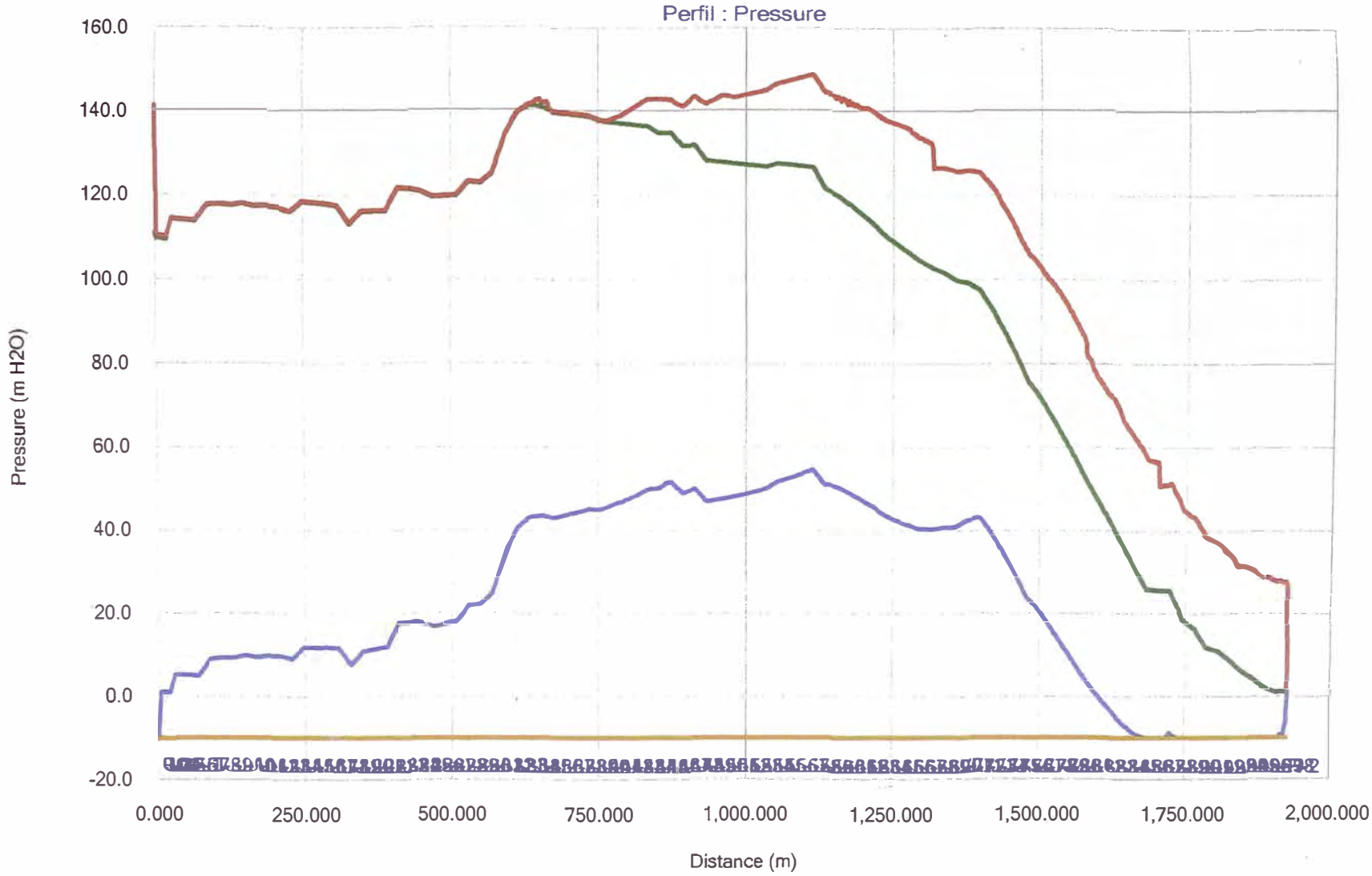
Profile - Perfil : Pressure



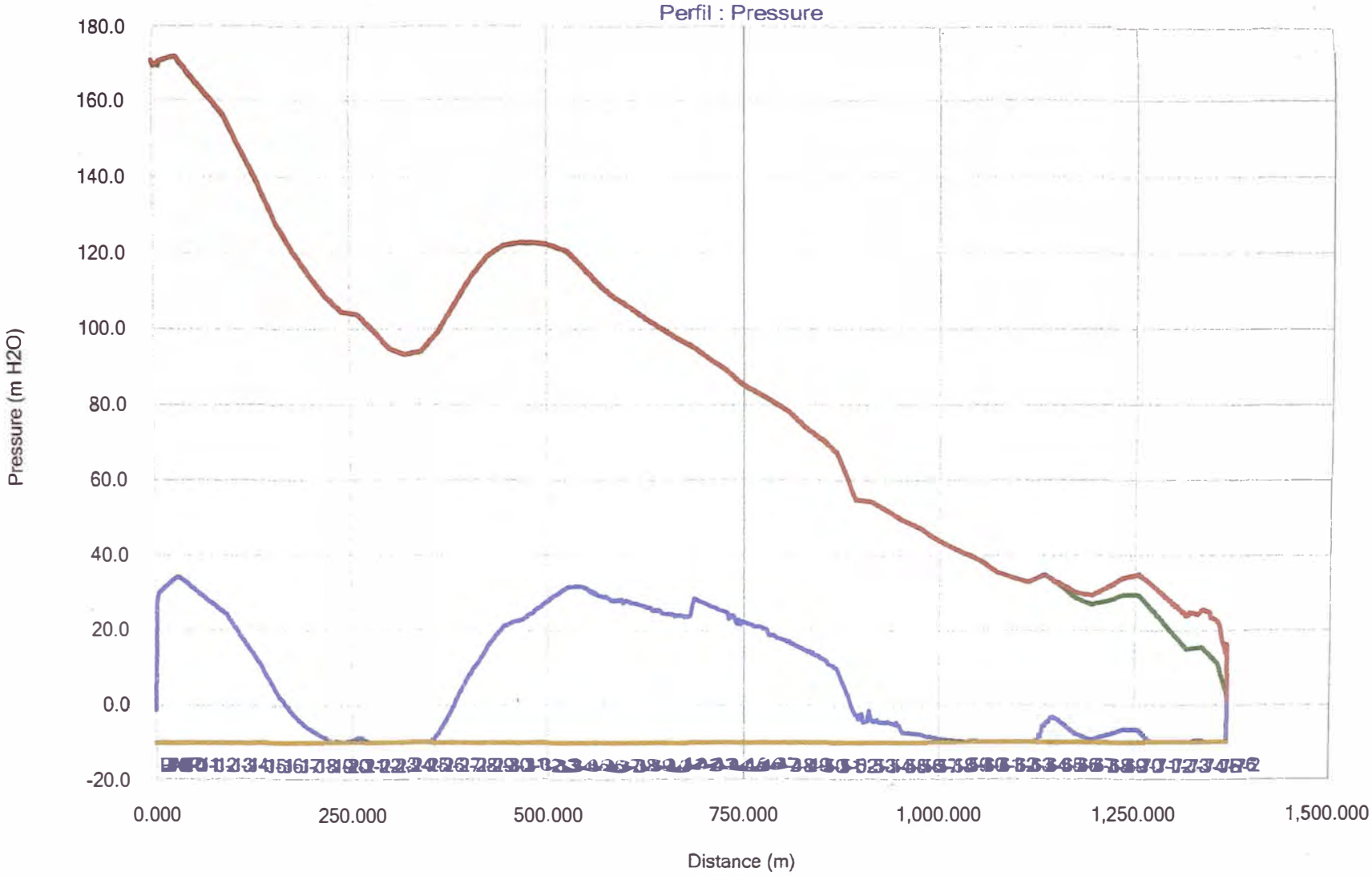
Profile - Profile - 1 : Pressure



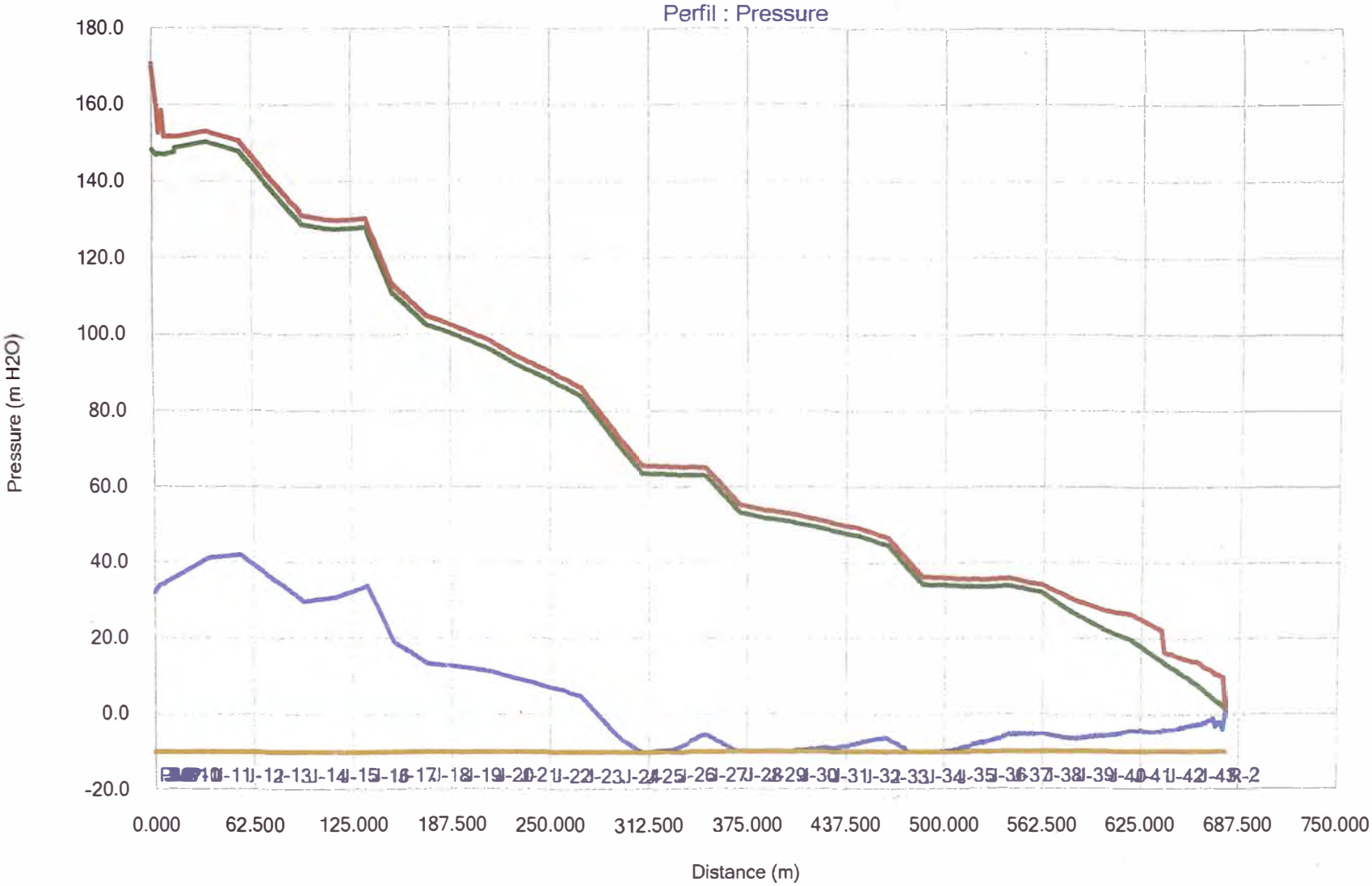
Profile - Perfil : Pressure



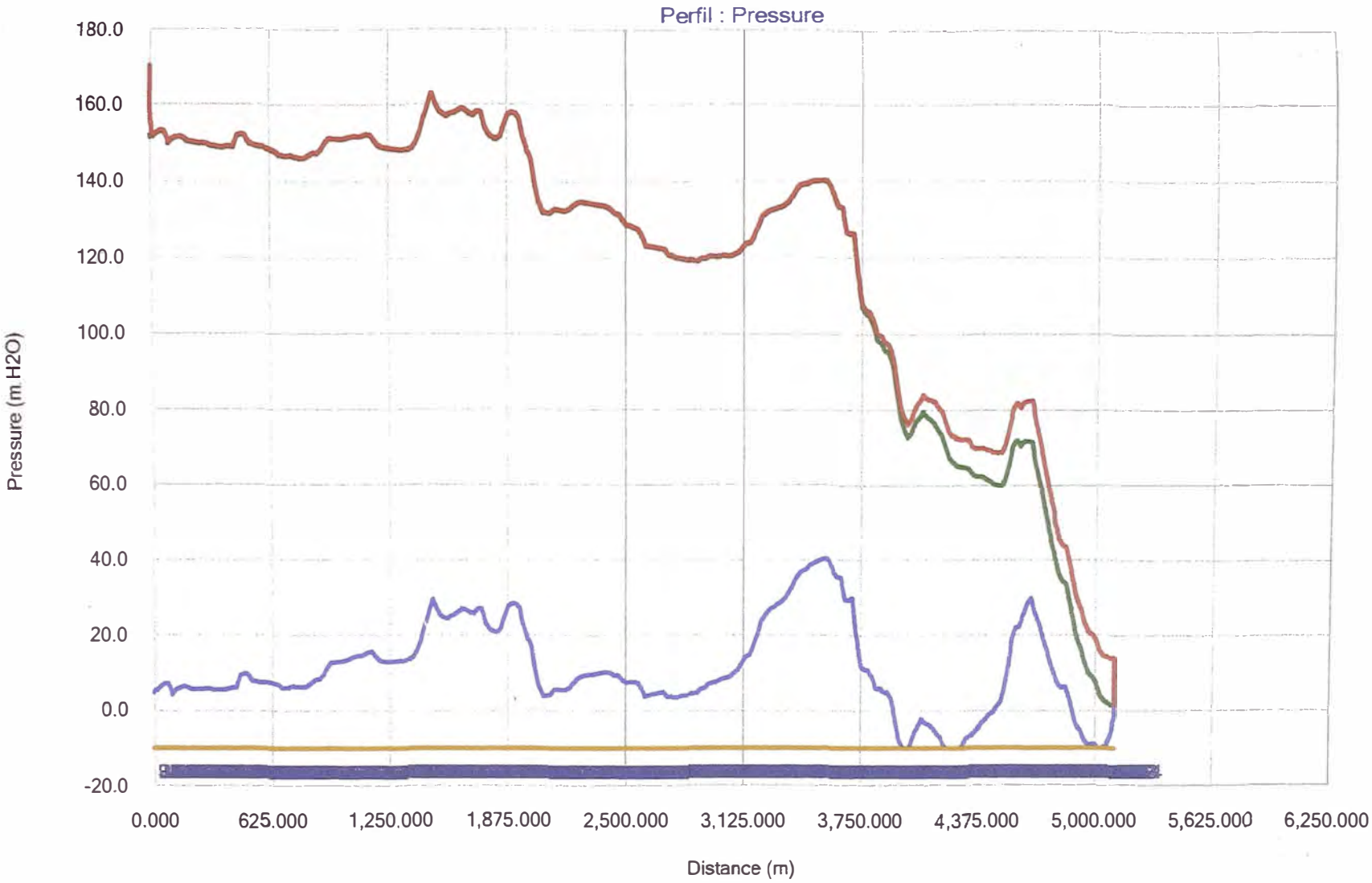
Profile - Perfil : Pressure



Profile - Perfil : Pressure



Profile - Perfil : Pressure



ANEXO V: COSTO DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°1 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unidad	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AA1	BALL 1500# SCRD STL HNDL LEVER OP	2	EA	12	173,25	67,80	2 892,60
2	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1/2	EA	10	74,25	29,38	1 036,30
3	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	14	EA	4	1 153,35	953,72	8 428,28
4	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	16	EA	4	2 580,60	1 175,20	15 023,20
5	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	1 X 60mm	EA	224	24,50	22,60	10 550,96
6	AA1	CHECK 150# RF STL WAFER BUNA-N DUAL PLATE	14	EA	4	3 465,00	953,72	17 674,88
7	AA1	COMBINATION AIR AND VACUUM VALVE 300# ORIFICE 3/32" CI BUNA-N FNPT	2	EA	4	631,40	198,88	3 321,12
8	AA1	ELL 45 DEG STD WT STL A234 GR WPB-W	20	EA	2	470,25	922,08	2 784,66
9	AA1	ELL 90 DEG 300# SCRD MI A197	1/2	EA	5	2,31	67,80	350,55
10	AA1	ELL 90 DEG 300# SCRD MI A197	2	EA	12	17,16	126,56	1 724,64
11	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	14	EA	8	346,50	745,80	8 738,40
12	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	24	EA	1	532,95	1 270,12	1 803,07
13	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	8	EA	4	1 188,00	533,36	6 885,44
14	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	10	EA	4	1 049,40	696,08	6 981,92
15	AA1	FLG BLIND 150# RF STL A105	24	EA	1	495,00	687,04	1 182,04
16	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	20	EA	2	327,53	786,48	2 228,01
17	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	8	EA	4	46,78	345,78	1 570,23
18	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	10	EA	4	51,98	384,20	1 744,70
19	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	14	EA	16	205,46	560,48	12 255,01
20	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	16	EA	4	262,35	623,76	3 544,44
21	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	24	EA	2	607,61	931,12	3 077,47
22	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	8	EA	4	23,43	0,00	93,72
23	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	10	EA	8	23,43	0,00	187,44
24	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	14	EA	16	37,22	0,00	595,58
25	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	16	EA	8	43,56	0,00	348,48
26	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	20	EA	2	165,00	0,00	330,00
27	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	24	EA	2	184,80	0,00	369,60
28	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1/2 X 100mm	EA	25	10,23	9,49	493,05
29	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	2 X 150mm	EA	20	30,03	13,29	866,38
30	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	128	1,62	0,00	206,98
31	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	7/8	EA	288	1,82	0,00	522,72
32	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	96	1,98	0,00	190,08
33	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	80	2,06	0,00	165,00
34	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	80	1,98	0,00	158,40
35	AA1	PIPE .375 WALL DSAW STL API-5L-B	24	m	70	198,00	193,94	27 435,67
36	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	14	m	8	90,42	134,91	1 802,62
37	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	16	m	12	135,47	156,51	3 503,73
38	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	20	m	7	179,85	183,39	2 542,69
39	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1/2	EA	5	1,40	15,19	82,95
40	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	2	EA	8	2,97	38,28	330,04
41	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	14 X 8	EA	4	63,69	587,60	2 605,16
42	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	24 X 20	EA	2	442,79	998,92	2 883,43
43	AA1	REDUCER ECC STD WT STL A234 GR WPB-W	16 X 10	EA	4	528,23	650,88	4 716,44
44	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 185mm	EA	40	23,76	0,00	950,40
45	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 170mm	EA	40	20,76	0,00	830,28
46	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 330mm	EA	48	30,03	0,00	1 441,44
47	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	64	15,18	0,00	971,52
48	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	7/8 X 50mm	EA	144	11,88	0,00	1 710,72
49	AA1	TEE 300# SCRD MI A197	1/2	EA	5	13,20	30,74	219,68
50	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	14 X 1/2	EA	5	21,22	917,56	4 693,90
51	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	14 X 2	EA	8	39,01	917,56	7 652,53
52	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	16 X 2	EA	4	39,44	1 107,40	4 587,34
53	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	24 X 14	EA	4	278,69	678,00	3 826,74
54	LUF3	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	24	EA	1	4 917,00	1 884,84	6 801,84
55	LUF3	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	1 1/4 X 75mm	EA	40	27,72	22,60	2 012,80
56	LUF3	ELL 22.5 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	24	EA	2	198,00	650,88	1 697,76
57	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	24	EA	6	462,35	650,88	6 679,36
58	LUF3	ELL 90 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	24	EA	2	112,20	759,36	1 743,12
59	LUF3	FLANGE ADAPTER 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	24	EA	4	536,25	379,68	3 663,72
60	LUF3	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 160 PSI MIN	24	EA	4	412,50	408,61	3 284,43
61	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	40	1,98	0,00	79,20
62	LUF3	PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	24	m	780	228,03	144,99	290 959,01
63	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 185mm	EA	20	23,76	0,00	475,20
				Costo Total	USD	284 211,34	224 297,70	508 509,04

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AF1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	1	140,25	67,80	208,05
2	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	16	EA	1	2 580,60	1 175,20	3 755,80
3	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N HNDL OP	3	EA	3	126,06	135,60	784,98
4	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N HNDL OP	8	EA	8	254,10	388,72	3 858,92
5	AF1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	1 X 60mm	EA	32	24,50	22,80	1 507,28
6	AF1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	3/4 X 45mm	EA	98	14,19	18,08	3 097,92
7	AF1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	5/8 X 35mm	EA	24	11,22	13,56	594,72
8	AF1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150#-1	3	EA	3	1 705,00	135,60	5 521,80
9	AF1	EXP JOINT 150# FF CHLOROBUTYL/FIBERGLASS/KEVLAR	5	EA	8	1 017,23	366,12	8 300,07
10	AF1	FLG BLIND 150# RF 304/304L SS	18	EA	2	589,25	361,80	1 881,70
11	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	3	EA	9	35,97	140,12	1 584,81
12	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	5	EA	6	74,84	221,48	1 777,94
13	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	8	EA	12	99,48	262,18	4 339,46
14	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	18	EA	9	1 960,00	678,00	23 922,00
15	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	9	15,18	0,00	136,62
16	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	5	EA	12	16,83	0,00	201,96
17	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	12	18,83	0,00	225,92
18	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	10	32,04	0,00	320,43
19	AF1	NIPPLE SCH 40S 304/304L SS TBE	2 X 150mm	EA	1	24,09	13,29	37,38
20	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	24	1,32	0,00	31,68
21	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLATA194 GR 2H	3/4	EA	208	1,40	0,00	291,72
22	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	192	1,98	0,00	380,16
23	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	64	1,98	0,00	126,72
24	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	3	m	2	31,85	44,15	152,00
25	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	5	m	6	59,07	78,26	823,96
26	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	6	m	8	70,29	76,12	878,44
27	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	16	m	16	218,06	184,20	6 436,18
28	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 3	EA	3	147,25	158,83	918,21
29	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 8	EA	6	161,50	158,83	2 041,95
30	AF1	PLUG SQ HEAD SCRD 304/304L SS	2	EA	1	30,36	36,28	66,64
31	AF1	REDUCER ECC SCH 10S 304/304L SS A403-W	6 X 5	EA	6	89,43	307,36	2 380,74
32	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205mm	EA	32	25,08	0,00	802,56
33	AF1	STUD-BOLTA193 GR B73M	1 X 150mm	EA	96	16,50	0,00	1 584,00
34	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	96	14,36	0,00	1 378,08
35	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	8	16,83	0,00	134,64
36	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	12	14,52	0,00	174,24
37	AF1	TEE SCH 10S 304/304L SS A403-W	16	EA	1	693,00	1 134,52	1 827,52
38	AF1	THREDOLET 3000# 304/304L SS	16 X 2	EA	1	63,38	1 107,40	1 170,76
39	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1/2	EA	14	51,15	29,38	1 127,42
40	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1	EA	2	79,20	33,90	226,20
41	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	6	140,25	67,80	1 248,30
42	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG GR OP	6	EA	6	2 062,50	873,48	18 415,88
43	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	4	1 413,72	260,24	6 775,84
44	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	4	EA	2	1 584,83	406,80	3 983,25
45	CG1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	3/4 X 45mm	EA	144	14,19	18,08	4 646,88
46	CG1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	5/8 X 35mm	EA	96	14,19	18,08	3 097,92
47	CG1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 300#	3	EA	2	8 580,00	289,28	17 738,56
48	CG1	ELL 90 DEG 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	7	23,94	103,96	895,31
49	CG1	ELL 90 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	4	EA	7	147,69	293,80	3 090,44
50	CG1	EXP JOINT 250# FF CHLOROBUTYL/POLYESTER	4	EA	6	1 130,25	406,80	9 222,30
51	CG1	FLG BLIND 300# RF 316/316L SS	12	EA	1	627,33	361,60	988,93
52	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	8	102,96	158,20	1 586,96
53	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	4	EA	12	110,75	235,04	4 149,46
54	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	6	EA	18	156,12	343,52	8 993,57
55	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	8	EA	2	244,53	470,08	1 429,22
56	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	12	EA	4	743,33	813,60	6 227,70
57	CG1	FLG WN 300# RF 316/316 L SS 40S BORE	6	EA	6	198,41	348,04	3 278,72
58	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	6	14,22	0,00	85,34
59	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	4	EA	18	20,63	0,00	371,25
60	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	24	30,69	0,00	736,56
61	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	2	35,39	0,00	70,79
62	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	12	EA	3	63,69	0,00	191,07
63	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1 X 100mm	EA	3	13,86	14,24	84,29
64	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1/2 X 100mm	EA	7	10,84	9,49	140,94
65	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	1/2 X 100mm	EA	28	10,20	9,49	551,29
66	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	2X 150mm	EA	6	30,20	13,29	260,90
67	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	608	2,34	0,00	1 424,54
68	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	128	2,77	0,00	354,82
69	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	1	46,89	49,43	96,32
70	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	4	m	28	56,53	70,84	3 566,43
71	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	6	m	6	86,36	81,39	1 006,51
72	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316 L SS A312	12	m	389	211,94	181,56	153 072,81
73	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	1/2	EA	7	14,03	15,19	204,49
74	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	1	EA	1	21,12	36,70	57,82
75	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	2	EA	6	43,73	38,28	492,06
76	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	6 X 4	EA	6	101,31	307,36	2 452,02
77	CG1	REDUCER ECC SCH 40S 316/316L SS A403-W	12X 8	EA	2	259,25	479,12	1 476,74
78	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8X 185mm	EA	32	21,78	0,00	696,96

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÈTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2 POR EL MÈTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
79	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	16	15,18	0,00	242,88
80	CG1	STUD-BOLT UNC 316 SS A193 GR B8M 3M	1 1/8 X 185mm	EA	32	40,10	0,00	1 283,04
81	CG1	STUD-BOLT UNC 316 SS A193 GR B8M 3M	3/4 X 115mm	EA	16	16,83	0,00	269,28
82	CG1	STUD-BOLT UNC 316 SS A193 GR B8M 3M	3/4 X 120mm	EA	128	16,83	0,00	2 154,24
83	CG1	STUD-BOLT UNC 316 SS A193 GR B8M 3M	3/4 X 130mm	EA	144	17,82	0,00	2 566,08
84	CG1	TEE 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	7	26,73	144,64	1 199,59
85	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	12 X 1	EA	1	45,87	949,20	995,07
86	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	12 X 1/2	EA	1	27,72	664,44	692,16
87	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	4 X 1	EA	1	25,43	237,30	262,73
88	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 1/2	EA	6	23,93	332,22	2 136,87
89	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 2	EA	6	43,69	332,22	2 255,47
90	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	12 X 3	EA	3	75,72	664,44	2 220,48
91	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	12 X 4	EA	2	91,74	664,44	1 512,36
92	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	12 X 6	EA	6	120,42	664,44	4 709,14
93	LUF1	FLANGE ADAPTER SDR 7 HDPE MOLDED BUTT IPS	12	EA	1	135,30	177,18	312,48
94	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	12	EA	1	87,12	195,26	282,38
95	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	190	69,50	105,23	33 198,72
96	LUF1	REDUCER CONC, 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16 X 12	EA	1	290,73	483,64	774,37
97	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16	EA	1	162,44	437,54	599,98
98	LUF3	FLANGE ADAPTER SDR 11 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	2	315,15	245,89	1 122,08
99	LUF3	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 160 PSI MIN	16	EA	2	90,75	263,97	709,44
100	*LUF3*	*PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS*	*16*	*m*	*260*	*58,60*	*71,16*	*34 049,31*
101	LUF6	ELL 45 DEG 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16	EA	1	306,90	437,54	744,44
102	LUF6	FLANGE ADAPTER SDR 17 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	4	265,32	245,89	2 044,83
103	LUF6	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 100 PSI MIN	16	EA	4	120,29	263,97	1 537,01
104	LUF6	PIPE SDR 17 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	420	93,39	54,26	62 013,71
105	LUF6	REDUCER CONC 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16 X 14	EA	1	774,38	483,64	1 258,02
106	CG1	VALVULA ANTICIPADORA DE ONDA , ACERO INOXIDABLE, 6"	6	EA	1	22 341,20	673,48	23 014,68
				Costo Total	**USD**	**235 139,04**	**185 724,94**	**420 863,99**

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AA1	BALL 1500# SCRD STL HNDL LEVER OP	2	EA	7	173,25	67,80	1 687,35
2	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1/2	EA	12	74,25	29,38	1 243,56
3	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1	EA	1	135,30	33,90	169,20
4	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	5	532,95	533,36	5 331,55
5	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	18	EA	1	3 126,75	1 324,36	4 451,11
6	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	3	EA	7	575,85	135,60	4 980,15
7	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	4	EA	1	953,70	207,92	1 161,62
8	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	6	EA	6	1 518,00	388,72	11 440,32
9	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	1 1/8 X 65mm	EA	32	25,08	22,60	1 525,76
10	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	3/4 X 45mm	EA	176	14,19	18,08	5 679,52
11	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	5/8 X 35mm	EA	68	11,22	13,56	1 685,04
12	AA1	COMBINATION AIR VALVE 3", CS, 150#-1	3	EA	5	792,00	135,60	4 638,00
13	AA1	COMBINATION AIR VALVE 3", CS, 150#-2	3	EA	1	792,00	135,60	927,60
14	AA1	ELL 45 DEG STD WT STL A234 GR WPB-W	16	EA	1	272,25	718,68	990,93
15	AA1	ELL 90 DEG 300# SCRD MI A197	1/2	EA	6	2,31	67,80	420,66
16	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	4	EA	3	11,22	189,84	603,18
17	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	6	EA	4	27,39	280,24	1 230,52
18	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	16	EA	3	306,90	804,56	3 334,38
19	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	4	EA	5	607,20	207,92	4 075,60
20	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	5	EA	5	749,10	298,32	5 237,10
21	AA1	FLG BLIND 150# RF STL A105	16	EA	1	262,35	370,64	632,99
22	AA1	FLG BLIND 150# RF STL A105	18	EA	2	303,60	420,36	1 447,92
23	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	3	EA	5	9,08	122,04	655,58
24	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	4	EA	7	12,74	167,24	1 259,85
25	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	5	EA	5	21,12	194,36	1 077,40
26	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	6	EA	19	23,76	221,48	4 659,56
27	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	8	EA	10	29,70	302,84	3 325,40
28	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	12	EA	2	66,83	474,60	1 082,85
29	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	16	EA	2	262,35	623,76	1 772,22
30	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	18	EA	15	303,60	687,04	14 859,60
31	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	6	EA	5	37,95	230,52	1 342,35
32	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	3	EA	13	4,13	0,00	53,63
33	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	4	EA	12	8,58	0,00	102,96
34	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	5	EA	10	12,87	0,00	128,70
35	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	6	EA	24	13,37	0,00	320,76
36	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	8	EA	10	23,43	0,00	234,30
37	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	12	EA	2	27,06	0,00	54,12
38	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	16	EA	1	43,56	0,00	43,56
39	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	18	EA	16	61,38	0,00	982,08
40	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1 X 100mm	EA	1	19,80	14,24	34,04
41	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1/2 X 100mm	EA	30	10,23	9,49	591,66
42	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	2 X 150mm	EA	8	30,03	13,29	346,55
43	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	208	13,53	0,00	2 814,24
44	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	400	16,17	0,00	6 468,00
45	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	32	1,98	0,00	63,36
46	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	448	2,06	0,00	924,00
47	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	3	m	3	8,02	40,95	146,91
48	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	4	m	14	14,69	59,54	1 039,20
49	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	6	m	25	34,82	65,57	2 509,63
50	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	8	m	10	39,11	74,37	1 134,74
51	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	12	m	6	85,97	128,13	1 284,55
52	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	16	m	10	135,47	156,51	2 919,78
53	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	18	m	20	128,37	162,54	5 818,18
54	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1/2	EA	6	1,40	15,19	99,54
55	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1	EA	1	1,98	36,70	38,68
56	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	2	EA	7	2,97	38,28	288,78
57	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	16 X 12	EA	2	126,06	483,64	1 219,40
58	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	6 X 4	EA	5	18,48	244,08	1 312,80
59	AA1	REDUCER ECC STD WT STL A234 GR WPB-W	8 X 5	EA	5	102,50	302,84	2 026,69
60	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 160mm	EA	224	20,30	0,00	4 546,08
61	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	16	16,50	0,00	264,00
62	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	176	14,36	0,00	2 526,48
63	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	104	14,52	0,00	1 510,08
64	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	7/8 X 130mm	EA	24	29,37	0,00	704,88
65	AA1	TEE 300# SCRD MI A197	0,5	EA	6	13,20	30,74	263,62
66	AA1	TEE STD WT STL A234 GR WPB-W	18	EA	1	570,24	1 328,88	1 899,12
67	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	16 X 1/2	EA	1	23,93	1 107,40	1 131,33
68	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	16 X 2	EA	1	39,44	1 107,40	1 146,84
69	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	18 X 2	EA	1	43,56	1 233,96	1 277,52
70	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	4 X 1	EA	1	20,46	237,30	257,76
71	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	6 X 1/2	EA	5	14,69	332,22	1 734,53
72	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	6 X 2	EA	5	27,23	332,22	1 797,23
73	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	16 X 4	EA	1	41,91	616,98	658,89

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño *Máximo*	Unid.	Cantidad *Anterior*	Costo Unitario *Material*	Costo *Instalación*	Costo Total
74	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	16 X 6	EA	6	66,00	616,98	4 097,88
75	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	18 X 3	EA	14	31,68	759,36	11 074,56
76	AAi	WELDOLET STD WT STL A105	18 X 8	EA	5	96,11	616,98	3 565,46
77	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	18	EA	6	742,50	495,39	7 427,35
78	LUF1	FLANGE ADAPTER SDR 7 HDPE MOLDED BUTT IPS	18	EA	9	306,90	282,05	5 300,53
79	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	18	EA	9	131,75	289,28	3 789,29
80	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	1180	89,43	130,67	259 721,35
81	LUF2	PIPE SDR 9 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	285	182,24	100,52	80 586,62
82	AA1	VÁLVULA ANTICIPADORA DE ONDA, HIERRO FUNDIDO, 6"	6	EA	1	9 844,00	388,72	10 232,72
				Costo Total	**USD**	**218 192,75**	**257 675,00**	**475 867,75**

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AA1	BALL 1500# SCRD STL HNDL LEVER OP	2	EA	13	173,25	67,80	3 133,65
2	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1/2	EA	8	74,25	29,38	829,04
3	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1	EA	1	135,30	33,90	169,20
4	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	3	126,06	135,60	784,98
5	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	3	EA	2	575,85	135,60	1 422,90
6	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	4	EA	1	953,70	207,92	1 161,62
7	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	6	EA	3	1 518,00	388,72	5 720,16
8	AA1	CAP SCREW HE X HEAD STL A307 GR B UNC	3/4 X 45mm	EA	96	14,19	18,08	3 097,92
9	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	5/8 X 35mm	EA	32	11,22	13,56	792,96
10	AA1	COMBINATION AIR VALVE 2", CS, 150#-2	2	EA	5	572,00	90,40	3 312,00
11	AA1	COMBINATION AIR VALVE 2", CS, 150#-3	2	EA	1	572,00	90,40	662,40
12	AA1	ELL 45 DEG STD WT STL A234 GR WPB-W	8	EA	3	69,71	357,08	1 280,38
13	AA1	ELL 45 DEG STD WT STL A234 GR WPB-W	12	EA	1	162,44	542,40	704,84
14	AA1	ELL 90 DEG 300# SCRD MI A197	1/2	EA	4	2,31	67,80	280,44
15	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	3	EA	4	8,91	144,64	614,20
16	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	4	EA	4	11,22	189,84	804,24
17	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	12	EA	3	206,25	619,24	2 476,47
18	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	4	EA	3	607,20	207,92	2 445,36
19	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	5	EA	3	749,10	298,32	3 142,26
20	AA1	FLG BLIND 150# RF STL A105	12	EA	1	66,33	298,32	364,65
21	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	3	EA	4	9,08	122,04	524,46
22	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	4	EA	7	12,74	167,24	1 259,85
23	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	5	EA	3	21,12	203,40	673,56
24	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	6	EA	9	23,76	221,48	2 207,16
25	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	8	EA	5	29,70	302,84	1 662,70
26	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	12	EA	2	66,83	474,60	1 082,85
27	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	16	EA	12	262,35	623,76	10 633,32
28	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	6	EA	3	37,95	230,52	805,41
29	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	3	EA	4	4,13	0,00	16,50
30	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	4	EA	10	8,58	0,00	85,80
31	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	5	EA	6	12,87	0,00	77,22
32	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	6	EA	12	13,37	0,00	160,38
33	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	8	EA	6	23,43	0,00	140,58
34	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	12	EA	3	27,06	0,00	81,18
35	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	16	EA	12	43,56	0,00	522,72
36	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1/2 X 100mm	EA	20	10,23	9,49	394,44
37	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	2 X 150mm	EA	20	19,80	14,24	680,76
38	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1 X 100mm	EA	1	30,03	13,29	43,32
39	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	112	1,35	0,00	151,54
40	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	192	1,62	0,00	310,46
41	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	7/8	EA	48	1,82	0,00	87,12
42	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	448	1,98	0,00	887,04
43	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	3	m	11	8,02	40,95	538,67
44	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	4	m	11	14,69	59,54	816,51
45	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	6	m	6	34,82	65,57	602,31
46	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	8	m	10	39,11	74,37	1 134,74
47	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	12	m	20	85,97	128,13	4 281,84
48	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	16	m	10	135,47	156,51	2 919,78
49	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1/2	EA	4	1,40	15,19	66,36
50	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1	EA	1	1,98	36,70	38,68
51	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	2	EA	6	2,97	38,28	247,53
52	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	12 X 8	EA	2	57,92	479,12	1 074,07
53	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	6 X 4	EA	3	57,75	244,08	905,49
54	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	8 X 5	EA	3	66,00	302,64	1 106,52
55	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	224	16,50	0,00	3 696,00
56	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	96	14,36	0,00	1 378,08
57	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 35mm	EA	8	7,26	0,00	58,08
58	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	48	14,52	0,00	696,96
59	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	7/8 X 130mm	EA	24	29,37	0,00	704,88
60	AA1	TEE 300# SCRD MI A197	1/2	EA	4	13,20	30,74	175,74
61	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	12 X 1/2	EA	1	20,87	664,44	685,31
62	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	12 X 2	EA	1	35,64	664,44	700,08
63	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	16 X 2	EA	8	39,44	1 107,40	9 174,68
64	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	6 X 1/2	EA	3	14,69	332,22	1 040,72
65	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	6 X 2	EA	3	27,23	332,22	1 078,34
66	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	8 X 2	EA	3	34,62	379,68	1 242,89
67	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	3 X 1	EA	1	9,74	142,38	152,12
68	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	12 X 3	EA	2	27,06	379,68	813,48
69	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	12 X 4	EA	1	30,77	379,68	410,45
70	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	12 X 6	EA	3	38,69	379,68	1 255,12
71	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	16	EA	11	693,00	437,54	12 435,90
72	LUF1	FLANGE ADAPTER SDR 7 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	12	181,50	245,89	5 128,66
73	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	16	EA	12	113,69	263,97	4 531,84

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño *Máximo*	Unid.	Cantidad *Anterior*	Costo Unitario *Material*	Costo *Instalación*	Costo Total
74	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	1140	69,50	105,23	199 192,32
75	LUF2	ELL 45 DEG 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 9	16	EA	2	660,00	437,54	2 195,07
76	LUF2	PIPE SDR 9 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	285	140,65	80,95	63 154,23
77	LUF3	ELL 22.5 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16	EA	1	138,60	437,54	576,14
78	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16	EA	1	162,44	437,54	599,98
79	LUF3	PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	170	59,80	71,16	22 263,01
80	LUF6	ELL 22.5 DEG 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16	EA	1	272,25	437,54	709,79
81	LUF6	ELL 60 DEG 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16	EA	1	709,50	437,54	1 147,04
82	LUF6	FLANGE ADAPTER SDR 17 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	4	265,32	245,89	2 044,83
83	LUF6	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 100 PSI MIN	16	EA	4	120,29	263,97	1 537,01
84	LUF6	PIPE SDR 17 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	330	93,39	54,26	48 725,06
85	LUF6	REDUCER CONC 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16 X 12	EA	1	723,00	483,64	1 206,64
86	AA1	VÁLVULA ANTICIPADORA DE ONDA, HIERRO FUNDIDO, 6"	6	EA	1	9 844,00	388,72	10 232,72
				Costo Total	**USD**	**204 917,69**	**227 788,44**	**432 706,14**

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AF1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	1	231,00	69,72	300,72
2	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	6	EA	4	375,90	413,67	3 158,29
3	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	14	EA	1	1 186,50	766,92	1 953,42
4	AF1	ELL 45 SCH 10S 304/304L SS A403-W	8	EA	4	221,17	399,73	2 483,59
5	AF1	EXP JOINT 150# FF CHLOROBUTYL/FIBERGLASS/KEVLAR	6	EA	4	624,01	306,77	4 523,11
6	AF1	FLG BLIND 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	616,75	441,56	2 120,62
7	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	8	EA	8	149,96	367,19	4 137,18
8	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	14	EA	1	356,18	766,92	1 123,10
9	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	469,52	836,64	2 612,32
10	AF1	FLG WN 150# RF 304/304L SS 10S BORE	6	EA	4	302,78	348,04	2 603,26
11	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	6	18,83	0,00	150,61
12	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	6	22,65	0,00	181,21
13	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	14	EA	2	32,58	0,00	65,16
14	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	2	35,25	0,00	70,49
15	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	1 X 60mm	EA	24	6,33	0,00	151,60
16	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	64	4,40	0,00	281,60
17	AF1	NIPPLE SCH 40S 304/304L SS TOE	2 X 150mm	EA	1	33,21	13,67	46,88
18	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	126	1,49	0,00	190,08
19	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	64	2,20	0,00	140,60
20	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	6	m	8	132,00	104,36	1 890,90
21	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	14	m	2	361,23	163,32	786,83
22	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	16	m	7	414,28	169,41	4 225,87
23	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 8	EA	4	209,63	189,41	1 596,16
24	AF1	PLUG SQ HEAD SCRD304/304L SS	2	EA	1	33,40	39,37	72,76
25	AF1	REDUCER ECC SCH 10S 304/304L SS A403-W	8 X 6	EA	4	102,50	302,84	1 621,35
26	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	32	18,15	0,00	580,80
27	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	64	15,79	0,00	1 010,59
28	AF1	TEE RED SCH 10S 304/304L SS A403-W	16 X 16 X 14	EA	1	440,78	1 166,65	1 607,42
29	AF1	THREDOLET 3000# 304/304L SS	16 X 2	EA	1	69,70	1 138,76	1 208,46
30	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1/2	EA	8	63,00	30,21	745,70
31	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	5	231,00	69,72	1 503,60
32	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG GR OP	6	EA	5	2 079,00	553,11	13 160,56
33	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	1	1 018,50	288,18	1 306,68
34	CG1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 300#	3	EA	1	8 580,00	289,28	8 869,28
35	CG1	ELL 90 DEG 3000# SCRD 316/316L SS	1/2	EA	4	5,25	96,68	407,71
36	CG1	EXP JOINT 250# FF CHLOROBUTYL/POLYESTER	5	EA	4	824,01	306,77	4 523,11
37	CG1	FLG BLIND 300# RF 316/316L SS	16	EA	1	866,25	650,72	1 516,97
38	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	3	113,26	162,68	827,81
39	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	6	EA	15	171,74	353,25	7 874,75
40	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	12	EA	2	817,66	883,12	3 401,56
41	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	16	EA	2	1 078,00	1 394,40	4 944,80
42	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	5	EA	4	299,75	278,68	2 314,51
43	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	6	EA	5	333,05	357,90	3 454,74
44	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	16	EA	2	1 063,07	1 394,40	4 91 4,95
45	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	3	23,38	0,00	70,13
46	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	5	EA	8	25,92	0,00	207,35
47	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	20	33,76	0,00	675,18
48	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	12	EA	2	70,06	0,00	140,12
49	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	3	88,12	0,00	264,35
50	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 35mm	EA	16	4,40	0,00	70,40
51	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	120	14,36	0,00	1 722,60
52	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1/2 X 100mm	EA	8	11,71	9,76	171,74
53	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	2 X 150mm	EA	1	33,21	13,67	46,88
54	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	1/2 X 100mm	EA	12	26,50	9,76	435,12
55	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	2 X 150mm	EA	4	33,21	13,67	187,52
56	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	400	1,49	0,00	594,00
57	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/6	EA	64	2,78	0,00	178,11
58	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	120	3,44	0,00	412,50
59	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	1	111,87	50,83	81,35
60	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	6	m	21	280,17	83,69	7 641,16
61	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	12	m	6	731,61	186,70	5 509,87
62	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	16	m	7	1 222,12	257,86	10 359,90
63	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD316/316L SS	2	EA	5	48,10	39,37	437,33
64	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	16 X 12	EA	2	522,40	1 538,49	4 121,78
65	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	6 X 5	EA	4	18,45	450,86	1 877,21
66	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205mm	EA	60	27,59	0,00	1 655,28
67	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/6 X 165mm	EA	32	23,96	0,00	766,66
68	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	16	16,70	0,00	267,17
69	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 125mm	EA	64	17,25	0,00	1 103,87
70	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 130mm	EA	120	17,79	0,00	2 134,44
71	CG1	TEE 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	4	27,00	145,95	691,79
72	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	16 X 2	EA	1	83,64	1 138,76	1 222,40
73	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 1/2	EA	4	26,32	341,63	1 471,78

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
74	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 2	EA	4	48,06	341,63	1 558,76
75	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 3	EA	1	151,80	634,45	786,25
76	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 6	EA	5	217,80	634,45	4 261,26
77	CG1	ELL 90 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	6	EA	3	204,44	450,86	1 965,89
78	CG1	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	6	EA	2	143,11	450,86	1 187,94
79	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	16	EA	3	556,88	371,54	2 785,26
80	LUF1	FLANGE ADAPTER 267 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7.3	16	EA	2	381,33	341,85	1 446,36
81	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	16	EA	2	132,31	339,30	943,24
82	LUF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	40	3,44	0,00	137,50
83	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	295	154,71	167,70	95 111,08
84	LUF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205	EA	20	23,76	0,00	475,20
85	LUF3	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N HNDL OP	3	EA	2	94,50	125,50	439,99
86	LUF3	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 1	3	EA	2	792,00	135,60	1 855,20
87	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16	EA	2	162,44	437,54	1 199,96
88	LUF3	FLANGE ADAPTER SDR 11 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	6	346,67	287,78	3 806,68
89	LUF3	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 160 PSI MIN	16	EA	6	125,05	339,30	2 786,15
90	LUF3	FLG SO 150# RF 304/304L SS	3	EA	6	39,57	144,09	1 101,93
91	LUF3	FLG SO 150# RF 304/304L SS	16	EA	4	469,52	836,64	5 224,65
92	LUF3	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	6	16,70	0,00	100,19
93	LUF3	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	6	35,25	0,00	211,48
94	LUF3	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	5/8 X 35mm	EA	16	2,75	0,00	44,00
95	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	16	1,29	0,00	20,59
96	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	160	2,20	0,00	352,00
97	LUF3	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	3	m	4	42,64	45,40	352,16
98	LUF3	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	16	m	4	414,28	189,41	2 414,78
99	LUF3	PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	1210	65,78	121,96	227 164,34
100	LUF3	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 3	EA	2	161,97	169,41	702,77
101	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	80	18,15	0,00	1 452,00
102	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	8	15,97	0,00	127,78
				Costo Total	USD	182 536,24	241 027,66	423 563,90

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AF1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	1	231,00	69,72	300,72
2	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	4	375,90	413,67	3 158,29
3	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	14	EA	1	1 186,50	766,92	1 953,42
4	AF1	ELL 45 SCH 10S 304/304L SS A403-W	8	EA	4	221,17	399,73	2 483,59
5	AF1	EXP JOINT 150# FF CHLOROBUTYL/FIBERGLASS/KEVLAR	6	EA	4	1 188,00	533,36	6 885,44
6	AF1	FLG BLIND 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	618,75	441,56	2 120,62
7	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	8	EA	8	149,96	367,19	4 137,18
8	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	14	EA	1	356,18	766,92	1 123,10
9	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	469,52	836,64	2 612,32
10	AF1	FLG WN 150# RF 304/304L SS 10S BORE	6	EA	4	302,78	271,20	2 295,90
11	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	8	18,83	0,00	150,61
12	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	8	22,65	0,00	181,21
13	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	14	EA	2	32,58	0,00	65,16
14	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	2	35,25	0,00	70,49
15	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	1 X 60mm	EA	24	8,33	0,00	151,80
16	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	64	4,40	0,00	281,60
17	AF1	NIPPLE SCH 40S 304/304L SS TOE	2 X 150mm	EA	1	26,50	13,67	40,16
18	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLATA194 GR 2H	3/4	EA	128	1,49	0,00	190,08
19	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	64	2,20	0,00	140,80
20	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	8	m	8	132,00	104,36	1 890,90
21	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	14	m	2	361,23	163,32	786,83
22	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	16	m	7	414,28	189,41	4 225,87
23	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 8	EA	4	209,63	189,41	1 596,18
24	AF1	PLUG SQ HEAD SCRD 304/304L SS	2	EA	1	33,40	39,37	72,76
25	AF1	REDUCER ECC SCH 10S 304/304L SS A403-W	8 X 6	EA	4	55,44	605,68	2 644,48
26	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	32	18,15	0,00	580,80
27	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	64	15,79	0,00	1 010,59
28	AF1	TEE RED SCH 10S 304/304L SS A403-W	16 X 16 X 14	EA	1	440,78	1 166,85	1 607,42
29	AF1	THREDOLET 3000# 304/304L SS	16 X 2	EA	1	69,70	1 138,76	1 208,46
30	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1/2	EA	8	93,45	34,86	1 026,48
31	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	5	231,00	69,72	1 503,60
32	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG GR OP	6	EA	5	2 097,90	553,11	13 255,08
33	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	1	1 018,50	288,18	1 306,68
34	CG1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 300#	3	EA	1	8 580,00	289,28	8 869,28
35	CG1	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	6	EA	2	143,11	450,86	1 187,94
36	CG1	ELL 90 DEG 3000# SCRD 316/316L SS	1/2	EA	4	5,25	96,68	407,71
37	CG1	ELL 90 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	6	EA	3	204,44	450,86	1 965,89
38	CG1	EXP JOINT 250# FF CHLOROBUTYL/POLYESTER	5	EA	4	824,01	306,77	4 523,11
39	CG1	FLG BLIND 300# RF 316/316L SS	16	EA	1	866,25	650,72	1 516,97
40	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	3	113,26	162,68	827,81
41	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	6	EA	15	171,74	353,25	7 874,75
42	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	12	EA	2	817,66	883,12	3 401,56
43	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	16	EA	2	1 078,00	1 394,40	4 944,80
44	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	5	EA	4	299,75	278,88	2 314,51
45	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	6	EA	5	333,05	357,90	3 454,74
46	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	16	EA	2	1 063,07	1 394,40	4 914,95
47	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	3	23,38	0,00	70,13
48	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	5	EA	8	25,92	0,00	207,35
49	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	20	33,76	0,00	675,18
50	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	12	EA	2	70,06	0,00	140,12
51	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	3	88,12	0,00	264,35
52	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 35mm	EA	16	4,40	0,00	70,40
53	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	120	4,40	0,00	528,00
54	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1/2 X 100mm	EA	8	11,71	9,76	171,74
55	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	2 X 150mm	EA	1	33,21	13,67	46,88
56	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	1/2 X 100mm	EA	12	26,50	9,76	435,12
57	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	2 X 150mm	EA	4	33,21	13,67	187,52
58	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	416	1,49	0,00	617,76
59	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	64	2,78	0,00	178,11
60	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	120	3,44	0,00	412,50
61	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	1	111,87	50,83	81,35
62	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	6	m	21	95,00	83,69	3 752,53
63	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	12	m	6	731,61	186,70	5 509,87
64	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	16	m	7	1 222,12	257,86	10 359,90
65	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	2	EA	5	48,10	39,37	437,33
66	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	16 X 12	EA	2	165,33	1 538,49	3 407,64
67	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	6 X 5	EA	4	18,45	450,86	1 877,21
68	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205mm	EA	60	27,59	0,00	1 655,28
69	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 185mm	EA	32	23,96	0,00	766,66
70	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	24	16,70	0,00	400,75
71	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 125mm	EA	64	17,25	0,00	1 103,87
72	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 130mm	EA	120	17,79	0,00	2 134,44
73	CG1	TEE 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	4	9,00	145,95	619,79

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
74	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	16 X 2	EA	1	83,64	1 138,76	1 222,40
75	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 1/2	EA	4	26,32	341,63	1 471,78
76	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 2	EA	4	48,06	341,63	1 558,76
77	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 3	EA	1	151,80	634,45	786,25
78	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 6	EA	5	217,80	634,45	4 261,26
79	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	16	EA	4	556,88	371,54	3 713,68
80	LUF1	FLANGE ADAPTER 267 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7.3	16	EA	2	495,73	341,85	1 675,16
81	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	16	EA	2	132,31	339,30	943,24
82	LUF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	40	3,44	0,00	137,50
83	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	90	154,71	167,70	29 016,94
84	LUF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205	EA	20	27,59	0,00	551,76
85	LUF2	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	2	1 018,50	288,18	2 613,35
86	LUF2	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 2	3	EA	2	792,00	135,60	1 855,20
87	LUF2	ELL 45 DEG 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 9	16	EA	6	660,00	437,54	6 585,22
88	LUF2	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	16	EA	1	470,91	875,75	1 346,66
89	LUF2	FLANGE ADAPTER SDR 9 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	6	450,66	261,62	4 273,71
90	LUF2	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED	16	EA	6	125,05	339,30	2 786,15
91	LUF2	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	6	113,26	162,68	1 655,62
92	LUF2	FLG SO 300# RF 316/316L SS	16	EA	4	1 078,00	1 394,40	9 889,60
93	LUF2	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	6	23,38	0,00	140,26
94	LUF2	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	6	88,12	0,00	528,71
95	LUF2	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	5/8 X 35mm	EA	32	2,75	0,00	88,00
96	LUF2	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	96	1,49	0,00	142,56
97	LUF2	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	192	2,20	0,00	422,40
98	LUF2	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	4	111,87	50,83	650,78
99	LUF2	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	16	m	4	1 222,12	257,86	5 919,94
100	LUF2	PIPE SDR 9 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	635	96,67	136,73	150 751,23
101	LUF2	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	96	18,15	0,00	1 742,40
102	LUF2	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	48	16,70	0,00	801,50
103	LUF2	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 3	EA	2	151,80	634,45	1 572,50
104	CGA	VÁLVULA ANTICIPADORA DE ONDA, ACERO INOXIDABLE, 6"	6	EA	1	22 341,20	673,48	23 014,68
				Costo Total	USD	164 979,21	152 282,30	317 261,51

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AF1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	1	231,00	69,72	300,72
2	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	5	375,90	413,67	3 947,86
3	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	14	EA	1	1 186,50	766,92	1 953,42
4	AF1	ELL 45 SCH 10S 304/304L SS A403-W	8	EA	5	221,17	399,73	3 104,48
5	AF1	EXP JOINT 150# FF CHLOROBUTYL/FIBERGLASS/KEVLAR	5	EA	5	404,91	298,32	3 516,15
6	AF1	FLG BLIND 150# RF 304/304L SS	18	EA	2	844,80	534,52	2 758,64
7	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	8	EA	10	149,96	367,19	5 171,47
8	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	14	EA	1	356,18	766,92	1 123,10
9	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	18	EA	2	634,52	1 022,56	3 314,16
10	AF1	FLG WN 150# RF 304/304L SS 10S BORE	5	EA	5	196,43	241,70	2 190,62
11	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	5	EA	10	18,51	0,00	185,13
12	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	10	22,65	0,00	226,51
13	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	14	EA	2	32,58	0,00	65,16
14	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	2	40,91	0,00	81,82
15	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	1 X 60mm	EA	24	6,33	0,00	151,80
16	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	80	4,40	0,00	352,00
17	AF1	NIPPLE SCH 40S 304/304L SS TBE	2 X 150mm	EA	1	26,50	13,67	40,16
18	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	160	1,49	0,00	237,60
19	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	64	2,78	0,00	178,11
20	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	8	m	10	132,00	104,36	2 363,63
21	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	14	m	2	361,23	163,32	786,83
22	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	18	m	9	466,41	198,90	5 987,83
23	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	18 X 8	EA	5	230,60	198,90	2 147,50
24	AF1	PLUG SQ HEAD SCRD 304/304L SS	2	EA	1	33,40	39,37	72,76
25	AF1	REDUCER ECC SCH 10S 304/304L SS A403-W	8 X 5	EA	5	27,45	399,73	2 135,87
26	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 160mm	EA	32	22,32	0,00	714,38
27	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	80	15,79	0,00	1 263,24
28	AF1	TEE RED SCH 10S 304/304L SS A403-W	18 X 18 X 14	EA	1	558,90	1 473,42	2 032,32
29	AF1	THREDOLET 3000# 304/304L SS	18 X 2	EA	1	97,85	1 268,90	1 366,76
30	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1/2	EA	12	63,00	30,21	1 118,54
31	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	6	231,00	69,72	1 804,32
32	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG GR OP	6	EA	5	2 097,90	553,11	13 255,06
33	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	1	1 018,50	288,18	1 306,68
34	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	4	EA	1	1 584,83	406,80	1 991,63
35	CG1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 300#	3	EA	1	8 580,00	289,28	8 869,28
36	CG1	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	4	EA	3	169,87	271,20	1 323,20
37	CG1	ELL 90 DEG 3000# SCRD 316/316L SS	1/2	EA	6	5,25	79,02	505,60
38	CG1	ELL 90 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	4	EA	3	147,69	293,80	1 324,47
39	CG1	ELL 90 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	18	EA	1	598,50	2 035,82	2 634,32
40	CG1	EXP JOINT 250# FF CHLOROBUTYL/POLYESTER	4	EA	5	1 243,28	418,32	8 307,98
41	CG1	FLG BLIND 300# RF 316/316L SS	18	EA	1	1 182,72	790,16	1 972,88
42	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	3	102,96	158,20	783,48
43	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	4	EA	3	110,75	235,04	1 037,36
44	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	6	EA	15	171,74	353,25	7 874,75
45	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	12	EA	2	743,33	813,60	3 113,85
46	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	18	EA	1	1 243,00	1 696,52	2 939,52
47	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	4	EA	6	200,52	246,34	2 681,19
48	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	6	EA	5	333,05	357,90	3 454,74
49	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	18	EA	3	1 275,69	1 719,76	8 986,34
50	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	3	20,63	0,00	61,88
51	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	4	EA	14	22,69	0,00	317,63
52	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	20	33,76	0,00	675,18
53	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	12	EA	2	70,06	0,00	140,12
54	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	3	102,28	0,00	306,83
55	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 35mm	EA	32	4,40	0,00	140,80
56	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	120	14,36	0,00	1 722,60
57	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1/2 X 100mm	EA	12	11,71	9,76	257,61
58	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	2 X 150mm	EA	6	33,21	13,67	281,28
59	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	1/2 X 100mm	EA	18	11,22	9,76	377,65
60	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	448	1,49	0,00	665,28
61	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	64	2,78	0,00	178,11
62	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	144	3,44	0,00	495,00
63	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	1	48,89	49,43	48,16
64	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	4	m	13	56,53	70,84	1 655,84
65	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	6	m	10	280,17	83,69	3 638,65
66	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	12	m	4	731,61	186,70	3 673,25
67	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	18	m	9	1 546,84	323,60	16 833,99
68	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	2	EA	6	48,10	39,37	524,80
69	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 318/316L SS A403-W	18 X 12	EA	2	624,97	2 035,82	5 321,58
70	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	6 X 4	EA	5	18,45	450,86	2 346,52
71	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 210mm	EA	72	28,60	0,00	2 059,20
72	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 185mm	EA	32	23,96	0,00	766,66
73	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	8	15,18	0,00	121,44

ANEXO V: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL MÉTODO DEL ACONTECIMIENTO RÁPIDO

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
74	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 120mm	EA	96	16,70	0,00	1 603,01
75	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 130mm	EA	120	17,79	0,00	2 134,44
76	CG1	TEE 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	6	27,00	117,59	867,57
77	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	18 X 2	EA	1	108,73	1 268,90	1 377,63
78	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 1/2	EA	6	26,32	341,63	2 207,67
79	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 2	EA	5	48,06	341,63	1 948,45
80	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 3	EA	1	151,44	780,86	932,30
81	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 4	EA	1	183,48	780,86	964,34
82	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 6	EA	6	317,17	780,86	6 588,21
83	LUF1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	7	1 018,50	288,18	9 146,73
84	LUF1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 1	3	EA	7	1 705,00	135,60	12 884,20
85	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	18	EA	12	742,50	495,39	14 854,70
86	LUF1	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	18	EA	1	527,42	980,84	1 508,26
87	LUF1	FLANGE ADAPTER 267 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7.3	18	EA	16	787,33	365,39	18 443,43
88	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	18	EA	16	199,65	371,84	9 143,84
89	LUF1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	21	102,96	158,20	5 484,36
90	LUF1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	18	EA	13	1 243,00	1 696,52	38 213,76
91	LUF1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	18	EA	1	1 275,69	1 719,76	2 995,45
92	LUF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	7	15,18	0,00	106,26
93	LUF1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	16	102,28	0,00	1 636,40
94	LUF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 35mm	EA	112	15,18	0,00	1 700,16
95	LUF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	112	1,49	0,00	166,32
96	LUF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	768	3,44	0,00	2 640,00
97	LUF1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	7	46,89	49,43	674,23
98	LUF1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	18	m	16	1 546,84	323,60	29 927,10
99	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	3650	208,17	182,95	1 427 564,93
100	LUF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 210mm	EA	384	28,60	0,00	10 982,40
101	LUF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	56	15,18	0,00	850,08
102	LUF1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 3	EA	7	113,58	996,66	7 771,66
103	LUF2	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	2	1 018,50	288,18	2 613,35
104	LUF2	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 2	3	EA	2	792,00	135,60	1 855,20
105	LUF2	ELL 45 DEG 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 9	18	EA	4	825,00	546,92	5 487,68
106	LUF2	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	18	EA	2	527,42	980,84	3 016,52
107	LUF2	FLANGE ADAPTER SDR 9 HDPE MOLDED BUTT IPS	18	EA	6	715,75	332,17	6 287,53
108	LUF2	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED	18	EA	6	144,93	371,84	3 100,61
109	LUF2	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	21	102,96	158,20	5 484,36
110	LUF2	FLG SO 300# RF 316/316L SS	18	EA	2	1 243,00	1 696,52	5 879,04
111	LUF2	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	18	EA	2	1 275,69	1 719,76	5 990,90
112	LUF2	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	2	15,18	0,00	30,36
113	LUF2	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	6	102,28	0,00	613,65
114	LUF2	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	5/8 X 35mm	EA	16	2,75	0,00	44,00
115	LUF2	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	16	1,32	0,00	21,12
116	LUF2	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	192	2,78	0,00	534,34
117	LUF2	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	2	46,89	49,43	192,64
118	LUF2	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	18	m	4	1 546,84	323,60	7 481,77
119	LUF2	PIPE SDR 9 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	1070	170,32	172,27	366 574,59
120	LUF2	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 160mm	EA	96	22,32	0,00	2 143,15
121	LUF2	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	8	14,52	0,00	116,16
122	LUF2	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 3	EA	2	151,44	780,86	1 864,60
123	LUF3	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	1	1 018,50	288,18	1 306,68
124	LUF3	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 3	3	EA	1	792,00	135,60	927,60
125	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	18	EA	2	312,39	544,21	1 713,21
126	LUF3	FLANGE ADAPTER SDR 11 HDPE MOLDED BUTT IPS	18	EA	4	620,31	288,08	3 633,55
127	LUF3	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 160 PSI MIN	18	EA	4	144,93	371,84	2 063,07
128	LUF3	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	3	102,96	158,20	783,48
129	LUF3	FLG SO 300# RF 316/316L SS	18	EA	2	1 243,00	1 696,52	5 879,04
130	LUF3	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	3	16,70	0,00	50,09
131	LUF3	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	4	40,91	0,00	163,64
132	LUF3	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	5/8 X 35mm	EA	8	2,75	0,00	22,00
133	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	8	1,32	0,00	10,56
134	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	128	2,78	0,00	356,22
135	LUF3	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	3	m	1	42,64	45,40	88,04
136	LUF3	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	18	m	2	466,41	198,90	1 330,63
137	LUF3	PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	440	141,93	149,41	128 188,86
138	LUF3	REDUCER CONC 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	18 X 14	EA	1	363,41	604,55	967,96
139	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 160mm	EA	64	22,32	0,00	1 428,77
140	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	4	14,52	0,00	58,08
141	LUF3	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 3	EA	2	151,44	780,86	1 864,60
142	CG1	VÁLVULA ANTICIPADORA DE ONDA, ACERO INOXIDABLE, 6"	6	EA	1	22 341,20	673,48	23 014,68
				Costo Total	USD	1 179 379,63	1 018 985,84	2 198 365,47

ANEXO VI: COSTO DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°1 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unidad	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AA1	BALL 1500# SCRD STL HNDL LEVER OP	2	EA	12	173,25	67,80	2 892,60
2	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1/2	EA	10	74,25	29,38	1 036,30
3	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	14	EA	4	1 153,35	953,72	8 428,28
4	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	16	EA	4	2 580,60	1 175,20	15 023,20
5	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	1 X 60mm	EA	224	24,50	22,60	10 550,96
6	AA1	CHECK 150# RF STL WAFER BUNA-N DUAL PLATE	14	EA	4	3 465,00	953,72	17 674,88
7	AA1	COMBINATION AIR AND VACUUM VALVE 300# ORIFICE 3/32" CI BUNA-N FNPT	2	EA	4	631,40	198,88	3 321,12
8	AA1	ELL 45 DEG STD WT STL A234 GR WPB-W	20	EA	2	470,25	922,08	2 784,66
9	AA1	ELL 90 DEG 300# SCRD MI A197	1/2	EA	5	2,31	67,80	350,55
10	AA1	ELL 90 DEG 300# SCRD MI A197	2	EA	12	17,16	126,56	1 724,64
11	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	14	EA	8	346,50	745,80	8 738,40
12	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	24	EA	1	532,95	1 270,12	1 803,07
13	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	8	EA	4	1 188,00	533,36	6 885,44
14	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	10	EA	4	1 049,40	696,08	6 981,92
15	AA1	FLG BLIND 150# RF STL A105	24	EA	1	495,00	687,04	1 182,04
16	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	20	EA	2	327,53	786,48	2 228,01
17	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	8	EA	4	46,78	345,78	1 570,23
18	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	10	EA	4	51,98	384,20	1 744,70
19	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	14	EA	16	205,46	560,48	12 255,01
20	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	16	EA	4	262,35	623,76	3 544,44
21	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	24	EA	2	607,61	931,12	3 077,47
22	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	8	EA	4	23,43	0,00	93,72
23	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	10	EA	8	23,43	0,00	187,44
24	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	14	EA	16	37,22	0,00	595,58
25	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	16	EA	8	43,56	0,00	348,48
26	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	20	EA	2	165,00	0,00	330,00
27	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	24	EA	2	184,80	0,00	369,60
28	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1/2 X 100mm	EA	25	10,23	9,49	493,05
29	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	2 X 150mm	EA	20	30,03	13,29	866,38
30	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	128	1,62	0,00	206,98
31	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	7/8	EA	288	1,82	0,00	522,72
32	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	96	1,98	0,00	190,08
33	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	80	2,06	0,00	165,00
34	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	80	1,98	0,00	158,40
35	AA1	PIPE .375 WALL DSAW STL API-5L-B	24	m	70	198,00	193,94	27 435,67
36	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	14	m	8	90,42	134,91	1 802,62
37	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	16	m	12	135,47	156,51	3 503,73
38	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	20	m	7	179,85	183,39	2 542,69
39	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1/2	EA	5	1,40	15,19	82,95
40	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	2	EA	8	2,97	38,28	330,04
41	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	14 X 8	EA	4	63,69	587,60	2 605,16
42	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	24 X 20	EA	2	442,79	998,92	2 883,43
43	AA1	REDUCER ECC STD WT STL A234 GR WPB-W	16 X 10	EA	4	528,23	650,88	4 716,44
44	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 185mm	EA	40	23,76	0,00	950,40
45	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 170mm	EA	40	20,76	0,00	830,28
46	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 330mm	EA	48	30,03	0,00	1 441,44
47	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	64	15,18	0,00	971,52
48	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	7/8 X 50mm	EA	144	11,88	0,00	1 710,72
49	AA1	TEE 300# SCRD MI A197	1/2	EA	5	13,20	30,74	219,68
50	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	14 X 1/2	EA	5	21,22	917,56	4 693,90
51	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	14 X 2	EA	8	39,01	917,56	7 652,53
52	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	16 X 2	EA	4	39,44	1 107,40	4 587,34
53	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	24 X 14	EA	4	278,69	678,00	3 826,74
54	LUF6	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	24	EA	1	4 917,00	1 684,64	6 601,64
55	LUF6	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	1 1/4 X 75mm	EA	40	27,72	22,60	2 012,80
56	LUF6	ELL 22.5 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	24	EA	2	178,20	585,79	1 527,98
57	LUF6	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	24	EA	6	416,11	585,79	6 011,42
58	LUF6	ELL 90 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	24	EA	2	100,98	683,42	1 568,81
59	LUF6	FLANGE ADAPTER 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	24	EA	4	482,63	341,71	3 297,35
60	LUF6	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 100 PSI MIN	24	EA	4	371,25	367,75	2 955,99
61	LUF6	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	40	1,98	0,00	79,20
62	LUF6	PIPE SDR 17 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	24	m	780	205,23	130,49	261 863,11
63	LUF6	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 185mm	EA	20	23,76	0,00	475,20
				Costo Total	USD	265 706,05	212 000,25	477 706,30

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AF1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	1	140,25	67,80	208,05
2	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	16	EA	1	2 580,60	1 175,20	3 755,80
3	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N HNDL OP	3	EA	3	126,06	135,60	784,98
4	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N HNDL OP	6	EA	6	254,10	388,72	3 856,92
5	AF1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	1 X 60mm	EA	32	24,50	22,60	1 507,28
6	AF1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	3/4 X 45mm	EA	96	14,19	18,08	3 097,92
7	AF1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	5/8 X 35mm	EA	24	11,22	13,56	594,72
8	AF1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150#-1	3	EA	3	1 705,00	135,60	5 521,80
9	AF1	EXP JOINT 150# FF CHLOROBUTYL/FIBERGLASS/KEVLAR	5	EA	6	92,66	142,38	1 410,26
10	AF1	FLG BLIND 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	569,25	361,60	1 861,70
11	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	3	EA	9	35,97	140,12	1 584,81
12	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	5	EA	6	74,84	221,48	1 777,94
13	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	6	EA	12	99,46	262,16	4 339,46
14	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	16	EA	9	1 980,00	678,00	23 922,00
15	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	9	15,18	0,00	136,62
16	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	5	EA	12	16,83	0,00	201,96
17	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	12	18,83	0,00	225,92
18	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	10	32,04	0,00	320,43
19	AF1	NIPPLE SCH 40S 304/304L SS TBE	2 X 150mm	EA	1	24,09	13,29	37,38
20	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	24	1,32	0,00	31,68
21	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	208	1,40	0,00	291,72
22	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	192	1,96	0,00	380,16
23	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	64	1,98	0,00	126,72
24	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	3	m	2	31,85	44,15	152,00
25	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	5	m	6	59,07	78,26	823,96
26	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	6	m	6	70,29	76,12	878,44
27	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	16	m	16	218,06	184,20	6 436,18
28	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 3	EA	3	147,25	158,83	918,21
29	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 6	EA	6	181,50	158,83	2 041,95
30	AF1	PLUG SQ HEAD SCRD 304/304L SS	2	EA	1	30,36	38,28	68,64
31	AF1	REDUCER ECC SCH 10S 304/304L SS A403-W	6 X 5	EA	6	89,43	307,36	2 380,74
32	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205mm	EA	32	25,08	0,00	802,56
33	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	96	16,50	0,00	1 584,00
34	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	96	14,36	0,00	1 378,08
35	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	8	16,83	0,00	134,64
36	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	12	14,52	0,00	174,24
37	AF1	TEE SCH 10S 304/304L SS A403-W	16	EA	1	693,00	1 134,52	1 827,52
38	AF1	THREDOLET 3000# 304/304L SS	16 X 2	EA	1	63,36	1 107,40	1 170,76
39	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1/2	EA	14	51,15	29,38	1 127,42
40	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1	EA	1	79,20	33,90	113,10
41	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	6	140,25	67,80	1 248,30
42	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG GR OP	6	EA	6	2 062,50	673,48	16 415,88
43	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	4	1 413,72	280,24	6 775,84
44	CG1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	3/4 X 45mm	EA	144	14,19	18,08	4 646,88
45	CG1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	5/8 X 35mm	EA	32	14,19	18,08	1 032,64
46	CG1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 300#	3	EA	2	8 580,00	289,28	17 738,56
47	CG1	ELL 90 DEG 3000# SW 316/316L SS	0,5	EA	7	23,94	103,96	895,31
48	CG1	EXP JOINT 250# FF CHLOROBUTYL/POLYESTER	4	EA	6	1 130,25	406,80	9 222,30
49	CG1	FLG BLIND 300# RF 316/316L SS	12	EA	1	627,33	361,60	988,93
50	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	6	102,96	158,20	1 566,96
51	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	4	EA	6	110,75	235,04	2 074,73
52	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	6	EA	18	156,12	343,52	8 993,57
53	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	8	EA	2	244,53	470,08	1 429,22
54	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	12	EA	4	743,33	813,60	6 227,70
55	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	6	EA	6	198,41	348,04	3 278,72
56	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	6	14,22	0,00	85,34
57	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	4	EA	12	20,63	0,00	247,50
58	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	24	30,69	0,00	736,56
59	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	2	35,39	0,00	70,79
60	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	12	EA	3	63,69	0,00	191,07
61	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1 X 100mm	EA	2	13,86	14,24	56,20
62	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1/2 X 100mm	EA	7	10,64	9,49	140,94
63	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	1/2 X 100mm	EA	28	10,20	9,49	551,29
64	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	2 X 150mm	EA	6	30,20	13,29	260,90
65	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	544	2,34	0,00	1 274,59
66	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	128	2,77	0,00	354,82
67	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	1	46,89	49,43	96,32
68	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	6	m	6	86,36	81,39	1 006,51
69	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	12	m	389	211,94	181,56	153 072,81
70	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	1/2	EA	7	14,03	15,19	204,49
71	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	2	EA	6	43,73	38,28	492,06
72	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	6 X 4	EA	6	101,31	307,36	2 452,02
73	CG1	REDUCER ECC SCH 40S 316/316L SS A403-W	12 X 8	EA	2	259,25	479,12	1 476,74
74	CG1	STUD-BOLT A193GR B7 3M	1 1/8 X 185mm	EA	32	21,78	0,00	696,96
75	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	16	15,18	0,00	242,88
76	CG1	STUD-BOLT UNC 316 SS A193 GR B8M 3M	1 1/8 X 185mm	EA	32	40,10	0,00	1 283,04
77	CG1	STUD-BOLT UNC 316 SS A193 GR B8M 3M	3/4 X 115mm	EA	16	16,83	0,00	269,28
78	CG1	STUD-BOLTUNC 316 SS A193 GR B8M 3M	3/4 X 120mm	EA	96	16,83	0,00	1 615,68

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°2 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
79	CG1	STUD-BOLT UNC 316 SS A193 GR B8M 3M	3/4 X 130mm	EA	144	17,82	0,00	2 566,08
80	CG1	TEE 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	7	26,73	144,64	1 199,59
81	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	12 X 1	EA	1	45,87	949,20	995,07
82	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	12 X 1/2	EA	1	27,72	664,44	692,16
83	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 1/2	EA	6	23,93	332,22	2 136,87
84	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 2	EA	6	43,69	332,22	2 255,47
85	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	12 X 3	EA	3	75,72	664,44	2 220,48
86	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	12 X 4	EA	2	91,74	664,44	1 512,36
87	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	12 X 6	EA	6	120,42	664,44	4 709,14
88	LUF1	FLANGE ADAPTER SDR 7 HDPE MOLDED BUTT IPS	12	EA	1	135,30	177,18	312,48
89	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	12	EA	1	87,12	195,26	282,38
90	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	190	69,50	105,23	33 198,72
91	LUF1	REDUCER CONC, 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16 X 12	EA	1	290,73	483,64	774,37
92	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16	EA	1	162,44	437,54	599,98
93	LUF3	FLANGE ADAPTER SDR 11 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	2	315,15	245,89	1 122,08
94	LUF3	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 160 PSI MIN	16	EA	2	90,75	263,97	709,44
95	LUF3	PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	260	59,80	71,16	34 049,31
96	LUF6	ELL 45 DEG 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16	EA	1	306,90	437,54	744,44
97	LUF6	FLANGE ADAPTER SDR 17 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	4	265,32	245,89	2 044,83
98	LUF6	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 100 PSI MIN	16	EA	4	120,29	263,97	1 537,01
99	LUF6	PIPE SDR 17 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	420	93,39	54,26	62 013,71
100	LUF6	REDUCER CONC 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16 X 14	EA	1	774,38	483,64	1 258,02
				Costo Total	USD	224 296,26	184 463,31	408 759,57

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Ítem	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AA1	BALL 1500# SCRD STL HNDL LEVER OP	2	EA	7	173,25	67,80	1 687,35
2	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1/2	EA	12	74,25	29,38	1 243,56
3	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1	EA	1	135,30	33,90	169,20
4	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	5	532,95	533,36	5 331,55
5	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	18	EA	1	3 126,75	1 324,36	4 451,11
6	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	3	EA	7	575,85	135,60	4 980,15
7	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	4	EA	1	953,70	207,92	1 161,62
8	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	6	EA	6	1 518,00	388,72	11 440,32
9	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	1 1/8 X 65mm	EA	32	25,08	22,60	1 525,76
10	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	3/4 X 45mm	EA	176	14,19	18,08	5 679,52
11	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	5/8 X 35mm	EA	68	11,22	13,56	1 685,04
12	AA1	COMBINATION AIR VALVE 3", CS, 150#-1	3	EA	5	792,00	135,60	4 638,00
13	AA1	COMBINATION AIR VALVE 3", CS, 150#-2	3	EA	1	792,00	135,60	927,60
14	AA1	ELL 45 DEG STD WT STL A234 GR WPB-W	16	EA	1	272,25	718,68	990,93
15	AA1	ELL 90 DEG 300# SCRD MI A197	1/2	EA	6	2,31	67,80	420,66
16	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	4	EA	3	11,22	189,84	603,18
17	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	6	EA	4	27,39	280,24	1 230,52
18	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	16	EA	3	306,90	804,56	3 334,38
19	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	4	EA	5	607,20	207,92	4 075,60
20	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	5	EA	5	749,10	298,32	5 237,10
21	AA1	FLG BLIND 150# RF STL A105	16	EA	1	262,35	370,64	632,99
22	AA1	FLG BLIND 150# RF STL A105	18	EA	2	303,60	420,36	1 447,92
23	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	3	EA	5	9,08	122,04	655,58
24	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	4	EA	7	12,74	167,24	1 259,85
25	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	5	EA	5	21,12	194,36	1 077,40
26	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	6	EA	19	23,76	221,48	4 659,56
27	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	8	EA	10	29,70	302,84	3 325,40
28	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	12	EA	2	66,83	474,60	1 082,85
29	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	16	EA	2	262,35	623,76	1 772,22
30	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	18	EA	15	303,60	687,04	14 859,60
31	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	6	EA	5	37,95	230,52	1 342,35
32	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	3	EA	13	4,13	0,00	53,63
33	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	4	EA	12	8,58	0,00	102,96
34	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	5	EA	10	12,87	0,00	128,70
35	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	6	EA	24	13,37	0,00	320,76
36	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	8	EA	10	23,43	0,00	234,30
37	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	12	EA	2	27,06	0,00	54,12
38	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	16	EA	1	43,56	0,00	43,56
39	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	18	EA	16	61,38	0,00	982,08
40	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1 X 100mm	EA	1	19,80	14,24	34,04
41	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1/2 X 100mm	EA	30	10,23	9,49	591,66
42	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	2 X 150mm	EA	8	30,03	13,29	346,55
43	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	208	13,53	0,00	2 814,24
44	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	400	16,17	0,00	6 468,00
45	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	32	1,98	0,00	63,36
46	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	448	2,06	0,00	924,00
47	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	3	m	3	8,02	40,95	146,91
48	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	4	m	14	14,69	59,54	1 039,20
49	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	6	m	25	34,82	65,57	2 509,63
50	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	8	m	10	39,11	74,37	1 134,74
51	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	12	m	6	85,97	128,13	1 284,55
52	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	16	m	10	135,47	156,51	2 919,78
53	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	18	m	20	128,37	162,54	5 818,18
54	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1/2	EA	6	1,40	15,19	99,54
55	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1	EA	1	1,98	36,70	38,68
56	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	2	EA	7	2,97	38,28	288,78
57	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	16 X 12	EA	2	126,06	483,64	1 219,40
58	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	6 X 4	EA	5	18,48	244,08	1 312,80
59	AA1	REDUCER ECC STD WT STL A234 GR WPB-W	8 X 5	EA	5	102,50	302,84	2 026,69
80	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 160mm	EA	224	20,30	0,00	4 546,08
81	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	16	16,50	0,00	264,00
82	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	176	14,36	0,00	2 526,48
83	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	104	14,52	0,00	1 510,08
64	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	7/8 X 130mm	EA	24	29,37	0,00	704,88
85	AA1	TEE 300# SCRD MI A197	0,5	EA	6	13,20	30,74	263,62
66	AA1	TEE STD WT STL A234 GR WPB-W	18	EA	1	570,24	1 328,88	1 899,12
67	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	16 X 1/2	EA	1	23,93	1 107,40	1 131,33
68	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	16 X 2	EA	1	39,44	1 107,40	1 146,84
69	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	18 X 2	EA	1	43,56	1 233,96	1 277,52
70	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	4 X 1	EA	1	20,46	237,30	257,76
71	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	6 X 1/2	EA	5	14,69	332,22	1 734,53
72	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	6 X 2	EA	5	27,23	332,22	1 797,23
73	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	16 X 4	EA	1	41,91	616,98	658,89

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°3 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño *Máximo*	Unid.	Cantidad *Anterior*	Costo Unitario *Material*	Costo *Instalación*	Costo Total
74	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	16 X 6	EA	6	66,00	616,98	4 097,88
75	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	18 X 3	EA	14	31,68	759,36	11 074,56
76	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	18 X 8	EA	5	96,11	616,98	3 565,46
77	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	18	EA	6	742,50	495,39	7 427,35
78	LUF1	FLANGE ADAPTER SDR 7 HDPE MOLDED BUTT IPS	18	EA	9	306,90	282,05	5 300,53
79	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	18	EA	9	131,75	289,28	3 789,29
80	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	1180	89,43	130,67	259 721,35
81	LUF2	PIPE SDR 9 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	285	182,24	100,52	80 586,62
82	AA1	VÁLVULA ANTICIPADORA DE ONDA, HIERRO FUNDIDO, 4"	6	EA	1	9 844,00	388,72	10 232,72
				Costo Total	USD	218 192,75	257 675,00	475 867,75

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AA1	BALL 1500# SCRD STL HNDL LEVER OP	2	EA	13	173,25	07,80	3 133,65
2	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1/2	EA	8	74,25	29,38	829,04
3	AA1	BALL 2000# SCRD STL HNDL OP	1	EA	1	135,30	33,90	169,20
4	AA1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	3	126,06	135,60	784,98
5	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	3	EA	2	575,85	135,60	1 422,90
6	AA1	BUTTERFLY 150# RF CI LUG TFE PTFE HNDL OP	6	EA	3	1 518,00	388,72	5 720,16
7	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	3/4 X 45mm	EA	96	14,19	18,08	3 097,92
8	AA1	CAP SCREW HEX HEAD STL A307 GR B UNC	5/8 X 35mm	EA	16	11,22	13,56	396,48
9	AA1	COMBINATION AIR VALVE 2", CS, 150#-2	2	EA	5	572,00	90,40	3 312,00
10	AA1	COMBINATION AIR VALVE 2", CS, 150#-3	2	EA	1	572,00	90,40	662,40
11	AA1	ELL 45 DEG STD WT STL A234 GR WPB-W	8	EA	3	69,71	357,08	1 280,38
12	AA1	ELL 45 DEG STD WT STL A234 GR WPB-W	12	EA	1	162,44	542,40	704,84
13	AA1	ELL 90 DEG 300# SCRD MI A197	1/2	EA	4	2,31	67,80	280,44
14	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	3	EA	4	8,91	144,64	614,20
15	AA1	ELL 90 DEG LR STD WT STL A234 GR WPB-W	12	EA	3	206,25	619,24	2 476,47
16	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	4	EA	3	607,20	207,92	2 445,36
17	AA1	EXP JOINT 150# FF, CHLOROBUTYL/POLYESTER	5	EA	3	749,10	298,32	3 142,26
18	AA1	FLG BLIND 150# RF STL A105	12	EA	1	66,33	298,32	364,65
19	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	3	EA	4	9,08	122,04	524,46
20	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	4	EA	3	12,74	167,24	539,93
21	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	5	EA	3	21,12	203,40	673,56
22	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	6	EA	9	23,76	221,48	2 207,16
23	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	8	EA	5	29,70	302,84	1 662,70
24	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	12	EA	2	66,83	474,60	1 082,85
25	AA1	FLG SO 150# RF STL A105	16	EA	12	262,35	623,76	10 633,32
26	AA1	FLG WN 150# RF STL STD BORE A105	6	EA	3	37,95	230,52	805,41
27	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	3	EA	4	4,13	0,00	16,50
28	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	4	EA	6	8,58	0,00	51,48
29	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	5	EA	6	12,87	0,00	77,22
30	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	6	EA	12	13,37	0,00	160,38
31	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	8	EA	6	23,43	0,00	140,58
32	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	12	EA	3	27,06	0,00	81,18
33	AA1	GASKET 150# RF NON-ASB 1/16"THK	16	EA	12	43,56	0,00	522,72
34	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1 X 100mm	EA	1	19,80	14,24	34,04
35	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	1/2 X 100mm	EA	20	10,23	9,49	394,44
36	AA1	NIPPLE XS STL A106-B TBE	2 X 150mm	EA	20	30,03	13,29	866,36
37	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	96	1,35	0,00	129,89
38	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	192	1,62	0,00	310,46
39	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	7/8	EA	48	1,82	0,00	87,12
40	AA1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	448	1,98	0,00	887,04
41	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	3	m	11	8,02	40,95	538,67
42	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	6	m	6	34,82	65,57	602,31
43	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	8	m	10	39,11	74,37	1 134,74
44	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	12	m	20	85,97	128,13	4 281,84
45	AA1	PIPE STD WT ERW STL API-5L-B / A53-B	16	m	10	135,47	156,51	2 919,78
46	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1/2	EA	4	1,40	15,19	66,36
47	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	1	EA	1	1.98	36.70	38.68
48	AA1	PLUG SQ HEAD 300# SCRD MI A197	2	EA	6	2,97	38,28	247,53
49	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	12 X 8	EA	2	57,92	479,12	1 074,07
50	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	6 X 4	EA	3	57,75	244,08	905,49
51	AA1	REDUCER CONC STD WT STL A234 GR WPB-W	8 X 5	EA	3	66,00	302,84	1 106,52
52	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	224	16,50	0,00	3 696,00
53	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	96	14,36	0,00	1 378,08
54	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	48	14,52	0,00	696,96
55	AA1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	7/8 X 130mm	EA	24	29,37	0,00	704,88
56	AA1	TEE 300# SCRD MI A197	1/2	EA	4	13,20	30,74	175,74
57	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	12 X 1/2	EA	1	20,87	664,44	685,31
58	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	12 X 2	EA	1	35,64	664,44	700,08
59	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	16 X 2	EA	8	39,44	1 107,40	9 174,68
60	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	3 X 1	EA	1	9,74	142.38	152,12
61	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	6 X 1/2	EA	3	14,69	332,22	1 040,72
62	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	6 X 2	EA	3	27,23	332,22	1 078,34
63	AA1	THREDOLET 3000# STL A105	8 X 2	EA	3	34,62	379,68	1 242,89
64	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	12 X 3	EA	2	27,06	379,68	813,48
65	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	12 X 4	EA	1	30,77	379,68	410.45
66	AA1	WELDOLET STD WT STL A105	12 X 8	EA	3	38,69	379,68	1 255,12
67	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	16	EA	11	693,00	437,54	12 435,90
68	LUF1	FLANGE ADAPTER SDR 7 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	12	181,50	245,89	5 128,66
69	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	16	EA	12	113,69	263,97	4 531,84
70	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	1140	69,50	105,23	199 192,32
71	LUF2	ELL 45 DEG 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 9	16	EA	2	660,00	437,54	2 195,07
72	LUF2	PIPE SDR 9 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	285	140,85	80,95	63 154,23
73	LUF3	ELL 22.5 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16	EA	1	138,60	437,54	576,14

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°4 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
74	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16	EA	1	162,44	437,54	599,98
75	LUF3	PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	170	59,80	71,16	22 263,01
76	LUF6	ELL 22.5 DEG 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16	EA	1	272,25	437,54	709,79
77	LUF6	ELL 60 DEG 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16	EA	1	709,50	437,54	1 147,04
78	LUF6	FLANGE ADAPTER SDR 17 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	4	265,32	245,89	2 044,83
79	LUF6	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 100 PSI MIN	16	EA	4	120,29	263,97	1 537,01
80	LUF6	PIPE SDR 17 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	330	93,39	54,26	48 725,06
81	LUF6	REDUCER CONC 100 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 17	16 X 12	EA	1	723,00	483,64	1 206,64
				Costo Total	**USD**	**195 130,35**	**228 326,79**	**423 457,14**

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AF1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	1	231,00	69,72	300,72
2	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	4	375,90	413,67	3 158,29
3	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	14	EA	1	1 186,50	766,92	1 953,42
4	AF1	ELL 45 SCH 10S 304/304L SS A403-W	8	EA	4	221,17	399,73	2 483,59
5	AF1	EXP JOINT 150# FF CHLOROBUTYL/FIBERGLASS/KEVLAR	6	EA	4	824,01	306,77	4 523,11
6	AF1	FLG BLIND 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	618,75	441,56	2 120,62
7	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	8	EA	8	149,96	367,19	4 137,18
8	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	14	EA	1	356,18	766,92	1 123,10
9	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	469,52	836,64	2 612,32
10	AF1	FLG WN 150# RF 304/304L SS 10S BORE	6	EA	4	302,78	348,04	2 603,26
11	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	8	18,83	0,00	150,61
12	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	8	22,65	0,00	181,21
13	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	14	EA	2	32,58	0,00	65,16
14	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	2	35,25	0,00	70,49
15	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	1 X 60mm	EA	24	6,33	0,00	151,80
16	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	64	4,40	0,00	281,60
17	AF1	NIPPLE SCH 40S 304/304L SS TOE	2 X 150mm	EA	1	33,21	13,67	46,88
18	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	128	1,49	0,00	190,08
19	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	64	2,20	0,00	140,80
20	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	8	m	8	132,00	104,36	1 890,90
21	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	14	m	2	361,23	163,32	786,83
22	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	16	m	7	414,28	189,41	4 225,87
23	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 8	EA	4	209,63	189,41	1 596,18
24	AF1	PLUG SQ HEAD SCRD 304/304L SS	2	EA	1	33,40	39,37	72,76
25	AF1	REDUCER ECC SCH 10S 304/304L SS A403-W	8 X 6	EA	4	102,50	302,84	1 621,35
26	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	32	18,15	0,00	580,80
27	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	64	15,79	0,00	1 010,58
28	AF1	TEE RED SCH 10S 304/304L SS A403-W	16 X 16 X 14	EA	1	440,78	1 166,65	1 607,42
29	AF1	THREDOLET 3000# 304/304L SS	16 X 2	EA	1	69,70	1 138,76	1 208,46
30	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1/2	EA	8	63,00	30,21	745,70
31	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	5	231,00	69,72	1 503,60
32	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG GR OP	6	EA	4	2 079,00	553,11	10 528,45
33	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	1	1 018,50	288,18	1 306,68
34	CG1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 300#	3	EA	1	8 580,00	289,28	8 869,28
35	CG1	ELL 90 DEG 3000# SCRD 316/316L SS	1/2	EA	4	5,25	96,68	407,71
36	CG1	EXP JOINT 250# FF CHLOROBUTYL/POLYESTER	5	EA	4	824,01	306,77	4 523,11
37	CG1	FLG BLIND 300# RF 316/316L SS	16	EA	1	866,25	650,72	1 516,97
38	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	3	113,26	162,68	827,81
39	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	6	EA	12	171,74	353,25	6 299,80
40	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	12	EA	2	817,66	883,12	3 401,56
41	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	16	EA	2	1 078,00	1 394,40	4 944,80
42	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	5	EA	4	299,75	278,88	2 314,51
43	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	6	EA	4	333,05	357,90	2 763,79
44	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	16	EA	2	1 063,07	1 394,40	4 914,95
45	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	3	23,38	0,00	70,13
46	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	5	EA	8	25,92	0,00	207,35
47	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	16	33,76	0,00	540,14
48	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	12	EA	2	70,06	0,00	140,12
49	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	3	88,12	0,00	264,35
50	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 35mm	EA	16	4,40	0,00	70,40
51	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	96	14,36	0,00	1 378,08
52	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1/2 X 100mm	EA	8	11,71	9,76	171,74
53	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	2 X 150mm	EA	1	33,21	13,67	46,88
54	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	1/2 X 100mm	EA	12	26,50	9,76	435,12
55	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	2 X 150mm	EA	4	33,21	13,67	187,52
56	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	352	1,49	0,00	522,72
57	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	64	2,78	0,00	178,11
58	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	120	3,44	0,00	412,50
59	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	1	111,87	50,83	81,35
60	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	6	m	8	280,17	83,69	2 910,92
61	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	12	m	6	731,61	186,70	5 509,87
62	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	16	m	7	1 222,12	257,86	10 359,90
63	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	2	EA	5	48,10	39,37	437,33
64	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	16 X 12	EA	2	522,40	1 538,49	4 121,78
65	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	6 X 5	EA	4	18,45	450,86	1 877,21
66	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205mm	EA	60	27,59	0,00	1 655,28
67	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 185mm	EA	32	23,96	0,00	766,66
68	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	16	16,70	0,00	267,17
69	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 125mm	EA	64	17,25	0,00	1 103,87
70	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 130mm	EA	96	17,79	0,00	1 707,55
71	CG1	TEE 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	4	27,00	145,95	691,79
72	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	16 X 2	EA	1	83,64	1 138,76	1 222,40
73	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 1/2	EA	4	26,32	341,63	1 471,78

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°5 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
74	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 2	EA	4	48,06	341,63	1 558,76
75	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 3	EA	1	151,80	634,45	786,25
76	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 6	EA	5	217,80	634,45	4 261,26
77	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	16	EA	3	556,88	371,54	2 785,26
78	LUF1	FLANGE ADAPTER 267 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7.3	16	EA	2	361,33	341,65	1 446,36
79	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-60 CONVOLUTED 267 PSI MIN	16	EA	2	132,31	339,30	943,24
80	LUF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	40	3,44	0,00	137,50
81	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3406 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	295	154,71	167,70	95 111,06
82	LUF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205	EA	20	23,76	0,00	475,20
83	LUF3	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N HNDL OP	3	EA	2	94,50	125,50	439,99
84	LUF3	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 1	3	EA	2	792,00	135,60	1 855,20
85	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	16	EA	2	162,44	437,54	1 199,96
86	LUF3	FLANGE ADAPTER SDR 11 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	6	346,67	287,76	3 606,66
87	LUF3	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 160 PSI MIN	16	EA	6	125,05	339,30	2 786,15
88	LUF3	FLG SO 150# RF 304/304L SS	3	EA	6	39,57	144,09	1 101,93
89	LUF3	FLG SO 150# RF 304/304L SS	16	EA	4	469,52	836,64	5 224,65
90	LUF3	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	6	16,70	0,00	100,19
91	LUF3	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	6	35,25	0,00	211,48
92	LUF3	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	5/8 X 35mm	EA	16	2,75	0,00	44,00
93	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	16	1,29	0,00	20,59
94	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	160	2,20	0,00	352,00
95	LUF3	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	3	m	4	42,64	45,40	352,16
96	LUF3	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	16	m	4	414,28	169,41	2 414,76
97	LUF3	PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	1210	65,76	121,96	227 164,34
96	LUF3	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 3	EA	2	161,97	169,41	702.77
99	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	60	16,15	0,00	1 452,00
100	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	8	15,97	0,00	127.78
				Costo Total	USD	179 084,30	242 054,47	421 138,76

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AF1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	1	231,00	69,72	300,72
2	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	4	375,90	413,67	3 158,29
3	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	14	EA	1	1 186,50	766,92	1 953,42
4	AF1	ELL 45 SCH 10S 304/304L SS A403-W	8	EA	4	221,17	399,73	2 483,59
5	AF1	EXP JOINT 150# FF CHLOROBUTYL/FIBERGLASS/KEVLAR	6	EA	4	1 188,00	533,36	6 885,44
6	AF1	FLG BLIND 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	618,75	441,56	2 120,62
7	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	8	EA	8	149,96	367,19	4 137,18
8	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	14	EA	1	356,18	766,92	1 123,10
9	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	16	EA	2	469,52	836,64	2 612,32
10	AF1	FLG WN 150# RF 304/304L SS 10S BORE	6	EA	4	302,78	271,20	2 295,90
11	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	8	18,83	0,00	150,61
12	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	8	22,65	0,00	181,21
13	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	14	EA	2	32,58	0,00	65,16
14	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	2	35,25	0,00	70,49
15	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	1 X 60mm	EA	24	6,33	0,00	151,80
16	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	64	4,40	0,00	281,60
17	AF1	NIPPLE SCH 40S 304/304L SS TOE	2 X 150mm	EA	1	26,50	13,67	40,16
18	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	128	1,49	0,00	190,08
19	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	64	2,20	0,00	140,80
20	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	8	m	8	132,00	104,36	1 890,90
21	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	14	m	2	361,23	163,32	786,83
22	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	16	m	7	414,28	189,41	4 225,87
23	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	16 X 8	EA	4	209,63	189,41	1 596,18
24	AF1	PLUG SQ HEAD SCRD 304/304L SS	2	EA	1	33,40	39,37	72,76
25	AF1	REDUCER ECC SCH 10S 304/304L SS A403-W	8 X 6	EA	4	55,44	605,68	2 644,48
26	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	32	18,15	0,00	580,80
27	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	64	15,79	0,00	1 010,59
28	AF1	TEE RED SCH 10S 304/304L SS A403-W	16 X 16 X 14	EA	1	440,78	1 166,65	1 607,42
29	AF1	THREDOLET 3000# 304/304L SS	16 X 2	EA	1	69,70	1 138,76	1 208,46
30	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1/2	EA	8	93,45	34,86	1 026,48
31	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	5	231,00	69,72	1 503,60
32	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG GR OP	6	EA	4	2 097,90	553,11	10 604.05
33	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	1	1 018,50	288,18	1 306,68
34	CG1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 300#	3	EA	1	8 580,00	289,28	8 869,28
35	CG1	ELL 90 DEG 3000# SCRD 316/316L SS	1/2	EA	4	5,25	96,68	407,71
36	CG1	EXP JOINT 250# FF CHLOROBUTYL/POLYESTER	5	EA	4	824,01	306,77	4 523,11
37	CG1	FLG BLIND 300# RF 316/316L SS	16	EA	1	866,25	650,72	1 516,97
38	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	3	113,26	162,68	827,81
39	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	6	EA	12	171,74	353,25	6 299,80
40	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	12	EA	2	817,66	883,12	3 401,56
41	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	16	EA	2	1 078,00	1 394,40	4 944,80
42	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	5	EA	4	299,75	278,88	2 314,51
43	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	6	EA	4	333,05	357,90	2 763,79
44	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	16	EA	2	1 063,07	1 394,40	4 914,95
45	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	3	23,38	0,00	70,13
46	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	5	EA	8	25,92	0,00	207,35
47	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	16	33,76	0,00	540,14
48	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	12	EA	2	70,06	0,00	140,12
49	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	3	88,12	0,00	264,35
50	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 35mm	EA	16	4,40	0,00	70,40
51	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	96	4,40	0,00	422,40
52	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1/2 X 100mm	EA	8	11,71	9,76	171,74
53	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	2 X 150mm	EA	1	33,21	13,67	46,88
54	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	1/2 X 100mm	EA	12	26,50	9,76	435,12
55	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	2 X 150mm	EA	4	33,21	13,67	187,52
56	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	368	1,49	0,00	546,48
57	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	64	2,78	0,00	178,11
58	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	120	3,44	0,00	412,50
59	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	1	111,87	50,83	81,35
60	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	6	m	8	95,00	83,69	1 429,54
61	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	12	m	6	731,61	186,70	5 509,87
62	CG1	PIPE SCH 40S EFW 318/316L SS A312	16	m	7	1 222,12	257,86	10 359,90
63	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	2	EA	5	48,10	39,37	437,33
64	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	16 X 12	EA	2	165,33	1 538,49	3 407,64
65	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	6 X 5	EA	4	18,45	450,86	1 877,21
66	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205mm	EA	60	27,59	0,00	1 655,28
67	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 185mm	EA	32	23,96	0,00	766,66
68	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	24	16,70	0,00	400,75
69	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 125mm	EA	64	17,25	0,00	1 103,87
70	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 130mm	EA	96	17,79	0,00	1 707,55
71	CG1	TEE 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	4	9,00	145,95	619,79
72	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	16 X 2	EA	1	83,64	1 138,76	1 222,40
73	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	8 X 1/2	EA	4	26,32	341,63	1 471,78

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°6 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
74	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 2	EA	4	48,06	341,63	1 558,76
75	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 3	EA	1	151,80	634,45	786,25
76	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 6	EA	5	217,80	634,45	4 261,26
77	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	16	EA	4	556,88	371,54	3 713,68
78	LUF1	FLANGE ADAPTER 267 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7.3	16	EA	2	495,73	341,85	1 675,16
79	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	16	EA	2	132,31	339,30	943,24
80	LUF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	40	3,44	0,00	137,50
81	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	90	154,71	167,70	29 016,94
82	LUF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 205	EA	20	27,59	0.00	551,76
83	LUF2	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	2	1 018,50	288,18	2 613,35
84	LUF2	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 2	3	EA	2	792,00	135,60	1 855,20
85	LUF2	ELL 45 DEG 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 9	16	EA	6	660,00	437,54	6 585,22
86	LUF2	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	16	EA	1	470,91	875,75	1 346,66
87	LUF2	FLANGE ADAPTER SDR 9 HDPE MOLDED BUTT IPS	16	EA	6	450,66	261,62	4 273,71
88	LUF2	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED	16	EA	6	125,05	339,30	2 786,15
89	LUF2	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	6	113,26	162,68	1 655,62
90	LUF2	FLG SO 300# RF 316/316L SS	16	EA	4	1 078,00	1 394,40	9 889,60
91	LUF2	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	6	23,38	0,00	140,26
92	LUF2	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	16	EA	6	88,12	0,00	528,71
93	LUF2	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	5/8 X 35mm	EA	32	2,75	0,00	88,00
94	LUF2	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	96	1,49	0,00	142,56
95	LUF2	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1	EA	192	2,20	0,00	422,40
96	LUF2	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	4	111,87	50,83	650,78
97	LUF2	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	16	m	4	1 222,12	257,86	5 919,94
98	LUF2	PIPE SDR 9 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	16	m	635	98,67	138,73	150 751,23
99	LUF2	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 X 150mm	EA	96	18,15	0,00	1 742,40
100	LUF2	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	48	16,70	0,00	801,50
101	LUF2	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	16 X 3	EA	2	151,80	634,45	1 572,50
				Costo Total	USD	142 392,02	154 401,86	296 793,88

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño Máximo	Unid.	Cantidad Anterior	Costo Unitario Material	Costo Instalación	Costo Total
1	AF1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	1	231,00	69,72	300,72
2	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	8	EA	5	375,90	413,67	3 947,86
3	AF1	BUTTERFLY 150# CI LUG BUNA-N GEAR OP	14	EA	1	1 186,50	766,92	1 953,42
4	AF1	ELL 45 SCH 10S 304/304L SS A403-W	8	EA	5	221,17	399,73	3 104,48
5	AF1	EXP JOINT 150# FF CHLOROBUTYL/FIBERGLASS/KEVLAR	5	EA	5	404,91	298,32	3 516,15
6	AF1	FLG BLIND 150# RF 304/304L SS	18	EA	2	844,80	534,52	2 758,64
7	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	8	EA	10	149,96	367,19	5 171,47
8	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	14	EA	1	356,18	766,92	1 123,10
9	AF1	FLG SO 150# RF 304/304L SS	18	EA	2	634,52	1 022,56	3 314,16
10	AF1	FLG WN 150# RF 304/304L SS 10S BORE	5	EA	5	196,43	241,70	2 190,62
11	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	5	EA	10	18,51	0,00	185,13
12	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	8	EA	10	22,65	0,00	226,51
13	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	14	EA	2	32,58	0,00	65,16
14	AF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	2	40,91	0,00	81,82
15	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	1 X 60mm	EA	24	6,33	0,00	151,80
16	AF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	80	4,40	0,00	352,00
17	AF1	NIPPLE SCH 40S 304/304L SS TBE	2 X 150mm	EA	1	26,50	13,67	40,16
18	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	160	1,49	0,00	237,60
19	AF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	64	2,78	0,00	178,11
20	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	8	m	10	132,00	104,36	2 363,63
21	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	14	m	2	361,23	163,32	786,83
22	AF1	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	18	m	9	466,41	198,90	5 987,83
23	AF1	PIPET SCH 10S 304/304L SS	18 X 8	EA	5	230,60	198,90	2 147,50
24	AF1	PLUG SQ HEAD SCRD 304/304L SS	2	EA	1	33,40	39,37	72,76
25	AF1	REDUCER ECC SCH 10S 304/304L SS A403-W	8 X 5	EA	5	27,45	399,73	2 135,87
26	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 160mm	EA	32	22,32	0,00	714,38
27	AF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 105mm	EA	80	15,79	0,00	1 263,24
28	AF1	TEE RED SCH 10S 304/304L SS A403-W	18 X 18 X 14	EA	1	558,90	1 473,42	2 032,32
29	AF1	THREDOLET 3000# 304/304L SS	18 X 2	EA	1	97,85	1 268,90	1 366,76
30	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	1/2	EA	12	63,00	30,21	1 118,54
31	CG1	BALL 1000# SCRD 316 HNDL OP	2	EA	6	231,00	69,72	1 804,32
32	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG GR OP	6	EA	5	2 097,90	553,11	13 255,06
33	CG1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	1	1 018,50	288,18	1 306,68
34	CG1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 300#	3	EA	1	8 580,00	289,28	8 869,28
35	CG1	ELL 90 DEG 3000# SCRD 316/316L SS	1/2	EA	6	5,25	79,02	505,60
36	CG1	ELL 90 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	18	EA	1	598,50	2 035,82	2 634,32
37	CG1	EXP JOINT 250# FF CHLOROBUTYL/POLYESTER	4	EA	5	1 243,28	418,32	8 307,98
38	CG1	FLG BLIND 300# RF 316/316L SS	18	EA	1	1 182,72	790,16	1 972,88
39	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	3	102,96	158,20	783,48
40	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	6	EA	15	171,74	353,25	7 874,75
41	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	12	EA	2	743,33	813,60	3 113,85
42	CG1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	18	EA	1	1 243,00	1 696,52	2 939,52
43	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	4	EA	5	200,52	246,34	2 234,33
44	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	6	EA	5	333,05	357,90	3 454,74
45	CG1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	18	EA	3	1 275,69	1 719,76	8 986,34
46	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	3	20,63	0,00	61,88
47	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	4	EA	10	22,69	0,00	226,88
48	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	6	EA	20	33,76	0,00	675,18
49	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	12	EA	2	70,06	0,00	140,12
50	CG1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	3	102,28	0,00	306,83
51	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 35mm	EA	16	4,40	0,00	70,40
52	CG1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 45mm	EA	120	14,36	0,00	1 722,60
53	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	1/2 X 100mm	EA	12	11,71	9,76	257,61
54	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TBE	2 X 150mm	EA	6	33,21	13,67	281,28
55	CG1	NIPPLE SCH 40S 316/316L SS TOE	1/2 X 100mm	EA	18	11,22	9,76	377,65
56	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	416	1,49	0,00	617,76
57	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	64	2,78	0,00	178,11
58	CG1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	144	3,44	0,00	495,00
59	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	1	46,89	49,43	48,16
60	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	6	m	10	280,17	83,69	3 638,65
61	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	12	m	4	731,61	186,70	3 673,25
62	CG1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	18	m	9	1 546,84	323,60	16 833,99
63	CG1	PLUG SQUARE HEAD SCRD 316/316L SS	2	EA	6	48,10	39,37	524,80
64	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	18 X 12	EA	2	624,97	2 035,82	5 321,58
65	CG1	REDUCER CONC SCH 40S 316/316L SS A403-W	6 X 4	EA	5	18,45	450,86	2 346,52
66	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 210mm	EA	72	28,60	0,00	2 059,20
67	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 185mm	EA	32	23,96	0,00	766,66
68	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	8	15,18	0,00	121,44
69	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 120mm	EA	80	16,70	0,00	1 335,84
70	CG1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 130mm	EA	120	17,79	0,00	2 134,44
71	CG1	TEE 3000# SW 316/316L SS	1/2	EA	6	27,00	117,59	867,57
72	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	18 X 2	EA	1	108,73	1 268,90	1 377,63
73	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 1/2	EA	6	26,32	341,63	2 207,67

ANEXO VI: COSTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

COSTO DEL SISTEMA DE BOMBEO N°7 POR EL MÉTODO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Item	Clase	Descripción	Tamaño *Máximo*	Unid.	Cantidad *Anterior*	Costo Unitario *Material*	Costo *Instalación*	Costo Total
74	CG1	THREDOLET 3000# 316/316L SS	6 X 2	EA	5	48,06	341,63	1 948,45
75	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 3	EA	1	151,44	780,86	932,30
76	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 4	EA	1	183,48	780,86	964,34
77	CG1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 6	EA	6	317,17	780,86	6 588,21
78	LUF1	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	7	1 018,50	288,18	9 146,73
79	LUF1	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 1	3	EA	7	1 705,00	135,60	12 884,20
80	LUF1	ELL 45 DEG, 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7	18	EA	12	742,50	495,39	14 854,70
81	LUF1	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	18	EA	1	527,42	980,84	1 508,26
82	LUF1	FLANGE ADAPTER 267 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 7.3	18	EA	16	787,33	365,39	18 443,43
83	LUF1	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 267 PSI MIN	18	EA	16	199,65	371,84	9 143,84
84	LUF1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	21	102,96	158,20	5 484,36
85	LUF1	FLG SO 300# RF 316/316L SS	18	EA	13	1 243,00	1 696,52	38 213,76
86	LUF1	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	18	EA	1	1 275,69	1 719,76	2 995,45
87	LUF1	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	7	15,18	0,00	106,26
88	LUF1	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	16	102,28	0,00	1 636,40
89	LUF1	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	3/4 X 35mm	EA	112	15,18	0,00	1 700,16
90	LUF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	3/4	EA	112	1,49	0,00	166,32
91	LUF1	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/4	EA	768	3,44	0,00	2 640,00
92	LUF1	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	7	46,89	49,43	674,23
93	LUF1	PIPESCH 40S EFW 316/316L SS A312	18	m	16	1 546,84	323,60	29 927,10
94	LUF1	PIPE SDR 7.3 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	3650	208,17	182,95	1 427 564,93
95	LUF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/4 X 210mm	EA	384	28,60	0,00	10 982,40
96	LUF1	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	3/4 X 115mm	EA	56	15,18	0,00	850,08
97	LUF1	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 3	EA	7	113,58	996,66	7 771,66
98	LUF2	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	2	1 018,50	288,18	2 613,35
99	LUF2	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 2	3	EA	2	792,00	135,60	1 855,20
100	LUF2	ELL 45 DEG 200 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 9	18	EA	4	825,00	546,92	5 487,68
101	LUF2	ELL 45 LR SCH 40S 316/316L SS A403-W	18	EA	2	527,42	980,84	3 016,52
102	LUF2	FLANGE ADAPTER SDR 9 HDPE MOLDED BUTT IPS	18	EA	6	715,75	332,17	6 287,53
103	LUF2	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED	18	EA	6	144,93	371,84	3 100,61
104	LUF2	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	21	102,96	158,20	5 484,36
105	LUF2	FLG SO 300# RF 316/316L SS	18	EA	2	1 243,00	1 696,52	5 879,04
106	LUF2	FLG WN 300# RF 316/316L SS 40S BORE	18	EA	2	1 275,69	1 719,76	5 990,90
107	LUF2	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	2	15,18	0,00	30,36
108	LUF2	GASKET 300# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	6	102,28	0,00	613,65
109	LUF2	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	5/8 X 35mm	EA	16	2,75	0,00	44,00
110	LUF2	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	16	1,32	0,00	21,12
111	LUF2	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	192	2,78	0,00	534,34
112	LUF2	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	3	m	2	46,89	49,43	192,64
113	LUF2	PIPE SCH 40S EFW 316/316L SS A312	18	m	4	1 546,84	323,60	7 481,77
114	LUF2	PIPE SDR 9 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	1070	170,32	172,27	366 574,59
115	LUF2	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 160mm	EA	96	22,32	0,00	2 143,15
116	LUF2	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	8	14,52	0,00	116,16
117	LUF2	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 3	EA	2	151,44	780,86	1 864,60
118	LUF3	BUTTERFLY 300# 316, LUG HNDL OP	3	EA	1	1 018,50	288,18	1 306,68
119	LUF3	COMBINATION AIR VALVE 3", SS, 150# - 3	3	EA	1	792,00	135,60	927,60
120	LUF3	ELL 45 DEG 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	18	EA	2	312,39	544,21	1 713,21
121	LUF3	FLANGE ADAPTER SDR 11 HDPE MOLDED BUTT IPS	18	EA	4	620,31	288,08	3 633,55
122	LUF3	FLG BACK UP RING 150# DI A536-80 CONVOLUTED 160 PSI MIN	18	EA	4	144,93	371,84	2 067,07
123	LUF3	FLG SO 300# RF 316/316L SS	3	EA	3	102,96	158,20	783,48
124	LUF3	FLG SO 300# RF 316/316L SS	18	EA	2	1 243,00	1 696,52	5 879,04
125	LUF3	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	3	EA	3	16,70	0,00	50,09
126	LUF3	GASKET 150# FF PTFE 1/16" THK	18	EA	4	40,91	0,00	163,64
127	LUF3	MACHINE BOLT STEEL A307 GRADE B7 3M	5/8 X 35mm	EA	8	2,75	0,00	22,00
128	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	5/8	EA	8	1,32	0,00	10,56
129	LUF3	NUT HEXAGON W/ WASHERFLAT A194 GR 2H	1 1/8	EA	128	2,78	0,00	356,22
130	LUF3	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	3	m	1	42,64	45,40	88,04
131	LUF3	PIPE SCH 10S EFW 304/304L SS A312	18	m	2	466,41	198,90	1 330,63
132	LUF3	PIPE SDR 11 PE 3408 HD POLYETHYLENE IPS	18	m	440	141,93	149,41	128 188,86
133	LUF3	REDUCER CONC 160 PSI HDPE FAB BUTT IPS TO SDR 11	18 X 14	EA	1	363,41	604,55	967,96
134	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	1 1/8 X 160mm	EA	64	22,32	0,00	1 428,77
135	LUF3	STUD-BOLT A193 GR B7 3M	5/8 X 90mm	EA	4	14,52	0,00	58,08
136	LUF3	WELDOLET SCH 40S 316/316L SS	18 X 3	EA	2	151,44	780,86	1 864,60
				Costo Total	**USD**	1 157 278,73	1 020 020,50	2 177 299,23