

**DESARROLLO DE UNA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE PARA USO EN EL ÁREA
SUBANDINA DE BOLIVIA**



Gonzalo Rojas Tintaya

Tesis de Maestría presentado en cumplimiento de los requisitos para la obtención del

Grado Académico de:

**MAGISTER SCIENTIARUM EN INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELECTROMECAÁNICA**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA – ELECTROMECAÁNICA

LA PAZ – BOLIVIA

MARZO 2023



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

**DESARROLLO DE UNA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE PARA USO EN EL
ÁREA SUBANDINA DE BOLIVIA**

por

Gonzalo Rojas Tintaya

Revisado y Presentado ante el Tribunal de Grado Académico

APROBADO:

Msc.Ing. Oscar Febo Flores Meneses

Asesor de Tesis de Maestría

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA – ELECTROMECAÁNICA

LA PAZ – BOLIVIA

MARZO 2023

**DESARROLLO DE UNA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE PARA USO EN EL
ÁREA SUBANDINA DE BOLIVIA**

por

Gonzalo Rojas Tintaya

Revisado y presentado ante tribunal de Grado Académico:

APROBADO POR:

Msc. Ing. Gustavo Barriga Delgadillo

MSc. Ing. Alejandro Mayori Machicao

MSc. Ing. Jose L. Hernandez Quisbert

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA – ELECTROMECAÁNICA

LA PAZ – BOLIVIA

MARZO 2023

Resumen

El objetivo General determinó la influencia de los principales factores de entrada para una bomba de golpe de ariete de PVC de 2 [Pulg] en diferentes configuraciones aplicado al área sub andina de Bolivia.

Se utilizó la metodología experimental de superficie de respuesta con diseño central compuesto para la determinación de la correlación de los factores de entrada fuerza de compresión del resorte, coeficiente de rigidez y altura del colector en los factores de respuesta de la presión de salida máxima, rendimiento volumétrico y potencia útil.

La experimentación principal se realizó en el banco de pruebas con 20 tratamientos y el análisis de datos se realizó con el programa Design Expert v.11., se determinó un modelo estadístico de primer orden validado con un análisis de ANOVA para el comportamiento de la presión de salida.

Los instrumentos utilizados para la medición fueron manómetros de presión, volúmenes patrón y un calibrador, adicionalmente se redactó un protocolo de medición y elaboró 46 curvas de comportamiento de caudal vs presión de salida para diferentes configuraciones.

La validación de la Bomba de golpe de ariete más eficiente obtenida por el análisis de superficie de respuesta se lo realizó en la población de Chuchico del Departamento de La Paz, demostrando un funcionamiento óptimo de acuerdo a los requerimientos de campo.

La conclusión principal determinó la influencia de los principales factores de entrada para una bomba de golpe de ariete de PVC de 2 [Pulg] en diferentes configuraciones, resultando la fuerza de compresión del resorte el factor que influye más significativamente en las presiones máximas de salida con un F-value (79,67), seguida del coeficiente de rigidez (39,02) y la altura del colector (22,15).

La fuerza de compresión del resorte influye proporcionalmente en la presión de salida, el coeficiente de rigidez influye proporcionalmente en el rendimiento volumétrico y la altura del colector influye proporcionalmente en la potencia útil.

Palabra clave

Influencia de Factores de entrada

Metodología de superficie de respuesta

Modelo estadístico de la presión de salida

Bomba de Golpe de Ariete eficiente

Curvas de comportamiento.

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis de Maestría a mis padres Leandro Rojas y Delfina Tintaya por ser los pilares fundamentales en mi educación.

AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS

Manifiesto mi reconocimiento al Instituto de Investigaciones de Ingeniería Mecánica - Electromecánica de la Universidad Mayor de San Andrés por la formación académica recibida en sus aulas.

Mi agradecimiento al Ing. Oscar Febo Flores Meneses por haberme asesorado en esta Tesis de Maestría y proporcionarme las bases fundamentales para el desarrollo del proyecto y creído en mí para desarrollar esta investigación.

A mi hermano por Ivan Rojas, por haberme mostrado que se puede llegar más lejos con el estudio y por último agradezco a los becarios que ayudaron en la recopilación de información Deysi Torrez, Shirley, Cristhian Herrera y Franz Miranda que estuvieron apoyándome cuando estuvimos en el laboratorio.

Gonzalo Rojas Tintaya

Otoño de 2023

Índice General

RESUMEN.....	IV
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE TABLAS	XI
ÍNDICE FIGURAS	XIII
SIMBOLOGÍA	XV
GLOSARIO	XVII
1. CAPÍTULO I – GENERALIDADES.....	19
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	19
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.3. OBJETIVOS	23
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	23
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	23
1.4. HIPÓTESIS CIENTÍFICA	24
1.5. JUSTIFICACIÓN	24
1.5.1. <i>Originalidad</i>	25
1.5.2. <i>Interés</i>	25
1.5.3. <i>Factibilidad y viabilidad</i>	25
1.5.4. <i>Pertinencia</i>	25
1.6. ALCANCES.....	25
1.7. LÍMITES	26
2. CAPÍTULO II-MARCO TEÓRICO.....	27
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	27

2.2.	REQUERIMIENTOS DE CONSUMO DE AGUA MÍNIMO	29
2.2.1.	<i>Consumo mínimo por habitante y promedio de integrantes en una familia rural</i>	29
2.3.	BOMBA DE GOLPE DE ARIETE	30
2.3.1.	<i>Golpe de ariete</i>	33
2.3.2.	<i>Ecuaciones del ariete hidráulico</i>	34
2.3.2.1.	Determinación de la celeridad del pulso de presión	34
2.3.2.2.	Determinación de la presión de choque del golpe de ariete.....	36
2.3.2.3.	Curvas características de una bomba hidráulica	37
2.3.2.4.	Análisis dinámico del comportamiento de la bomba de ariete	39
2.4.	DETERMINACIÓN DE CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE LA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE.....	45
3.	CAPÍTULO III-DISEÑO EXPERIMENTAL	47
3.1.	PLANTEAMIENTO DEL EXPERIMENTO	47
3.2.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS	48
3.2.1.	<i>Sistema mecánico</i>	49
3.2.2.	<i>Sistema hidráulico</i>	50
3.2.2.1.	Sistema de control y alimentación de agua.....	51
3.2.2.2.	Sistema de simulación de generación de golpe de ariete	52
3.2.2.3.	Sistema de control de nivel y rebalse de agua	53
3.3.	CONSTITUCIÓN DE LA BOMBA DE ARIETE.....	53
3.4.	SELECCIÓN DE FACTORES DEL MODELO.....	57
3.4.1.	<i>Factores de entrada</i>	60
3.4.2.	<i>Factores de salida</i>	60
3.5.	NÚMERO DE TRATAMIENTOS	61
3.6.	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	61
3.7.	SOFTWARE Y DISEÑO EXPERIMENTAL	63
4.	CAPÍTULO IV-OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	64

4.1.	MEDICIÓN Y EXPERIMENTACIÓN.....	64
4.1.1.	<i>Medición de curvas características.....</i>	64
4.2.	DETERMINACIÓN DE VARIABLES INFLUYENTES.....	65
4.2.1.	<i>Análisis de correlación de factores.....</i>	65
4.2.2.	<i>ANOVA de la presión máxima de salida.....</i>	68
4.2.3.	<i>Ecuación del modelo estadístico para presión máxima.....</i>	69
4.2.4.	<i>Validación de modelo.....</i>	70
4.3.	ANÁLISIS DE INFLUENCIA DE LOS FACTORES.....	76
4.3.1.	<i>Análisis de influencia de la altura del colector de agua.....</i>	76
4.3.2.	<i>Análisis de influencia del coeficiente de rigidez.....</i>	79
4.3.3.	<i>Análisis de influencia de la fuerza de compresión.....</i>	81
4.3.4.	<i>Análisis entorno y superficie de respuesta.....</i>	83
5.	CAPÍTULO V - RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	85
5.1.	RESULTADOS DE LA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE APLICADO A DIFERENTES CONFIGURACIONES.....	85
5.1.1.	<i>Optimización de la bomba de golpe de ariete.....</i>	85
5.1.2.	<i>Bomba más Eficiente para una altura 113 [cm] de desnivel.....</i>	86
5.1.3.	<i>Validación en Campo de la Bomba de Golpe de Ariete.....</i>	88
5.2.	RESULTADOS SOBRE LA CORRELACIÓN DE FACTORES DE ENTRADA Y SALIDA.....	90
5.3.	RESULTADOS DEL MODELO ESTADÍSTICO DE LA PRESIÓN DE SALIDA.....	92
5.4.	RESULTADOS DE LAS CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE LA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE.....	92
5.5.	RESULTADO DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO.....	93
6.	CAPÍTULO VI – DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	96
7.	CAPÍTULO VII-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
5.2.	CONCLUSIONES.....	97
5.3.	RECOMENDACIONES.....	98

BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS.....	103

Índice Tablas

TABLA 1-1 NÚMERO DE VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS CON PERSONAS Y SEGÚN PROCEDENCIA DEL AGUA, SEGÚN DEPARTAMENTO.....	20
TABLA 1-2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA.....	21
TABLA 2-1 MÓDULO VOLUMÉTRICO DE FLUIDOS (AGUA)	35
TABLA 2-2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MATERIAL PVC UTILIZADO EN LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	36
TABLA 2-3 PRESIÓN DE GOLPE DE ARIETE TEÓRICO QUE SE GENERA EN TUBERÍA DE TRANSPORTE DE AGUA DE LA BA.....	37
TABLA 2-4 RELACIÓN DE DEPENDENCIA DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS HIDRÁULICAS	38
TABLA 2-5 ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS.....	38
TABLA 2-6 ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICA APLICADAS A LA BA EN ETAPA 1.....	40
TABLA 2-7 ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICA APLICADAS A LA BA EN ETAPA 2.....	42
TABLA 2-8 ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE LA PRESIÓN EJERCIDA POR EL AIRE COMPRIMIDO.....	44
TABLA 3-1 VARIABLES DE MEDICIÓN EN EL ENSAYO	48
TABLA 3-2 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LOS FACTORES EXPERIMENTALES.....	48
TABLA 3-3 DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN DE LOS MATERIALES DEL SISTEMA DE CONTROL Y ALIMENTACIÓN.....	51
TABLA 3-4 DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN DE LOS MATERIALES DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	52
TABLA 3-5 DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN DE LOS MATERIALES DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL Y REBALSE DE AGUA.....	53
TABLA 3-6 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOMBA DE ARIETE	54
TABLA 3-7 TIPOS DE FACTORES.....	58
TABLA 3-8 LÍMITES DE LOS FACTORES DE ENTRADA.....	60
TABLA 3-9 SIMBOLOGÍA DE LOS FACTORES DE SALIDA	60
TABLA 3-10 DETERMINACIÓN DE CANTIDAD DE EXPERIMENTOS.....	61
TABLA 3-11 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN BOMBA DE ARIETE	62
TABLA 4-1 CUADRO DE CORRELACIÓN DE FACTORES DE ENTRADA Y SALIDA.....	66
TABLA 4-2 ANOVA PRESIÓN DE SALIDA MÁXIMA.....	68
TABLA 4-3 DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y ESTADÍSTICAS DE AJUSTE.....	68

TABLA 4-4 COEFICIENTES Y ERRORES DE LA ECUACIÓN	70
TABLA 4-5 AJUSTE ESTADÍSTICO	70
TABLA 4-6 COMPORTAMIENTO DE LA ALTURA DEL COLECTOR VS PRESIÓN DE SALIDA	78
TABLA 4-7 EFECTOS PRODUCIDOS POR EXCESO DE PRESIÓN DE ARIETE.....	78
TABLA 4-8 COMPORTAMIENTO DEL COEFICIENTE DE RIGIDEZ VS PRESIÓN DE SALIDA.....	81
TABLA 4-9 COMPORTAMIENTO DE FUERZA DE COMPRESIÓN VS PRESIÓN DE SALIDA	82
TABLA 5-1 ANOVA RESUMIDO PARA LA PRESIÓN DE SALIDA	85
TABLA 5-2 CONDICIONES DE OPTIMIZACIÓN	85
TABLA 5-3 ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE LAS CURVA CARACTERÍSTICA DE BOMBA DE GOLPE DE ARIETE PARA $H=1,1$ [M]	88
TABLA 5-4 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS	89
TABLA 5-5 CUADRO DE CORRELACIÓN DE FACTORES DE ENTRADA Y SALIDA PRINCIPALES	91
TABLA 5-6 DATOS DE COMPORTAMIENTO DE LA BOMBA DE ARIETE MÁS EFICIENTE	94

Índice Figuras

FIGURA 2-1 PORCENTAJE DE AGUA DESTINADA PARA CONSUMO DIRECTO E INDIRECTO POR PERSONA.....	29
FIGURA 2-2 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE	31
FIGURA 2-3 ESTADOS DE LA ONDA DE COMPRESIÓN GENERADA POR EL CIERRE SÚBITO DE UNA VÁLVULA DE DESCARGA	34
FIGURA 2-4 FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL ELEMENTO DE RETENCIÓN DE LA VÁLVULA DE IMPULSO(ETAPA 1).....	39
FIGURA 2-5 ANÁLISIS DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL ELEMENTO DE RETENCIÓN DE LA VÁLVULA DE DESCARGA (ETAPA 2)	41
FIGURA 2-6 ANÁLISIS DE PRESIONES QUE ACTÚAN EN EL ELEMENTO DE AMORTIGUAMIENTO Y DESCARGA.....	44
FIGURA 3-1 UBICACIÓN DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÑICAS IIME	47
FIGURA 3-2 ESTRUCTURA MECÁNICA DE SOPORTE	49
FIGURA 3-3 BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE ARIETE	50
FIGURA 3-4 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES DE UNA BOMBA DE ARIETE	57
FIGURA 3-5 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	59
FIGURA 3-6 LABORATORIO DE PRUEBAS EXPERIMENTALES	59
FIGURA 3-7 PROGRAMA UTILIZADO PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	63
FIGURA 4-1 VÁLVULA DE IMPULSO CON EL PERNO DE CEBADO INCLUIDO	64
FIGURA 4-2 GRÁFICA BOX – COX PARA LA TRANSFORMACIÓN EN FUNCIÓN DE POTENCIAS.....	71
FIGURA 4-3 GRÁFICA NORMAL DE RESIDUALES.....	72
FIGURA 4-4 GRÁFICA DE LOS RESIDUALES CONTRA LOS VALORES PREDECIDOS	73
FIGURA 4-5 GRÁFICA DE LOS RESIDUALES CONTRA EL ORDEN DE CORRIDAS	73
FIGURA 4-6 FIGURA DE LOS RESIDUALES CONTRA LA ALTURA DEL COLECTOR DE AGUA	74
FIGURA 4-7 RESIDUALES CONTRA COEFICIENTE DE RIGIDEZ	75
FIGURA 4-8 RESIDUALES CONTRA FUERZA DE COMPRESIÓN DEL RESORTE.....	75
FIGURA 4-9 COMPORTAMIENTO DE ALTURA DEL COLECTOR VS PRESIÓN DE SALIDA MÁXIMA.....	76
FIGURA 4-10 COMPORTAMIENTO DEL COEFICIENTE DE RIGIDEZ VS PRESIÓN DE SALIDA	79
FIGURA 4-11 COMPORTAMIENTO DE LA FUERZA DE COMPRESIÓN VS. PRESIÓN DE SALIDA	81
FIGURA 4-12 CONTORNO DE RESPUESTA DEL MODELO MATEMÁTICO 1.....	83

FIGURA 4-13 SUPERFICIE DE RESPUESTA.....	84
FIGURA 5-1 PUNTO DE OPTIMIZACIÓN	86
FIGURA 5-2 CURVAS DE LA BOMBA MÁS EFICIENTE PARA UNA FUERZA DE COMPRESIÓN DEL RESORTE DE 2573 [GRF] Y UNA H=1,13[M], PRUEBA 1BA18	87
FIGURA 5-3 INSTALACIÓN DE LA BOMBA DE ARIETE EN LA COMUNIDAD DE CHUCHICO - APOLO	89
FIGURA 5-4 CONECTADO DE MANGUERA DE DESCARGA A LA BOMBA DE ARIETE.....	90
FIGURA 5-5 BOMBA TRANSPORTANDO AGUA EFECTIVAMENTE	90
FIGURA 5-6 CURVA DE COMPORTAMIENTO DE LA BOMBA ELÉCTRICA.....	92
FIGURA 5-7 RENDIMIENTO ENERGÉTICO	95

Simbología

H_n = altura del desnivel del colector de agua [m]

v_c = velocidad del agua en el momento de cierre $\left[\frac{m}{s}\right]$

D_{des} = diámetro de la válvula de descarga [m]

$v_{(t)}$ = velocidad del agua en la tubería de alimentación $\left[\frac{m}{s}\right]$

Q_u = caudal útil bombeado $\left[\frac{l}{s}\right]$

P_{CHOQUE} = Presión generada debida al golpe de ariete [Pa]

ρ_{AGUA} = densidad del agua $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

c = celeridad del pulso de presión $\left[\frac{m}{s}\right]$

v_{agua} = velocidad del agua en el momento de cierre de la válvula $\left[\frac{m}{s}\right]$

E_1 = módulo de elasticidad volumétrica del fluido [Pa]

E_{agua} = módulo de elasticidad del agua [Pa]

$E_{tuberia}$ = módulo de elasticidad de la tubería [Pa]

d = diámetro interior de la tubería [m]

w_1 = espesor de la tubería [m]

H_a = presión ejercida por la altura del alimentación [m]

h_a = presión ejercida por el golpe de ariete [m]

P_{Max} = presión máxima del agua [bar]

ρ_{agua} = densidad del agua $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

$$g = \text{gravedad } 9,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$F_d = \text{fuerza de arrastre de la válvula de impulso [N]}$$

$$\rho = \text{densidad del líquido} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$v_o = \text{velocidad a iniciarse el cierre de la válvula} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$R_s = \text{Pérdida en la válvula de descarga}$$

$$s = \text{carrera de la válvula [pulg]}$$

$$V_{\text{agua}} = \text{volumen de agua que se encuentra en la cámara de aire antes del golpe [m}^3\text{]}$$

$$D_c = \text{diámetro interno de la cámara de aire [m]}$$

$$\eta_V = \text{rendimiento volumétrico}$$

$$P_U = \text{potencia útil de la bomba}$$

$$\gamma_{\text{AGUA}} = \text{Peso específico de agua} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2} \right]$$

$$Q_U = \text{caudal útil bombeado} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$$H_{\text{bombeada}} = \text{altura bombeada de agua [mca]}$$

$$Q = \text{caudal bombeado} \left[\frac{\text{lbs}}{\text{dia}} \right]$$

$$m = \text{pendiente} \left[\frac{\% * \text{lbs}}{\text{dia}} \right]$$

$$\eta_{\text{volumétrico}} = \text{rendimiento volumétrico}$$

Glosario

Altura del colector: Desnivel que existe entre el colector y la Bomba de Golpe de Ariete.

Anova: herramienta estadística de análisis de varianza que determina la significación de un modelo estadístico.

Bomba de Golpe de ariete: Bomba de agua no convencional que aprovecha un desnivel geométrico para generar un golpe de ariete y elevar el agua parcialmente a una cota de nivel superior.

Caudal útil: Cantidad de agua aprovechada por la bomba de ariete.

Coefficiente de Rigidez: Constante elástica de un Resorte.

Correlación: Correspondencia o relación recíproca entre 2 variables.

Diseño central compuesto: tipo de experimento de superficie de respuesta que recomienda el uso de puntos centrales y aleatorios para la elaboración de un modelo estadístico.

Factores de entrada: Variables de entrada que se analizará en la Investigación.

Factores de salida: Variables de Salida que determinará su respuesta.

F-Value: herramienta estadística que determina por orden de prioridad la influencia de los factores de entrada en los factores de salida.

Fuerza de compresión del resorte: Fuerza ejercida por un resorte en la válvula unidireccional de impulso modificada cuyo objetivo es mantener abierto el paso de agua.

Golpe de Ariete: Sobrepresión generada por la detención repentina de un fluido con alta energía cinética.

Modelo estadístico: ecuación matemática que describe el comportamiento de los factores de salida.

Presión de salida: Altura manométrica que puede elevar la Bomba de ariete.

Potencia útil: Valor de energía que transfiere la bomba al agua elevada por unidad de tiempo.

P-Value: Herramienta estadística que determina la significancia de los factores de entrada.

Rendimiento volumétrico: Eficiencia volumétrica que tiene la Bomba de ariete para maximizar el caudal de bombeo.

Superficie de respuesta: Metodología de diseño experimental utilizada para determinar la influencia de factores de forma secuencial hasta encontrar el nivel deseado para obtener una respuesta de salida óptima en una región de experimentación.

Válvula de impulso: Válvula unidireccional modificada que genera un golpe de ariete. experimentación

Válvula de descarga: Válvula unidireccional que aprovecha los efectos del golpe de ariete y traslada el agua con sobrepresión a un depósito de amortiguamiento de aire.

1. Capítulo I – Generalidades

1.1. Introducción general

El área Sub Andina de Bolivia tiene potencial de aprovechamiento hídrico y se identificó que los sistemas bombeo convencionales no eran viables por factores económicos y técnicos, por lo tanto, una alternativa de solución es la Bomba de golpe de ariete, existiendo la limitante de la falta de conocimiento en la fabricación, dimensionamiento e identificación de los factores de entrada que afectan en el uso eficiente de esta tecnología.

La tabla 1.1. Describe las fuentes de suministro de agua en Bolivia para consumo y riego que se utiliza en el área rural.

La tabla 1.2. Describe las tecnologías de bombeo presentes y sus requerimientos técnicos mínimos para su funcionamiento.



Tabla 1-1

Número de Viviendas Particulares Ocupadas con Personas y Según Procedencia del Agua, Según Departamento

DEPARTAMENTO	TOTAL	CAÑERÍA DE RED	PILETA PÚBLICA	CARRO REPARTIDOR	POZO O NORIA CON BOMBA	POZO O NORIA SIN BOMBA	RÍO,VERTIENTE , ACEQUIA	LAGO,LAGUNA, CURICHE
Chuquisaca	150.075	58.643	24.251	2.250	3.759	8.803	49.931	2.438
La paz	852.730	602.164	66.314	9.048	16.314	72.679	81.003	5.208
Cochabamba	517.711	281.538	53.563	61.256	29.225	25.127	61.028	5.974
Oruro	152.779	97.122	14.013	885	5.111	23.471	10.252	1.924
Potosí	243.067	135.186	45.107	2.885	3.210	21.835	31.925	2.919
Tarija	126.820	103.338	8.453	1.613	3.728	1.438	7.909	341
Santa cruz	648.286	533.847	40.740	2.787	33.898	18.772	13.856	4.386
Beni	95.484	38.966	7.012	5.343	10.512	21.949	8.001	3.701
Pando	25.763	8.249	2.067	305	1.877	6.370	5.706	1.189
TOTAL	2.812.715	1.859.053	261.520	86.372	107.634	200.444	269.612	28.080

Nota. Las vertientes y ríos son las fuentes de suministros recomendadas para el funcionamiento de una bomba de ariete. Fuente: (INE, 2015)

Tabla 1-2*Características Generales de Funcionamiento de las Bombas de Agua*

N	Tipos de bombas de agua	Tipo de accionamiento para su funcionamiento	Requerimiento técnicos	Procedencia de agua en el área rural (Bolivia)
			Energía eléctrica con variación	
1	Bombas eléctricas	Accionamiento mecánico por rotación de motor eléctrico.	de voltaje menor al 5% en Voltaje (GRUPO WEG, 2005). Punto de suministro de agua.	10,9 % de la población rural tiene provisión de agua por Pozo o noria con Bomba ¹
2	Motobombas	Accionamiento mecánico por rotación de motor a gasolina/diésel.	Combustible (gasolina/diésel). Punto de suministro de agua.	
3	Bombas Sumergibles con sistemas solares	Accionamiento mecánico por rotación de motor eléctrico.	Energía eléctrica con variación de voltaje menor al 5% en Voltaje. Punto de suministro de agua.	
4	Bomba de ariete	Accionamiento mecánico por el efecto de generación golpe de ariete	Desnivel mínimo de 1 [m] entre punto de suministro de agua y bomba de ariete. Punto de suministro de agua.	17 % de la población rural tiene provisión de agua por otros medios. ²
5	Bomba de ariete hidráulico de breurram	Accionamiento mecánico por el efecto de generación golpe de ariete	Desnivel mínimo de 1 [m] entre punto de suministro de agua y bomba de ariete. Punto de suministro de agua.	
6	Bomba Emas	Accionamiento Manual	Persona encargada para el accionamiento manual.	

N	Tipos de bombas de agua	Tipo de accionamiento para su funcionamiento	Requerimiento técnicos	Procedencia de agua en el área rural (Bolivia)
Punto de suministro de agua.				

Nota. Existe gran variedad de bombas de agua que funcionan con fuentes de suministro de energía tradicionales con excepción del ítem 4,5 y 6.

¹(INE, 2015, Pg. 15)

²(INE, 2015, Pg.23)

1.2. Planteamiento del problema

- **Problema general**

¿Cuál es la influencia de los principales factores de entrada en la bomba de golpe de ariete de PVC de 2 [Pulg] que se adecue para diferentes configuraciones aplicado al área sub andina de Bolivia?

- **Problema específico 1**

¿Cuál es la correlación que existe entre la fuerza de compresión del resorte, coeficiente de rigidez y altura del colector en los factores de respuesta de la presión de salida máxima, rendimiento volumétrico y potencia útil?

- **Problema específico 2**

¿Cuál es el modelo estadístico que describe los efectos de la presión de salida máxima, debido a factores de entrada en una región de experimentación?

- **Problema específico 3**

¿Cuáles son las curvas de comportamiento del caudal elevado vs presión de salida, rendimiento volumétrico, potencia útil?

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

- Determinar la influencia de los principales factores de entrada para una bomba de golpe de ariete de PVC de 2 [Pulg] en diferentes configuraciones aplicado al área sub andina de Bolivia.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Desarrollar y Validar el funcionamiento de una Bomba de Golpe de Ariete aplicada en la Población de Chuchico del departamento de La Paz.
- Desarrollar un Laboratorio para el estudio experimental del comportamiento de los factores de entrada en la bomba de golpe de ariete de PVC para diferentes configuraciones según recomendaciones de la norma ISO 9906 (Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests).
- Determinar la correlación que existe entre la fuerza de compresión del resorte, coeficiente de rigidez y altura del colector en los factores de respuesta de la presión de salida máxima, rendimiento volumétrico y potencia útil mediante la metodología de superficie de respuesta.
- Determinar el modelo estadístico que describe los efectos de la presión de salida máxima en una región de experimentación.
- Determinar las curvas de comportamiento del caudal elevado vs presión de salida, rendimiento volumétrico, potencia útil.

1.4. Hipótesis Científica

- **Hipótesis general**

Existe influencia significativa de los principales factores de entrada en la bomba de golpe de ariete de PVC de 2 [Pulg] adecuada para diferentes configuraciones aplicado al área sub andina de Bolivia

- **Hipótesis específica 1**

Existe la correlación significativa entre la fuerza de compresión del resorte, coeficiente de rigidez y altura del colector en los factores de salida de la presión de salida máxima, rendimiento volumétrico y potencia útil de la bomba de golpe de ariete

- **Hipótesis específica 2**

Existe un modelo estadístico que describe los efectos de la presión de salida máxima en una región de experimentación.

- **Hipótesis específica 3**

Las curvas de comportamiento de la bomba de golpe ariete son similares a las curvas de las bombas convencionales.

1.5. Justificación

La información bibliográfica del diseño y construcción de la bomba de golpe de ariete es de carácter empírico en varias fuentes de verificación, observando la falta de curvas características.

Caudal aprovechado (l/s) vs presión de salida(mca)

Caudal aprovechado (l/s) vs Rendimiento Volumétrico

Caudal aprovechado (l/m) vs potencia útil de elevación (W)

Esto genera un vacío técnico acerca de cuáles son los factores de entrada influyentes y como afectan de forma directa e indirecta en el aprovechamiento óptimo de este tipo de sistema de bombeo.

1.5.1. Originalidad

Los resultados de la investigación en Bolivia de los factores de influencia, modelo estadístico y curvas de comportamiento representaran una propuesta alternativa de bombeo sostenible para el área rural.

1.5.2. Interés

Las conclusiones de la investigación serán de interés para técnicos proyectistas y productores del área rural en zonas con disponibilidad de recursos hídricos.

Se establecen protocolos de medición de los factores influyentes.

1.5.3. Factibilidad y viabilidad

El banco de pruebas realizara medición de la influencia de los factores de entrada y salida.

Institucionalmente y materialmente esta investigación es financiada por el Instituto de Investigaciones Mecánica y Electromecánicas (IIME).

1.5.4. Pertinencia

La investigación es pertinente a una línea genérica de tecnología hidráulica.

1.6. Alcances

El alcance de la investigación analiza los factores de entrada de mayor influencia en la bomba para su óptima configuración y aplicación, mas no diseña una bomba de golpe de ariete hidráulico de alta eficiencia.

Se validara el prototipo de la bomba de golpe ariete en el requerimiento de altura elevada 10 [m] y caudal $2000 \left[\frac{l}{d} \right]$.

1.7. Límites

- Los tratamientos se realizarán con 3 factores de entrada y 3 factores de salida.
- El banco de pruebas utiliza agua potable y sin sedimentos.
- La resistencia mecánica de los materiales de PVC E-40 limitan las pruebas experimentales.
- Los requerimientos mínimos para el funcionamiento de una Bomba de golpe de ariete son $1 \left[\frac{l}{s} \right]$ de agua y desnivel de 1 [m].



2. Capítulo II-Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

La investigación internacional menciona a los siguientes autores relevantes:

Según Cararo et. al. (2007) la influencia de los parámetros del ariete en su operación sobresale el estudio experimental del volumen, el diámetro de descarga y el material del acumulador.

La investigación determinó que estadísticamente los mejores rendimientos se presentan cuando el acumulador tiene un volumen pequeño y se construye con material elástico. Adicionalmente, diámetros de descarga del acumulador de mayor tamaño y la posición horizontal de la válvula de impulso reportaron un mejor desempeño del ariete. En este estudio no se consideró la influencia de la carrera de la válvula de impulso. (Pg.349-354)

Según Quiroga Mendez et. al. (2013) Las variables analizadas son el resorte de la válvula de impulso, el volumen del acumulador, la carrera de la válvula de impulso y la relación de las áreas de impulso y descarga en la eficiencia del ariete.

Los resultados obtenidos concluyen que el resorte de la válvula de impulso y la relación de las áreas de las válvulas de impulso y descarga influye significativamente en la eficiencia del ariete. Por otro lado, el acumulador no representa significativa influencia en la eficiencia del ariete. (Pg.34)

Según Sierra & Blanca (2012) en su proyecto de investigación Análisis Del Ariete Hidráulico Para Diferente Configuraciones, al término de su investigación llegaron a las siguientes conclusiones:

Para una válvula de descarga fija, una válvula de impulso de mayor área es más eficiente que una válvula de impulso de menor área.

Una válvula de descarga mayor permite más facilidad de descarga del fluido (Pg. 104)

Según Gomes (2012) en su proyecto denominado diseño paramétrico de una bomba de ariete hidráulico, menciona respecto al análisis del funcionamiento del dispositivo con base en las variables de entrada se concluye que, el diseño de la bomba de ariete hidráulico integra a la tubería de entrada como parte del dispositivo. Una larga tubería da mayor celeridad al fluido que la recorre y provee ciclos de tiempo más largos que brindan una mejor sincronía en la apertura y cierre de las válvulas (p. 64)

Según Sarmiento (1982) El Ariete deberá calibrarse para que entregue la mayor cantidad posible al tanque de almacenamiento. El ajuste de la bomba no es difícil y encontrara que el ariete bombeara diferentes cantidades de agua según la gradacion de la válvula de impulsión. Como se indicó anteriormente la capacidad del ariete depende del tamaño de la válvula de impulsión, la que permite la cantidad de agua a descargarse.

Según Enriquez Alva (2017) Mediante la instalación de las bombas se pudo observar que a medida se incrementa la altura del tanque de alimentación, la altura del descarga en el sistema con la BA 1 y la BA 2, aumenta considerablemente, hasta obtener una altura del descarga (H_d) de 10.2 m con la BA 2, a una altura del tanque de alimentación (H_a) de 2m, por otro lado también se observó que la eficiencia (η) desciende al aumentar la altura del descarga (H_d) esto debido a que a más altura de descarga, menor es el caudal de descarga (Q_d).

Según Huari Vila (2012) Los diseños factoriales son aquellos en los cuales se manipulan en forma simultánea dos o más variables independientes que se denominan factores, con la finalidad de analizar su efecto conjunto sobre una variable dependiente. (Pg.25)

La búsqueda bibliográfica a nivel Bolivia acerca de la tesis no encontró investigación referencial sobre la influencia de los factores relevantes en una Bomba de Ariete.

2.2. Requerimientos de Consumo de Agua Mínimo

El agua es un líquido que forma parte integral de nuestro cuerpo y representa el 70 % del total del peso total que tiene un humano.

IANAS (2012) describió a Bolivia con un potencial hídrico de agua dulce de: 500.000 [Mm³/año], siendo aprovechado en el país solo el 0,4% (2.000 [Mm³/año]).

2.2.1. Consumo mínimo por habitante y promedio de integrantes en una familia rural

El consumo total de agua de una persona varía según el lugar, puede ser en área rural o urbana como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 2-1

Porcentaje de Agua Destinada para Consumo Directo e Indirecto por Persona



Nota. El Consumo Recomendable en el Área Rural es de 100 [l/d] Fuente: (world health organization, 2003)

Según la información obtenida del INE y de acuerdo al censo realizado el año 2012, el promedio de integrantes que tiene una familia rural es de 4 personas, por lo tanto, la cantidad de agua recomendable por familia es $400 \left[\frac{l}{d} \right]$.

2.3. Bomba de golpe de Ariete

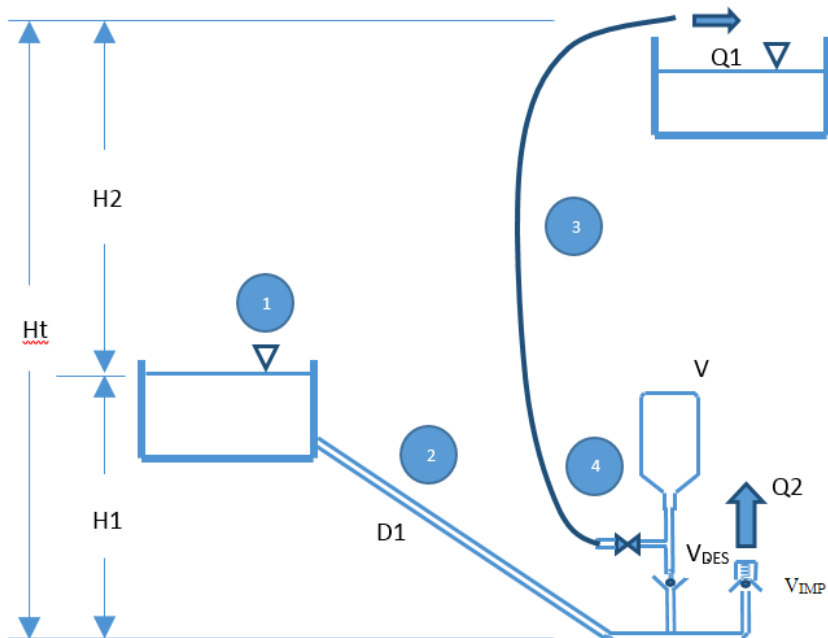
La bomba funciona por el efecto del golpe de ariete y aprovecha parte de la energía del agua que ingresa, según varios autores el rendimiento volumétrico en este sistema oscila entre 7,3 % y 11% (Acitores Martinez, 2012, Pg.72) y del 6,22% y 16% (Rivadeneira Carlosama & Silva Espinoza, 2013,Pg.114,115).

Es un valor bajo comparado con las bombas convencionales 90-100% (fluidos & Mott, 2006,Pg.392), pero la característica principal es el funcionamiento continuo y automático debido a la modificación de la válvula de impulso.

Partes integrantes del sistema de bombeo:

Figura 2-2

Esquema de Instalación de una Bomba de Ariete



- 1. Depósito de alimentación 1 (colector)**, Es el punto de suministro de agua a la bomba que genera condiciones hidrostáticas estables y mantiene un flujo constante de agua limpia y sedimentada (CHI, 2002).

La tubería de descarga se encuentra a 45 [cm] encima del nivel bajo del depósito de alimentación, y entre la bomba de ariete y el depósito debe considerar una diferencia de nivel mínima de 1 [m]. (PASOLAC, 2006, Pg.53)

- 2. Tubería de PVC**, transporta el agua del depósito de alimentación a la bomba y soporta la presión generada por el golpe de ariete.

Según Weinmann, la longitud de la tubería de PVC debe tener una relación de 4 metros de longitud por cada metro de altura (2004).

$$L_{Timpulso0} = 4 * H_{desnivel}$$

Ec. 2.1

3. **Manguera de descarga 3**, transporta el agua para aprovechamiento.
4. **Bomba de golpe de ariete 4**, Es una máquina que convierte la energía cinética del agua en energía de presión mediante 2 válvulas unidireccionales (válvula de impulso y una válvula de descarga).
5. **Descripción de funcionamiento de la bomba de golpe de ariete**

El agua de la fuente de alimentación (río) que se encuentra en una cota más elevada se transporta al depósito (1) que se halla en H_1 , al descender el agua por efecto de la gravedad mediante la tubería de transporte (2) se convierte en presión hidráulica H_a y velocidad, ésta se derrama en la válvula unidireccional de impulso V_{IMP} alcanzando una presión dinámica que es capaz de cerrarla, contrarrestando su peso.

El cierre repentino de la válvula unidireccional de impulso produce una sobrepresión en la tubería de alimentación, este fenómeno transitorio es conocido como golpe de ariete, la válvula descarga (V_{DES}) se abre por el efecto de la sobrepresión y deja pasar agua a presión hacia la cámara de aire, comprimiendo el aire existente (V).

El aire comprimido (V) ejerce una presión al agua cuando se cierra la válvula unidireccional de descarga y esto provoca que fluya cierta cantidad de agua (Q_1) por la manguera de descarga (3).

El retroceso del agua en la tubería de alimentación produce una ligera succión en la caja de válvulas, creando una caída de presión que produce la apertura de las válvulas de impulso y el cierre de la válvula descarga, de esta forma el proceso se vuelve automático.

El aire comprimido (V) impulsa el agua almacenada en ella por la manguera de descarga entre ciclos de operaciones, esto produce un bombeo de agua uniforme hacia el tanque.

El dispositivo trabaja automáticamente una vez estabilizado el proceso del golpe de ariete.

2.3.1. Golpe de ariete

El golpe de ariete es el efecto de sobrepresión transitorio producido por la detención instantánea de un líquido con velocidad (Figura 2.3).

La onda de choque va deteniendo el fluido a su paso y transformando la velocidad que posee éste (v_0) en un aumento de presión (ΔP).

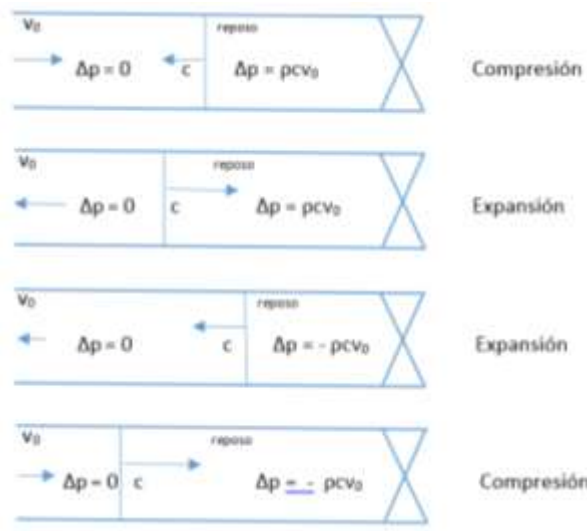
En este momento se generará otra onda de choque de la misma magnitud que la primera, pero esta vez en sentido contrario, devolviendo al fluido la presión que poseía inicialmente, y proporcionándole una velocidad igual a la que tenía antes de que se cerrara la válvula, pero esta vez en sentido contrario.

Cuando esta segunda onda de choque llegue de nuevo al final de la tubería (al extremo de la válvula cerrada), todo el fluido de la tubería estará desplazándose hacia el depósito a la velocidad inicial, v_0 . Esto ocasionará una falta de agua en este extremo de la tubería, tras lo que nacerá una tercera onda de choque que viajará desde la válvula hasta el depósito, con la misma fuerza que las anteriores, deteniendo a su paso el agua, y reduciendo la presión de la tubería a niveles muy bajos.

Cuando esta tercera onda llegue al depósito, estaremos de nuevo ante un desequilibrio, dada la baja presión del fluido en la tubería, por lo que una cuarta onda de choque, que viajará desde el depósito hasta la válvula, pondrá de nuevo al fluido en movimiento a una velocidad igual a la inicial hacia la válvula y a una presión igual a la inicial (Figura 2.3).

Figura 2-3

Estados de la Onda de Compresión Generada por el Cierre Súbito de una Válvula de Descarga



Fuente: (Crespo Martinez, 2006)

La construcción cilíndrica de las tuberías es más resistente a las altas presiones que a las depresiones, siendo la tercera onda que genera depresión la causa de la mayoría de las consecuencias desastrosas del denominado “golpe de ariete” v_0

2.3.2. Ecuaciones del ariete hidráulico

La investigación sintetiza varias metodologías de cálculo de diferentes autores: Streeter, Ayala, Izquierdo, Mataix, Chi entre otros.

2.3.2.1. Determinación de la celeridad del pulso de presión

Según Newton, los choques de presión en los fluidos de extensión infinita viajan a una velocidad dada por la siguiente fórmula:

$$c = \sqrt{\frac{E_1}{\rho}} \quad \text{Ec. 2.2}$$

c = celeridad del pulso de presión $\left[\frac{m}{s}\right]$

E_1 = módulo de elasticidad volumétrica del fluido [Pa]

ρ = densidad del líquido $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

La celeridad del pulso de presión para el agua en una tubería es la mostrada en la siguiente ecuación (Mataix, 1986, Pg.317).

$$c = \frac{1425}{\sqrt{\left(1 + \frac{E_{agua}}{E_{tuberia}} * \frac{d}{w_1}\right)}} \quad Ec. 2.3.$$

Las siguientes tablas se muestran los módulos de elasticidad del agua y de los materiales de tubería:

Tabla 2-1

Módulo Volumétrico de Fluidos (Agua)

Líquido	Módulo Volumétrico	
	(Psi)	(MPa)
Alcohol etílico	130000	896
Benceno	154000	1062
Aceite para maquinaria	189000	1303
Agua	316000	2179
Glicerina	654000	4509
Mercurio	3590000	24750

Fuente: (fluidos & Mott, 2006)

Tabla 2-2

Características Técnicas del Material PVC Utilizado en las Pruebas Experimentales

NB 1069 –ASTM D 1785 – Presión PVC Tipo 1 Grado 1				Características mecánicas del PVC	
ESQUEMA 40 – Unidad Comercial Standard Barra 6 mts					
Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior Mínimo (mm)	Espesor de Pared mínimo (mm)	Presión de Trabajo (kg/cm2)	Módulo de Elasticidad (kg/cm2)	Resistencia a la tracción (kg/cm2)
½"	21,20	2,80	42,10	2,81x10 ⁴	150
¾"	26,60	2,90	33,75	2,81x10 ⁴	150
1"	33,40	3,40	31,64	2,81x10 ⁴	150
1 ¼"	42,16	3,56	26,00	2,81x10 ⁴	150
1 ½"	48,10	3,70	23,20	2,81x10 ⁴	150
2"	60,20	3,90	19,69	2,81x10 ⁴	150
2 ½"	72,80	5,20	21,69	2,81x10 ⁴	150

Nota. Propiedades Mecánicas del Material de PVC de 2 [Pulg]. Fuente: (DISMAT, 2015)

Desarrollando la ecuación 2.3. tenemos que la celeridad es:

E_{agua} = módulo de elasticidad del agua [Pa] 2179x10⁶ [N/m²]

$E_{tuberia}$ = módulo de elasticidad de la tubería [Pa]275,567x10⁶[N/m²]

d = diámetro interior de la tubería [m] 52[mm]

w_1 = espesor de la tubería [m] 4[mm]

$$c = \frac{1425}{\sqrt{\left(1 + \frac{2179 \times 10^6}{275,567 \times 10^6} * \frac{60,2}{3,9}\right)}} = 128,5 \left[\frac{m}{s}\right]$$

2.3.2.2. Determinación de la presión de choque del golpe de ariete

La magnitud del choque de presión en el cierre instantáneo de la válvula de acuerdo a la fórmula de Joukowski está dada por la siguiente ecuación (Mataix, 1986, Pg.316).

$$P_{CHOQUE} = \rho_{AGUA} * c * v_{agua} \quad Ec. 2.4.$$

Para distintas alturas de colector – bomba de ariete el golpe ariete es

Tabla 2-3

Presión de Golpe de Ariete Teórico que se Genera en Tubería de Transporte de Agua de la BA

N	Altura del colector de agua [m]	$v_{agua} = \sqrt{2gh}$ [$\frac{m}{s}$]	ρ_{AGUA} [$\frac{kg}{m^3}$]	c [$\frac{m}{s}$]	P_{CHOQUE} [Pa]	P_{CHOQUE} [bar]
1	1,10	4,64	1000	11,85	596240,0	5,96
2	2,73	7,31	1000	11,85	939335,0	9,39

Nota. Los Valores de Presión para las Distintas Alturas de Colector Muestran que no Producirá Falla Mecánica en la Tubería de Transporte (19 [bar]).

P_{CHOQUE} = Presión generada debida al golpe de ariete [Pa]

ρ_{AGUA} = densidad del agua [$\frac{kg}{m^3}$]

c = celeridad del pulso de presión [$\frac{m}{s}$]

v_{agua} = velocidad del agua en el momento de cierre de la válvula [$\frac{m}{s}$]

La magnitud de presión de golpe de ariete a diferentes niveles identifico el tipo de tubería de transporte que se instala en el banco de pruebas previniendo una falla mecánica.

2.3.2.3. Curvas características de una bomba hidráulica

Las curvas que describen el comportamiento de una bomba hidráulica son:

Tabla 2-4*Relación de Dependencia de las Curvas Características de las Bombas Hidráulicas*

N	Curva característica	Formula
1	Presión de salida vs Caudal útil elevado	$H_U = f_1(Q_U)$
2	Rendimiento volumétrico vs Caudal útil elevado	$n_v = f_3(Q_U)$
3	Potencia de accionamiento vs Caudal útil elevado	$P_U = f_2(Q_U)$

Fuente: (Mataix, 1986,Pg.540)

Las ecuaciones de comportamiento generales de las bombas hidráulicas son:

Tabla 2-5*Ecuaciones de comportamiento de Bombas Hidráulicas*

N	Variabes	Ecuación	Descripción
1	Potencia de accionamiento	$P_a = \rho_{agua} * g * H_a * Q_a$ ec. 2.5	$P_a = potencia\ accionamiento$ $Q_a = Caudal\ accionamiento$ $H_a = Presión\ accionamiento$
2	Potencia útil	$P_u = \rho_{agua} * g * H_u * Q_u$ ec. 2.6.	$P_u = potencia\ útil$ $Q_u = Caudal\ útil$ $H_u = presion\ útil$
3	Rendimiento energético	$n_E = \frac{P_u}{P_a}$ ec. 2.7.	$P_u = potencia\ útil$ $P_a = potencia\ accionamiento$
4	Rendimiento volumétrico	$n_v = \frac{Q_u}{Q_u + Q_d}$ ec. 2.8.	$n_v = redimiento\ volumétrico$ $Q_d = Caudal\ desperdiciado$ $Q_u = Caudal\ útil$
5	Caudal útil	$Q_u = \frac{V_u}{t}$ ec. 2.9.	$V_u = volumen\ útil$ $t = tiempo$
6	Caudal desperdiciado	$Q_d = \frac{V_d}{t}$ ec. 2.10.	$V_d = volumen\ desperdiciado$ $t = tiempo$

Fuente: (Mataix, 1986)

2.3.2.4. Análisis dinámico del comportamiento de la bomba de ariete

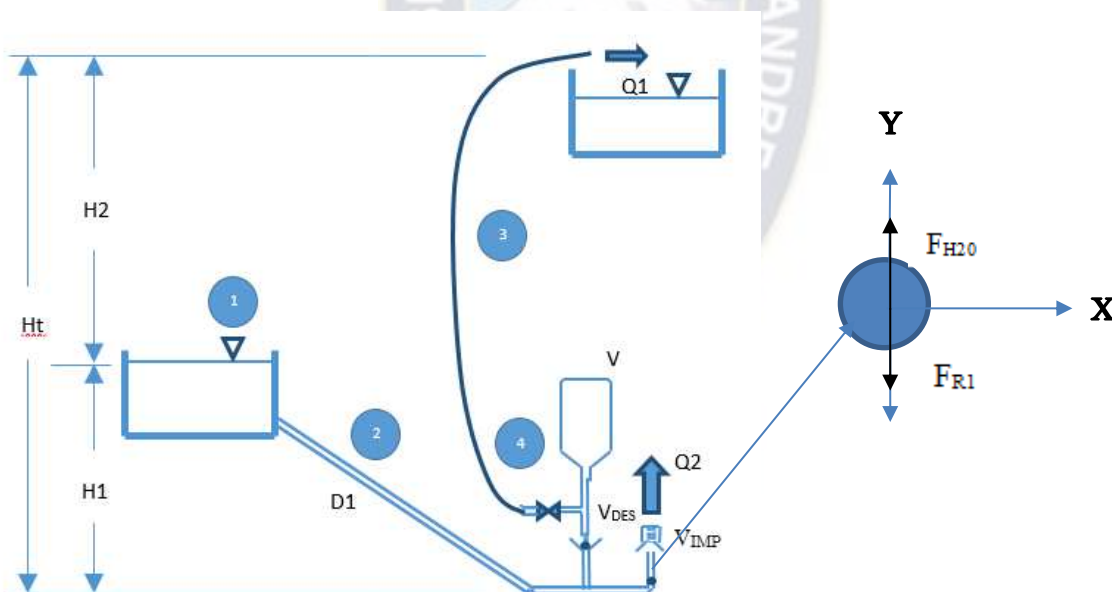
La descripción de la dinámica de comportamiento de la bomba está dividida en 3 etapas:

- **Etapla 1 previa al golpe de ariete**

La figura siguiente muestra a la válvula de impulso con posición abierta y la válvula de descarga cerrada.

Figura 2-4

Fuerzas que Actúan en el Elemento de Retención de la Válvula de impulso(etapa 1)



V_{IMP} = válvula de impulso

V_{DES} = válvula de descarga

El agua desciende por la tubería D1 a la válvula de impulso abierta V_{IMP} , la presión hidráulica cierra gradualmente el elemento de retención, en ese instante se realiza el análisis dinámico de fuerzas. (ver figura 2.4.)

Descripción de las ecuaciones de comportamiento:

Tabla 2-6

Ecuaciones de Comportamiento de Bombas Hidráulica Aplicadas a la BA en Etapa 1

N	Variables	Ecuación	Descripción
1	Presión ejercida por el agua	$P_{H2O} = \rho_{H2O} * g * H_1$ <i>ec. 2.11.</i>	P_{H2O} = presión del agua ρ_{H2O} = densidad del agua g = gravedad H_1 = desnivel entre colector y bomba de ariete
2	Fuerza ejercida por el agua sobre el elemento de retención la válvula de impulso	$F_{H2O} = P_{H2O} * A_{val}$ $F_{H2O} = \rho_{H2O} * g * H_1 * A_{val}$ <i>ec. 2.12.</i>	F_{H2O} = fuerza ejercida por el agua A_{val} = área de la elemento de retención
3	Fuerza de restitución del resorte de la válvula de impulso	$F_{R1} = k_1 * x_1$ <i>ec. 2.13.</i>	F_{R1} = fuerza ejercida por el resorte de la válvula de impulso k_1 = coeficiente de rigidez del resorte x_1 = desplazamiento del resorte
4	Segunda ley de Newton ANÁLISIS DINÁMICO	$\sum F = m_{val} * a_{val}$ $F_{H2O} - F_{R1} = m_{val} * a_{val}$ $\rho_{H2O} * g * H_1 * A_{val} - k_1 * x_1 = m_{val} * a_{val}$ <i>ec. 2.14.</i>	m_{val} = masa del elemento de retención de la válvula de impulso

N	Variabes	Ecuación	Descripción
5	Aceleración del elemento de retención de la válvula de impulso.	$a_{val} = \frac{\rho_{H2O} * g * H_1 * A_{val}}{m_{val}} - \frac{k_1 * x_1}{m_{val}}$ <i>ec. 2.15.</i>	a_{val} = aceleración del elemento de retención de la válvula de impulso

Nota. El ítem 5 muestra los 5 factores que definen la aceleración de la válvula de impulso H_1 , K_1 , A_{val} , m_{val} y X_1

La baja aceleración del elemento de retención según la ecuación 2.15 se produce al maximizar la fuerza de compresión del resorte, esto genera una velocidad máxima del agua en el momento de cierre y produce una presión de golpe de ariete elevada.

En la descripción 5 de la tabla anterior, se observa que los 2 factores que pueden controlarse son: el desnivel del agua (H_1) y el coeficiente de rigidez del resorte (k_1).

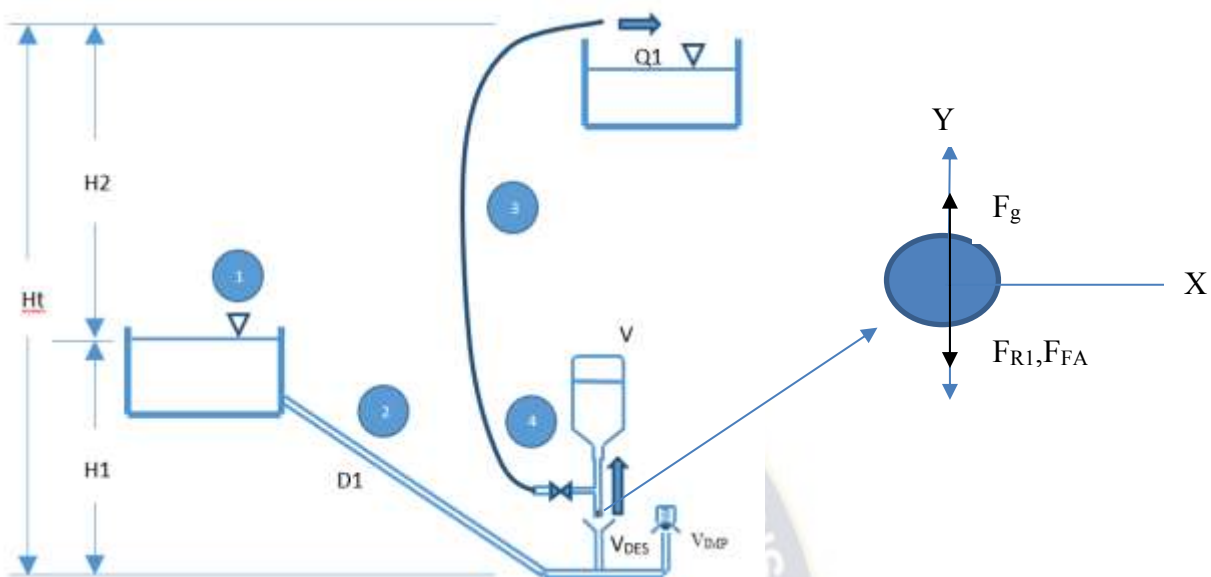
Las variables restantes vienen definidas por las características constructivas del fabricante y no pueden controlarse.

- **Etapas 2 golpe de ariete**

La figura siguiente muestra a la válvula de impulso cerrada y la válvula de descarga abierta por la sobrepresión del golpe de ariete.

Figura 2-5

Análisis de las Fuerzas que Actúan en el Elemento de Retención de la Válvula de Descarga (etapa 2)



El efecto transitorio de la sobrepresión del golpe de ariete transmite la energía a la cámara de aire que actúa como elemento amortiguador y acumulador de energía.

Descripción de ecuaciones de comportamiento:

Tabla 2-7

Ecuaciones de Comportamiento de Bombas Hidráulica Aplicadas a la BA en Etapa 2

N	Variables	Ecuación	Descripción
1	Fuerza ejercida por el golpe de ariete en el elemento de retención de la válvula	$F_g = \rho_{H2O} * v_{H2O} * c * A_{va2}$ <i>ec. 2.16.</i>	F_g = Fuerza ejercida por el golpe de ariete ρ_{H2O} = densidad del agua v_{H2O} = velocidad media del agua c = celeridad del pulso de presión A_{va2} = area del elemento de retención
2	Fuerza del resorte de la válvula de retención	$F_{R2} = k_2 * x_2$ <i>ec. 2.17.</i>	F_{R2} = fuerza de la válvula de retención k_2 = coeficiente de rigidez del resorte x_2 = desplazamiento del resorte
3	Fuerza ejercida por el colchón de aire	$F_{FA} = P_{FA} * A_{FA}$ <i>ec. 2.18</i>	F_{FA} = fuerza ejercida por el colchon de aire

N	Variables	Ecuación	Descripción
			P_{FA} = presión ejercida por el colchon de aire A_{FA} = area de colchon de aire
4	Ecuación de comportamiento del elemento de retención de la válvula de descarga.	$\sum F = m_{va2} * a_{va2}$ $F_g - F_{R2} - F_{FA} = m_{va2} * a_{va2}$ $\rho_{H2O} * v_{H2O} * c * A_{va2} - k_2 * x_2 - P_{FA} * A_{FA} = m_{va2} * a_{va2}$ ec. 2.19	m_{va2} = masa del elemento de retención A_{va2} = area del elemento de retención
5	Presión que ejerce el colchón de aire sobre el elemento de retención.	$\rho_{H2O} * v_{H2O} * c - k_2 * x_2 = P_{FA} * A_{FA}$ $P_{FA} = \frac{\rho_{H2O} * v_{H2O} * c * A_{va2}}{A_{FA}} - \frac{k_2 * x_2}{A_{FA}}$ ec. 2.20.	En el momento que la válvula de descarga llegue al desplazamiento máximo, su aceleración será nula
6	Ecuación politrópica de gases comprimidos	$\frac{P_{atm}}{V_{FA}^k} = \frac{P_{FA}}{V_{atm}^k}$ ec. 2.21	$K=1,3$ para el aire Proceso poli trópico

Nota. El ítem 5 muestra los 5 factores que definen la presión ejercida en el colchón de aire V_{H2O} , A_{FA} , A_{VA2} , K_2 y X_2 , que a su vez define la presión de elevación del agua.

El ítem 5 de la tabla anterior destaca la velocidad de llegada del agua a la válvula de impulso para obtener la máxima presión transmitida.

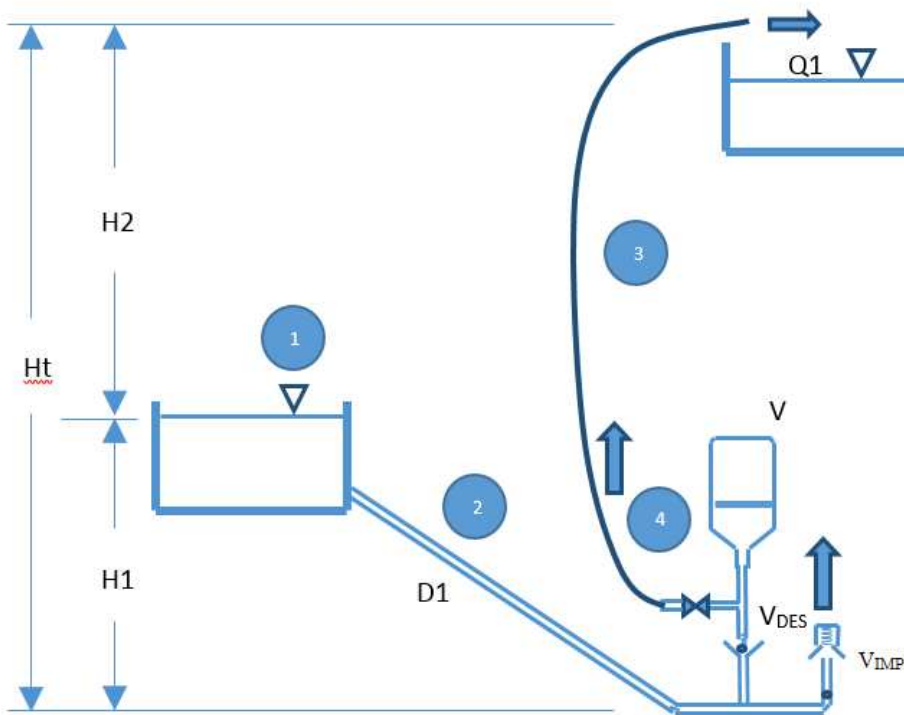
Los demás factores de entrada no son controlables.

- **Etapas 3 posterior al golpe de ariete**

La figura siguiente muestra a la válvula de impulso abierta y la válvula de descarga cerrada.

Figura 2-6

Análisis de Presiones que Actúan en el Elemento de Amortiguamiento y Descarga



Atenuado el efecto transitorio del golpe de ariete el sistema retorna a condiciones iniciales, y la cámara de aire comprimido bombeando agua por la manguera de descarga.

Realizando un análisis de presiones se tiene:

Tabla 2-8

Ecuaciones de Comportamiento de la Presión Ejercida por el Aire Comprimido

N	Variables	Ecuación	Descripción
1	Pérdida de presión	$Z = \frac{v_{med}^2}{2 * g} * f * \frac{l}{d}$ <p>Ec.2.22.</p>	<p>v_{med} = velocidad media del fluido</p> <p>g = gravedad</p> <p>f = coeficiente de fricción en función de Re</p> <p>l = longitud de la conducción</p>

N	Variables	Ecuación	Descripción
2	Potencia útil	$P_u = Q_u * \rho_{agua} * g * H_u$ <i>ec. 2.6.</i>	d = diámetro de la conducción P_u = potencia útil Q_u = Caudal útil H_u = presión de salida
3	Presión ejercida por el colchón de aire	$P_{FA} = P_{util} + Z + Z_{BA}$ $P_{FA} = \rho_{H2O} * g * H_U + \frac{v_{med}^2}{2 * g} * f * \frac{l}{d} + Z_{BA}$ <i>ec. 2.7.</i>	P_{util} = presión manométrica Z_{BA} = pérdidas en la bomba de ariete

En la descripción 3 la presión de salida aprovechada depende directamente de la presión final transferida por el golpe de ariete, a mayor presión en el colchón de aire mayor será la altura manométrica de bombeo.

2.4. Determinación de Curvas de Comportamiento de la Bomba de Golpe de Ariete

Las curvas de comportamiento de la bomba de ariete no se encuentran definidas y el procedimiento de medición no se encuentra normalizado, por lo tanto, se utilizarán los aspectos más relevantes de la norma ISO 9906 (Rotodynamic Pump – Hydraulic performance accep test – grade 1 and 2)

Medición de presión de salida vs Caudal elevado

Para la medición en bombas convencionales según Bombas Ideal S.A.(2010) recomienda: Mantener cerrada la válvula reguladora de impulsión puesto que a caudal cero, es mínimo el par de arranque, por ser la potencia absorbida en este caso mínima y consiguiendo con ello no sobrecargar el motor. Una vez la bomba entre en funcionamiento y alcanzada la velocidad de régimen y, por lo tanto, la presión máxima, abriremos lentamente la válvula reguladora hasta establecer la corriente normal de servicio; con ello evitaremos sobrecargas repentinas del motor (Pg.60).

Estas pruebas son realizadas con la bomba en funcionamiento a velocidad constante.

El párrafo anterior hace referencia a una bomba centrífuga con motor eléctrico, los aspectos importantes a destacar para bomba de golpe de ariete indican que en la etapa de inicio existe regulación de la llave de paso de salida, comenzando cerrada para posteriormente abrirla lentamente y obtener la curva de comportamiento.

- **Caudal**

Es el más exacto de los empleados, consiste en llenar un recipiente cuyo volumen ha sido previamente calibrado y tomando el tiempo de llenado mediante un cronómetro. Este método solamente se emplea para caudales pequeños, o para caudales muy grandes, cuando la instalación dispone de un depósito regulador de grandes dimensiones es fácil emplear este método para obtener el aforo deseado. (Bombas Ideal S.A., 2010,Pg.66)

- **Presión**

Se recomienda para la medición utilizar un manómetro de presión:

- a) Cada aparato se usa dentro de su rango de medición óptimo (por encima del 40% de su escala completa, el intervalo entre dos graduaciones de escala consecutivas sea entre 1,5 [mm] y 3 [mm] y tales divisiones corresponden a un máximo del 5% de la altura total de la bomba). (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 1999,Pg.34)

Potencia de accionamiento vs Caudal elevado

La determinación de la potencia de accionamiento según la norma ISO9906, indica que se debe realizar en eje del motor eléctrico, al ser la bomba de golpe de ariete un sistema que funciona sin energía eléctrica, el protocolo de medición no corresponde, la determinación de la potencia se realiza con la ecuación hidráulica 2.6. de la tabla 2.8.

3. Capítulo III-Diseño Experimental

3.1. Planteamiento del Experimento

El lugar de investigación es el Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánica (IIME).

Ubicación del lugar de ensayo: coordenadas UTM

X=600058 mE Y=8171253 mS Z=19 K

Los materiales e instrumentos utilizados son proporcionados por IIME.

La experimentación utiliza la metodología de superficie de respuesta (MSR)

El procedimiento de experimentación es:

1. Selección de factores de entrada y salida.
2. Proceso de cribado de factores (pre experimentos).
3. Determinación de la metodología de toma de datos.
4. Experimentación de acuerdo MSR y toma de datos.

El análisis y tratamiento de datos es realizado con el programa computacional Design Expert v.11.0

Figura 3-1

Ubicación del Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas IIME



3.2. Diseño y Construcción del Banco de Pruebas

El banco de pruebas está diseñado de acuerdo a recomendaciones de la ISO9906, las variables a medir se detallan en la tabla 3.1. y las características de medición e instrumentos de medición se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3-1

Variables de Medición en el Ensayo

N	Variables	Símbolo	Unidad
1	Presión manométrica de salida	P_{man}	[bar] o [mca]
2	Caudal elevado por la BA.	Q_{ele}	$\left[\frac{l}{d}\right]$
3	Caudal desperdiciado	Q_{des}	$\left[\frac{l}{d}\right]$
4	Coefficiente de rigidez del resorte	K_{res}	$\left[\frac{grf}{mm}\right]$
5	Desplazamiento del resorte	d	[mm]

Tabla 3-2

Instrumentos de Medición de los Factores Experimentales

N	Instrumento	Características
1	Manómetro de presión con glicerina	La tolerancia de la carga total de la bomba es de $t_H = \pm 5\%$
2	Cronómetro de medición	medición: 1/100 de segundo Precisión: $\pm 99,99\%$
3	Volúmenes patrón	La tolerancia para las bombas de Grado 2 es de $t_Q = \pm 8\%$

N	Instrumento	Características
		La determinación del volumen patrón se realiza mediante la introducción del agua en el volumen patrón y posterior peso en balanza.
4	Balanza	Tolerancia del 1%
5	Calibrador Vernier	N/E, para la medición de datos se usa un calibrador con precisión de 0,05 [mm]

Fuente: (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 1999)

3.2.1. Sistema mecánico

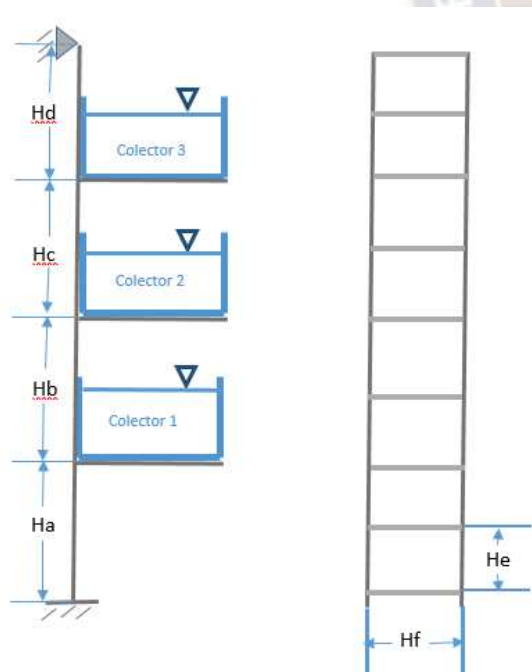
El sistema mecánico está constituido por:

- Soporte de carga y sujeción de colectores de agua en 3 niveles de cota anclado al piso.

El colector de agua tiene un volumen de 25 [l] y masa de 25 [Kg].

Figura 3-2

Estructura Mecánica de Soporte



$$H_a = 2[m]$$

$$H_b = 1,6 [m]$$

$$H_c = 1,27[m]$$

$$H_d = 0,5[m]$$

$$H_e = 0,3[m]$$

$$H_f = 0,5[m]$$

No se requiere de un cálculo estructural debido al valor de las cargas asignadas en comparación con la resistencia del material utilizado.

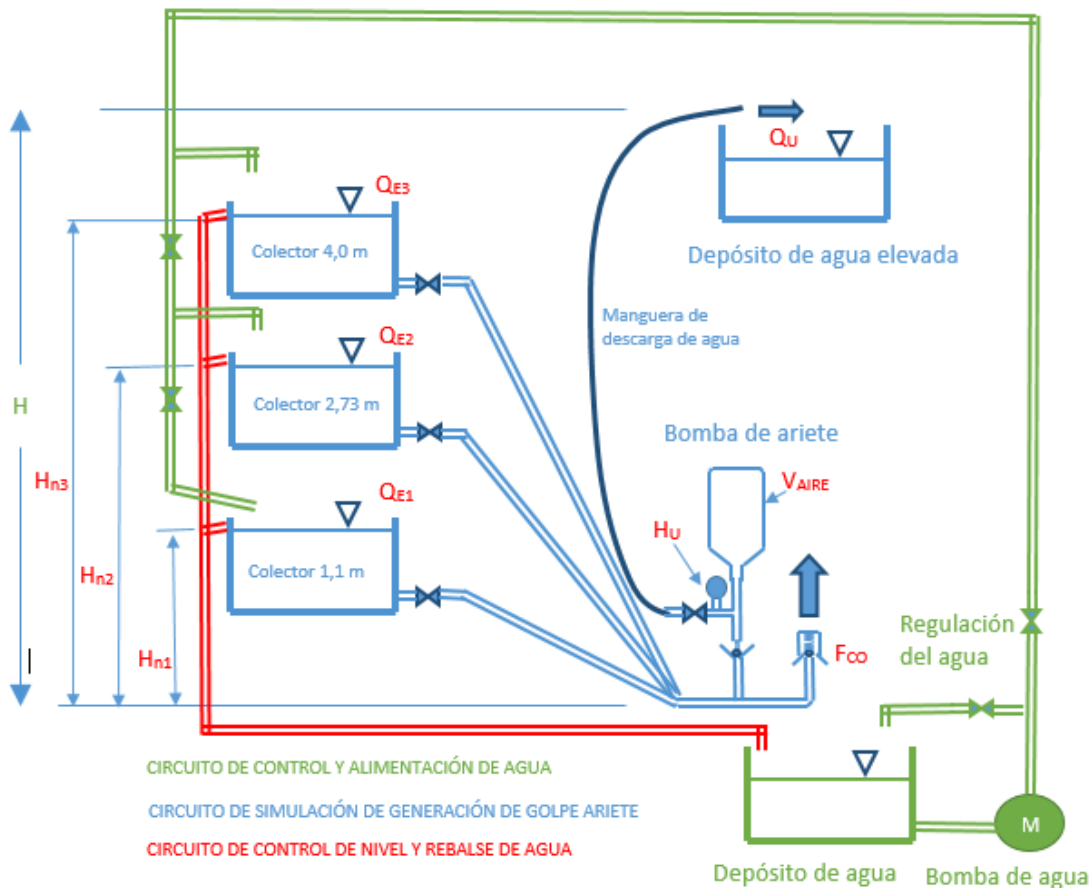
3.2.2. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico del banco de pruebas está constituido por:

- Sistema de control y alimentación de agua (verde) de 1 [Pulg]
- Sistema de simulación de generación de golpe de ariete (celeste) de 2 [Pulg]
- Sistema de control de nivel y rebalse de agua (rojo) de 1 [Pulg]

Figura 3-3

Banco de pruebas de la Bomba de Ariete



Nota. La bomba en funcionamiento transfiere energía al agua para el traslado al colector seleccionado H_1 , H_2 y H_3 .

3.2.2.1. Sistema de control y alimentación de agua

El sistema de control y alimentación simula a una fuente de agua (arroyo, vertiente, etc.), tiene una válvula de regulación que controla la cantidad de líquido que ingresa al sistema de generación de golpe de ariete.

Está constituido por:

Tabla 3-3

Descripción de la Función de los Materiales del Sistema de Control y Alimentación

N	Item	Cantidad	Función	Características
1	Depósito de Agua	1 [Pza]	Almacenamiento de agua	Tanque Material: PVC $V_{Tan} = 100 [l]$
2	Bomba eléctrica de suministro de agua	1 [Pza]	Suministrar de agua al circuito de simulación de generación de golpe de ariete.	Bomba Eléctrica centrífuga Marca: City Pump $Q_{Bom} = 600 \left[\frac{l}{min} \right]$ $H_{man} = 18 [m]$
3	Válvulas de regulación	2 [Pza]	Entregar la cantidad de agua necesaria al circuito de generación de golpe de ariete disminuyendo la cantidad de agua excedida.	Válvulas de apertura y cierre Tipo Bola Material: PVC 1[Pulg]
4	Tuberías de conducción	15 [m]	Transportar el agua por el circuito de alimentación a los tanques colectores.	Tubería Material: PVC Marca: Tigre 1[Pulg]

N	Item	Cantidad	Función	Características
5	Válvulas de asignación de desnivel	2 [Pza]	Asignar el colector de agua que funcionará para la generación del golpe de ariete.	Válvula de apertura y cierre Tipo Bola de PVC 2[Pulg]

3.2.2.2. Sistema de simulación de generación de golpe de ariete

Este sistema genera el efecto del golpe de ariete y está constituido por:

Tabla 3-4

Descripción de la Función de los Materiales del Sistema de Simulación del Golpe de Ariete

N	Item	Cantidad	Función	Características
1	Colector de agua	3 [pza]	Almacenar el agua que simulará una pared para contener la sobrepresión del golpe de ariete El desnivel 1 - $H_1 = 113[cm]$ El desnivel 2 - $H_2 = 273[cm]$ El desnivel 3 - $H_3 = 400[cm]$	Material: PVC $V_{Col} = 25 [l]$
2	Válvulas de paso	3 [pza]	Definir el momento de ingreso de agua a la bomba de ariete	Válvula de apertura y cierre Tipo Bola de PVC 2[Pulg]
3	Tubería de transporte de agua	3 [pza] $L_{TUB} = 4,2 \pm 0,1 [m]$	Transportar el agua y soportar la sobrepresión del golpe de ariete.	Tubería: 2[Pulg] Material: PVC Esquema 40
4	Bomba de ariete	1 [pza]	Genera el golpe de ariete	Material: PVC Esquema: 40

3.2.2.3. Sistema de control de nivel y rebalse de agua

Controla el nivel del agua entre el colector y la bomba de ariete desviando el exceso al depósito de alimentación.

Tabla 3-5

Descripción de la Función de los Materiales del Sistema de Control de Nivel y Rebalse de Agua

N	Item	Cantidad	Función	Características
1	Flange de conexión	3 [pza]	Controlar el nivel de agua en el colector	Material: PVC 1[Pulg] Tubería: 1[Pulg]
2	Tubería de transporte de agua	10 [m]	Traslada el agua en exceso	Material: PVC Esquema 40

3.3. Constitución de la Bomba de Ariete

Las partes que integran la bomba de ariete genérica de 2 pulgadas son:

Tabla 3-6*Materiales Para la Construcción de la Bomba de Ariete*

N	Item	Cantidad	Función	Características
1	Botella PEP gaseosa	1 [pza]	Amortiguar la sobrepresión generada por el golpe de ariete. Es el elemento impulsor para la elevación de agua.	Material: PVC 2 [l]
2	Reductor de 2 – 3/4 Pulg	1 [pza]	Elemento de conexión entre los ítems 1 y 3.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (macho) 2 [Pulg] Salida (hembra) 3/4 [Pulg]
3	Tee	1 [pza]	Conducto de transporte de agua. Elemento de conexión entre los ítems 2,4 y 6.	Material: PVC Esquema 40 Medida: 2 [Pulg]
4	Reductor 2 – 3/4 Pulg	1 [pza]	Conducto de salida de agua a presión. Elemento de conexión entre los ítems 3 y 5.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (macho) 2 [Pulg] Salida (hembra) 3/4 [Pulg]
5	Acople de manguera	1 [pza]	Elemento de unión entre PVC y la manguera de transporte.	Material: metálico Entrada (hembra) 3/4 [Pulg] Salida (macho) 3/4 [Pulg]
6	Niple	1 [pza]	Conducto de transporte de agua a presión. Elemento de conexión entre los ítems 3 y 7.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (macho) 2 [Pulg]

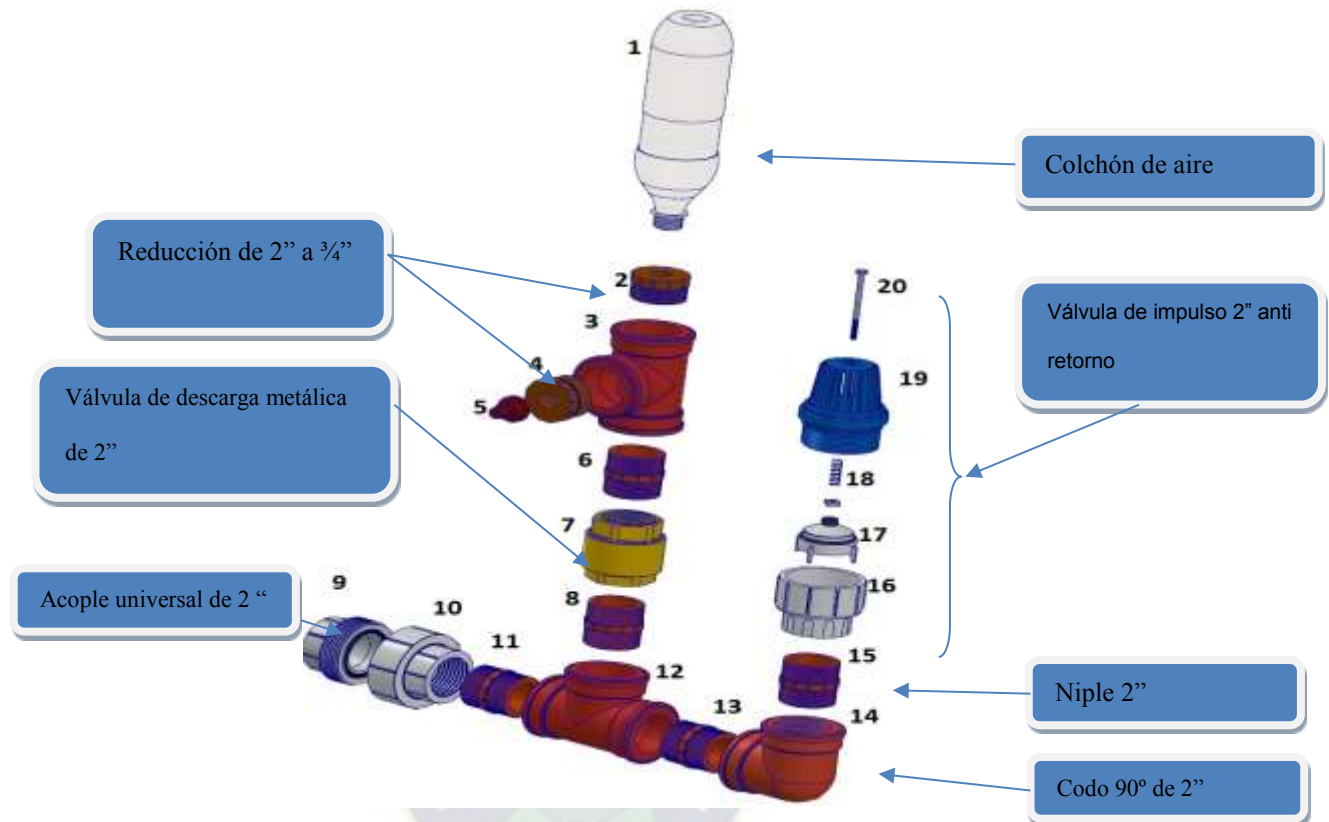
N	Item	Cantidad	Función	Características
				Salida (macho) 2 [Pulg]
7	Válvula anti retorno (Check)	1 [pza]	La válvula de descarga permite el paso de agua en una dirección por el efecto del golpe de ariete. Elemento de conexión entre los ítems 6 y 8.	Material: metálico Marca: Double Lin Entrada (hembra) 2 [Pulg] Salida (hembra) 2 [Pulg]
8	Niple	1 [pza]	Conducto de transporte de agua a presión. Elemento de conexión entre los ítems 7 y 12.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (macho) 2 [Pulg] Salida (macho) 2 [Pulg]
9,10	Acople Universal	1 [pza]	Unión del conducto de transporte de agua y la Bomba de golpe de ariete.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (hembra) 2 [Pulg] Salida (hembra) 2 [Pulg]
11	Niple	1 [pza]	Conducto de transporte de agua a presión. Elemento de conexión entre los ítems 10 y 12.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (macho) 2 [Pulg] Salida (macho) 2 [Pulg]
12	Tee	1 [pza]	Conducto de transporte de agua a presión. Elemento de conexión entre los ítems 8,11 y 12.	Material: PVC Esquema 40 Medida: 2 [Pulg]
13	Niple	1 [pza]	Conducto de transporte de agua a presión. Elemento de conexión entre los ítems 12 y 14.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (macho) 2 [Pulg] Salida (macho) 2 [Pulg]

N	Item	Cantidad	Función	Características
14	Codo de 90°	1 [pza]	Conducto de transporte de agua a presión. Elemento de conexión entre los ítems 13 y 15.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (hembra) 2 [Pulg] Salida (hembra) 2 [Pulg]
15	Niple	1 [pza]	Conducto de transporte de agua a presión. Elemento de conexión entre los ítems 14 y 16.	Material: PVC Esquema 40 Entrada (macho) 2 [Pulg] Salida (macho) 2 [Pulg]
16,17,19	Válvula de impulso modificada	1 [pza]	La válvula de impulso genera efecto de golpe de ariete y automatiza el proceso de bombeo.	Material: metálico Entrada (hembra) 2 [Pulg]
18	Resorte de automatización	1 [pza]	Elemento de mejora del rendimiento general.	Material: metálico
20	Tornillo autocebante	1 [pza]	Guiador del resorte.	Material: metálico Medida:6 [Pulg]

Nota. Los Ítems Sombreados son los Elementos más Relevantes en la Experimentación.

Figura 3-4

Descripción de Componentes de una Bomba de Ariete



3.4. Selección de Factores del Modelo

Los factores entrada se clasifican en cuatro tipos:

- Factores de entrada controlables
- Factores de entrada controlables bloqueados
- Factores de entrada incontrolables bloqueados
- Factores de entrada incontrolables aleatorios

La siguiente tabla resume los factores involucrados:

Tabla 3-7*Tipos de Factores*

N	Factores	Simbología	Tipo de factor	Grado de influencia en los factores de salida
1	Altura del colector de agua [m]	H_n	Entrada controlable	Pruebas preliminares indican relevante(Ver anexo A)
2	Coefficiente de rigidez de resorte [grf/mm]	K_{res}	Entrada controlable	Pruebas preliminares indican relevante(Ver anexo A)
3	Fuerza de compresión del resorte [grf]	F_{co}	Entrada Controlable	Pruebas preliminares indican relevante(Ver anexo A)
4	Tamaño de calibre de la bomba de ariete.	N	Controlable bloqueado	Pruebas preliminares indican relevante (Ver anexo A)
5	Diámetro de la válvula de impulso [Pulg]	D_{DES}	Controlable bloqueado	No Relevante (Ver anexo A)
6	Volumen de colchón de aire [l]	V_{AIRE}	Controlable bloqueado	No Relevante (Ver anexo A)
7	Caudal de entrada	Q_E	No Controlable	Relevante(Ver anexo A)
8	Resistencia del material de la BA	R	No controlable	Definida por el fabricante
9	Característica de fabricación de las válvulas de descarga e impulso.	C_{FA}	No controlable	Definida por el fabricante
10	Altura manométrica de elevación de agua [mca o bar]	H_u	Salida	Determinación en banco de pruebas
11	Caudal de salida de agua aprovechada [l/d]	Q_u	Salida	Determinación en banco de pruebas
12	Caudal de salida de agua desperdiciada [l/d]	Q_d	Salida	Determinación en banco de pruebas
13	Rendimiento volumétrico [%]	n_v	Salida	Factores dependientes Determinación en banco de pruebas
14	Potencia útil de bombeo [W]	P_u	Salida	Factores dependientes Determinación en banco de pruebas

Los factores de entrada relevantes para la determinación del grado de influencia son: la altura del colector de agua, coeficiente de rigidez y la fuerza de compresión del resorte.

Figura 3-5

Diagrama de Bloques del Diseño Experimental

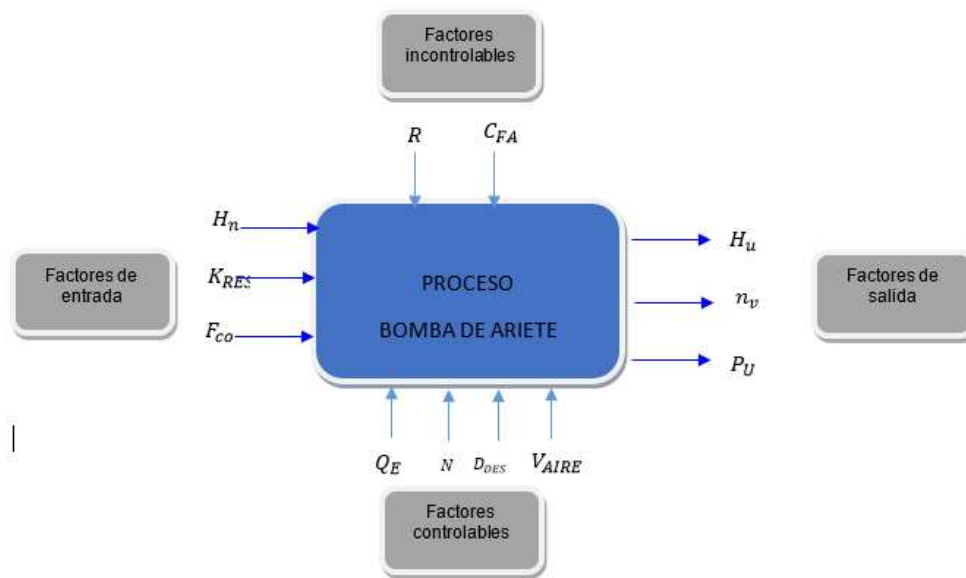


Figura 3-6

Laboratorio de Pruebas Experimentales



3.4.1. Factores de entrada

Según la metodología de superficie de respuesta a los factores de entrada seleccionados se les asigna los límites superior e inferior para la región de experimentación.

Tabla 3-8

Límites de los Factores de Entrada

N	Factores de entrada	Símbolos	Niveles	Límite inferior	Límite superior	Cantidad de corridas
1	Altura del colector de agua	H_n	2	1,1 m	2,73 m	
2	Coefficiente de rigidez del resorte	K_{res}	5	81 grf/mm	270 grf/mm	20
3	Fuerza de compresión	F_{co}	5	664 grf	5508 grf	

3.4.2. Factores de salida

Los factores de salida son:

Tabla 3-9

Simbología de los Factores de Salida

N	Factores de salida	Símbolos	Unidad
1	Altura útil de elevación (presión de salida max)	H_U	mca
2	Rendimiento volumétrico [%]	n_v	%
3	Potencia útil de bombeo	P_U	[W]

La planilla de ingreso datos y respuestas se encuentra en el anexo A.

3.5. Número de tratamientos

El número de tratamientos para la metodología de superficie de respuesta sigue el diseño central compuesto planteado y se muestra en tabla 3.10, este modelo determinará cuáles son los factores de entrada más influyentes.

Tabla 3-10

Determinación de Cantidad de Experimentos

N	Factores de entrada 1	Factores de entrada 2	Factores de entrada 3
1	1 (límite superior)	1 (límite superior)	(límite superior)
2	-1(límite inferior)	-1(límite inferior)	-1(límite inferior)
3	0 (límite central)	0 (límite central)	0 (límite central)
4	1 (límite inferior)	-1(límite inferior)	1 (límite superior)
5	0 (límite central)	0 (límite central)	1,68179 (límite axial)
6	-1(límite inferior)	1(límite superior)	1 (límite superior)
7	0 (límite central)	0 (límite central)	-1,68179 (límite axial)
8	0 (límite central)	-1,68179 (límite axial)	0 (límite central)
9	0 (límite central)	0 (límite central)	0 (límite central)
10	0 (límite central)	0 (límite central)	0 (límite central)
11	0 (límite central)	0 (límite central)	0 (límite central)
12	-1(límite inferior)	-1(límite inferior)	1 (límite superior)
13	0 (límite central)	0 (límite central)	0 (límite central)
14	-1(límite inferior)	1(límite superior)	-1(límite inferior)
15	1,68179 (límite axial)	0 (límite central)	0 (límite central)
16	0 (límite central)	0 (límite central)	0 (límite central)
17	1(límite superior)	1(límite superior)	1(límite superior)
18	1 (límite superior)	-1(límite inferior)	-1(límite inferior)
19	-1,68179 (límite axial)	0 (límite central)	0 (límite central)
20	0 (límite central)	1,68179 (límite axial)	0 (límite central)

Nota. 6 Puntos Centrales – 14 Puntos no Centrales. Fuente: (DesignExpert)

3.6. Instrumentos de Medición

Los instrumentos de medida que utilizados para la recopilación de información son:

Tabla 3-11

Instrumentos de Medición Bomba de Ariete

N	Instrumento	Características	Función
1	Manómetro con glicerina de 2,5 [bar]	Marca:	Medir la presión manométrica de la BA
2	Manómetro con glicerina de 10 [bar]	Marca: Casio	
3	Cronómetro digital	Unidad de medición: 1/100 de segundo Precisión: +/- 99,99%	Medir el tiempo de llenado de los volúmenes patrón
4	Volumen patrón 0,33 [L]	PVC	Almacenar el agua durante en bombeada
5	Volumen patrón 11,4 [L]		Almacenar el agua durante en bombeada y desperdiciada
6	Vernier de precisión	Marca:stainless Precisión 0,05 mm	Medir el grado de desplazamiento del resorte de la válvula de impulso.



N	Instrumento	Características	Función
8	Balanza	Marca: Casio	<p>Determinar el volumen exacto de los volúmenes patrón.</p> <p>Determinar el coeficiente de restitución de los resortes.</p>



Nota. El manómetro con glicerina es adecuado por las oscilaciones que genera el golpe de ariete.

3.7. Software y Diseño Experimental

El Tratamiento de datos se realiza con el programa Design Expert v.11. con capacidad de aleatorización, análisis de influencia de factores y superficie de respuesta.

Figura 3-7

Programa Utilizado Para el Diseño Experimental



4. Capítulo IV-Obtención y Análisis de Resultados

4.1. Medición y Experimentación

Las curvas de comportamiento de los factores de salida se muestran en el anexo B

4.1.1. Medición de curvas características

Para la medición y toma de datos se desarrolló la siguiente metodología:

Condiciones iniciales del banco de prueba

1. El depósito de agua principal se encuentra a máxima capacidad.
2. Seleccionar el desnivel del colector de trabajo (1,1[m]-2,73[m]) y colocar la bomba de ariete en ese nivel.
3. Seleccionar el tratamiento de la bomba de ariete y cerrar la válvula de paso que conecta la manguera de descarga.
4. Encender la bomba eléctrica y dejar funcionar el sistema de control de nivel y rebalse.
5. Presionar el perno de cebado de la bomba ariete y generar manualmente el primer golpe de ariete, posteriormente el proceso se volverá cíclico.

Figura 4-1

Válvula de Impulso con el Perno de Cebado Incluido



Perno de cebado

6. Regular la válvula de paso de agua de la bomba eléctrica hasta que el circuito de control de nivel y rebalse ya no desvíe agua.
7. Esperar la estabilización del sistema.

Medición

8. Medir la presión máxima de la bomba de ariete con el manómetro de glicerina.
9. Posteriormente medir la cantidad de agua desperdiciada por la válvula de impulso con los volúmenes patrón 0,33 [cm³] y 11,4 [l].
10. Abrir levemente la válvula paso de la manguera de descarga y anotar las nuevas medidas de presión de salida, caudal elevado y caudal desperdiciado.






4.2. Determinación de Variables Influyentes





La determinación de las variables influyentes se realiza con un análisis de varianza(ANOVA) mostrado en el inciso 4.2.2.

4.2.1. Análisis de correlación de factores

El análisis muestra el cuadro de correlación de factores siguiente:

Tabla 4-1*Cuadro de Correlación de Factores de Entrada y Salida*

N	Factores de entrada	Factor de salida	Correlación	Design expert	Análisis
1	Altura del colector de agua	Presión de salida máxima H_U	0,377	Design-Expert® Software Correlation: 0,377 Color points by Run 1  20	Existe relación de proporcionalidad directa entre el factor de entrada y salida. Incrementar la altura del colector de agua aumenta moderadamente la presión de salida máxima.
2	Coefficiente de rigidez del resorte	Presión de salida máxima H_U	0,093	Design-Expert® Software Correlation: 0,093 Color points by Run 1  20	Existe relación de proporcionalidad directa entre el factor de entrada y salida. Incrementar el coeficiente de rigidez aumenta levemente la presión de salida máxima.
3	Fuerza de compresión	Presión de salida máxima H_U	0,573	Design-Expert® Software Correlation: 0,573 Color points by Run 1  20	Existe relación de proporcionalidad directa entre el factor de entrada y salida. Incrementar la fuerza de compresión aumenta significativamente la presión de salida máxima.
4	Altura del colector de agua	Rendimiento volumétrico n_v	-0,211	Design-Expert® Software Correlation: -0,211 Color points by Run 1  20	Existe relación de proporcionalidad inversa entre el factor de entrada y salida. Incrementar la altura del colector de agua disminuye levemente el rendimiento volumétrico.
5	Coefficiente de rigidez del resorte	Rendimiento volumétrico n_v	0,498	Design-Expert® Software Correlation: 0,498 Color points by Run 1  20	Existe relación de proporcionalidad directa entre el factor de entrada y salida. Incrementar el coeficiente de rigidez aumenta significativamente el rendimiento volumétrico.

N	Factores de entrada	Factor de salida	Correlación	Design expert	Análisis
6	Fuerza de compresión	Rendimiento volumétrico n_v	0,171	Design-Expert® Software Correlation: 0,171 Color points by Run 	Existe relación de proporcionalidad directa entre el factor de entrada y salida. Incremento en fuerza de compresión aumenta levemente el rendimiento volumétrico.
7	Altura del colector de agua	Potencia útil de bombeo P_U	0,732	Design-Expert® Software Correlation: 0,732 Color points by Run 	Existe relación de proporcionalidad directa entre el factor de entrada y salida Incrementar la altura del colector de agua aumenta significativamente la potencia útil.
8	Coefficiente de rigidez del resorte	Potencia útil de bombeo P_U	-0,007	Design-Expert® Software Correlation: -0,007 Color points by Run 	Existe relación de proporcionalidad inversa entre el factor de entrada y salida. Incrementar el coeficiente de rigidez disminuye levemente la potencia de útil.
9	Fuerza de compresión	Potencia útil de bombeo P_U	0,093	Design-Expert® Software Correlation: 0,093 Color points by Run 	Existe relación de proporcionalidad directa entre el factor de entrada y salida. Incrementar la fuerza de compresión aumenta levemente la potencia de útil.

Nota. Las filas sombreadas representan correlaciones significativas Fuente: (DesignExpert)

4.2.2. ANOVA de la presión máxima de salida

El análisis de varianza para determinar los valores más influyentes indica el modelo estadístico lineal siguiente:

Tabla 4-2

ANOVA presión de salida máxima

Source	Sum of Squares	Df	Mean square	F- Value	p- value
Model	1698,53	3	566,17	32,42	< 0,0001 significant
A-altura del colector de agua	387,53	1	387,52	22,19	0,0002
B-coeficiente de rigidez	681,59	1	681,58	39,02	< 0,0001
C-fuerza de compresión del resorte	1391,53	1	1391,53	79,67	<0,0001
Residual	279,46	16	17,47		
Cor Total	1977,99	19			

Nota. Un Modelo con 3 Grados de Libertad y con un Valor de $p < 0,0001$ Indica que es Significativo. Fuente: (DesignExpert)

La tabla ANOVA indica que el modelo es significativo por el P-Value $< 0,0001$ y evaluación de significancia F-valor indica: La significancia es alta para el factor fuerza de compresión (C), media para factor coeficiente de rigidez (B) y moderada para el factor altura del colector de agua.

Tabla 4-3

Desviación Estándar y Estadísticas de Ajuste

N	Estadísticas de ajuste			
1	Std. Dev.	4,18	R² Squared	0,8587
2	Mean	32,70	Adjusted R² Squared	0,8322
3	C.V %	12,78	Predicted R² Squared	0,7825
			Adeq Precision	25,32

Nota. El Ajuste R² es Cercano a 1, por lo tanto, El Modelo es Significativo. Fuente: (DesignExpert)

4.2.3. Ecuación del modelo estadístico para presión máxima

La ecuación que proporciona el modelo estadístico es:

$$H_u = 18,28 + 5,45 * H_n - 0,132 * K_{res} + 0,012 * F_{co} \text{ Ec. 4.1.}$$

Donde:

H_u = presión máxima de salida [mca]

H_n = Altura de colector de agua [m]

K_{res} = coeficiente de rigidez de resorte $\left[\frac{grf}{mm}\right]$

F_{co} = fuerza de compresión de resorte [grf]



Tabla 4-4*Coefficientes y Errores de la Ecuación*

Factor	coefficient estimate	df	standard error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	42,26	1	1,40	39,29	45,23	
A-altura del colector de agua	4,44	1	0,9433	2,44	6,44	1,01
B-coeficiente de rigidez	-12,52	1	2,00	-16,77	-8,27	2,61
C-fuerza de compresión del resorte	28,87	1	3,23	22,01	35,73	2,63

Fuente: (DesignExpert)

La siguiente tabla muestra un ajuste estadístico del modelo:

Tabla 4-5*Ajuste Estadístico*

N	VARIABLES	CANTIDAD	VARIABLES	CANTIDAD
1	Std. Dev	4,18	R ²	0,8587
2	Mean	32,7	Adjusted R ²	0,8322
3	C.V.%	12,78	Adeq Precision R ²	0,7825

Nota 1. El R² Previsto de 0,7825 está Razonablemente de Acuerdo con el Coeficiente de Determinación R² Ajustado de 0,8322; es decir, la Diferencia es Inferior a 0,2. Y el Modelo puede Usarse para Navegar en el Espacio de Diseño Fuente: (DesignExpert)

Tener un coeficiente de determinación de 0,8587 que indica que el modelo es significativamente predictivo.

4.2.4. Validación de modelo

El modelo de la presión de salida no requiere ninguna transformación para el tratamiento de la respuesta que tiene un valor de $\lambda = 1$. De acuerdo a la gráfica Box Cox, figura 4.2, para una transformación en función de potencias para un intervalo de confianza del 95 % el modelo tiene un valor de λ dentro de los límites inferior y superior permitidos que corresponden a 0,54 y 2,08. Nótese que $\lambda = 1$ está próximo al valor ideal de 1,34 no requiere ninguna transformación.

Figura 4-2

Gráfica Box – Cox para la Transformación en Función de Potencias

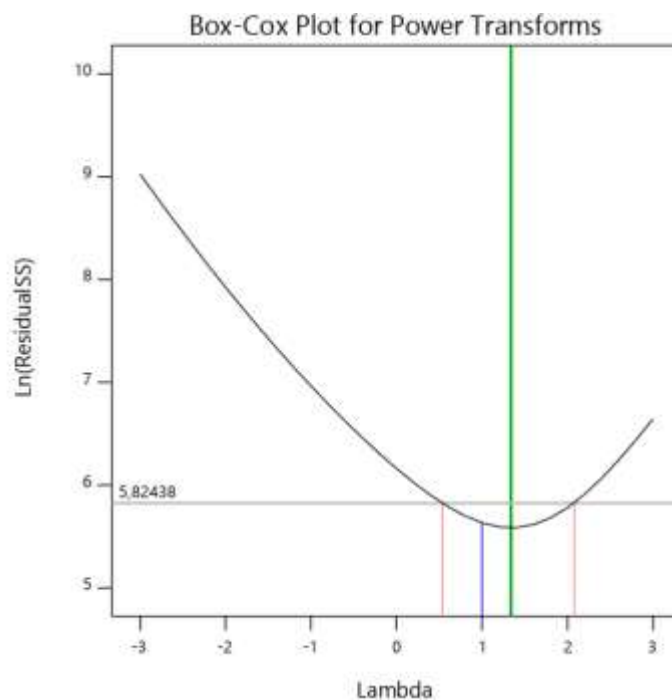
Design-Expert® Software

presion de salida max

Current transform:
None

Current Lambda = 1
Best Lambda = 1,34
CI for Lambda: (0,54, 2,08)

Recommended transform:
None
(Lambda = 1)



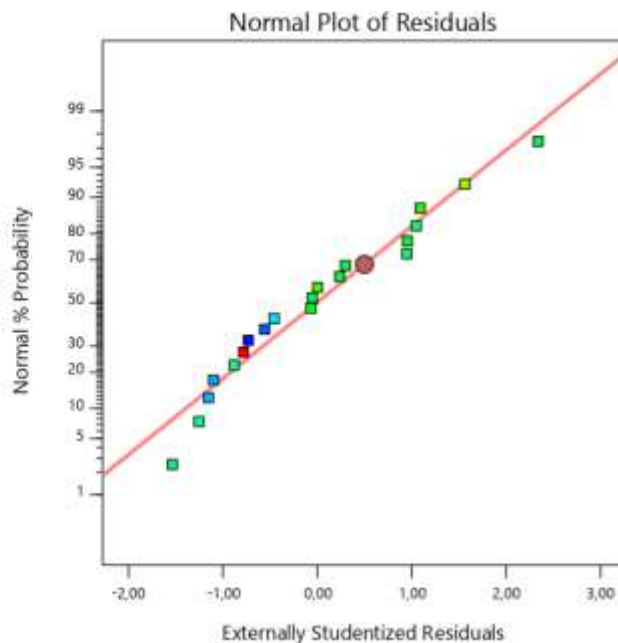
Nota. La línea azul se encuentra dentro de los límites y modelo matemático no requiere transformación. Fuente: (DesignExpert)

A continuación, se muestran y analizan las distintas gráficas para diagnosticar el modelo de análisis.

La gráfica normal de los residuales de la figura siguiente, muestra un comportamiento normal con un punto atípico, los demás se encuentran dentro del intervalo del 5 % y 95 % y extendidos sobre la línea.

Figura 4-3*Gráfica Normal de Residuales*

Design-Expert® Software
 presión de salida max
 Color points by value of
 presión de salida max:
 13,3 61,2



Nota: El Punto Atípico Corresponde al Valor de Presión Máxima de Salida. Fuente: (DesignExpert)

En la gráfica de residuales contra valores predecidos, figura 4.3, se evidencia la independencia de los residuales al no presentar tendencias para diferentes valores de presión de salida, lo que implica una buena precisión por parte del modelo.

En la gráfica de residuales en función de las corridas, figura 4.4, no se muestra ninguna tendencia en las diferentes corridas, lo que favorece al modelo ante la posibilidad de sesgo.

Figura 4-4

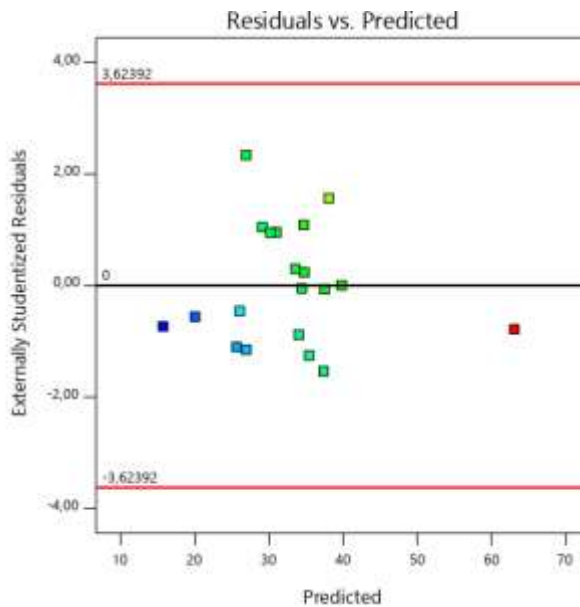
Gráfica de los Residuales Contra los Valores Predecidos

Design-Expert® Software

presion de salida max

Color points by value of
presion de salida max:

13.3  61.2



Fuente: (DesignExpert)

Figura 4-5

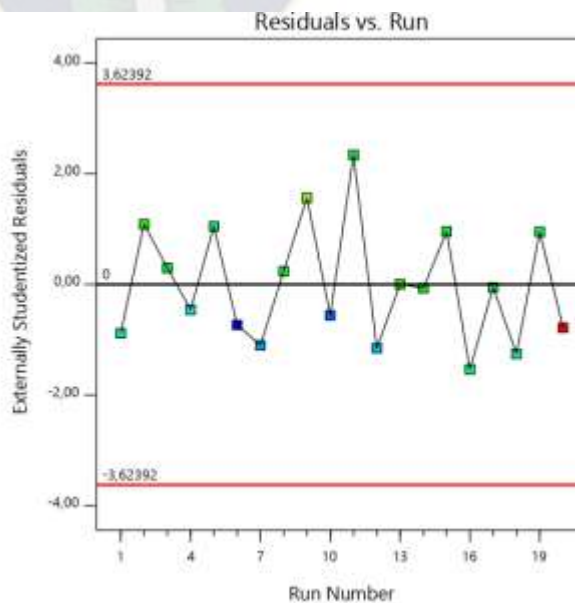
Gráfica de los Residuales Contra el Orden de Corridas

Design-Expert® Software

presion de salida max

Color points by value of
presion de salida max:

13.3  61.2

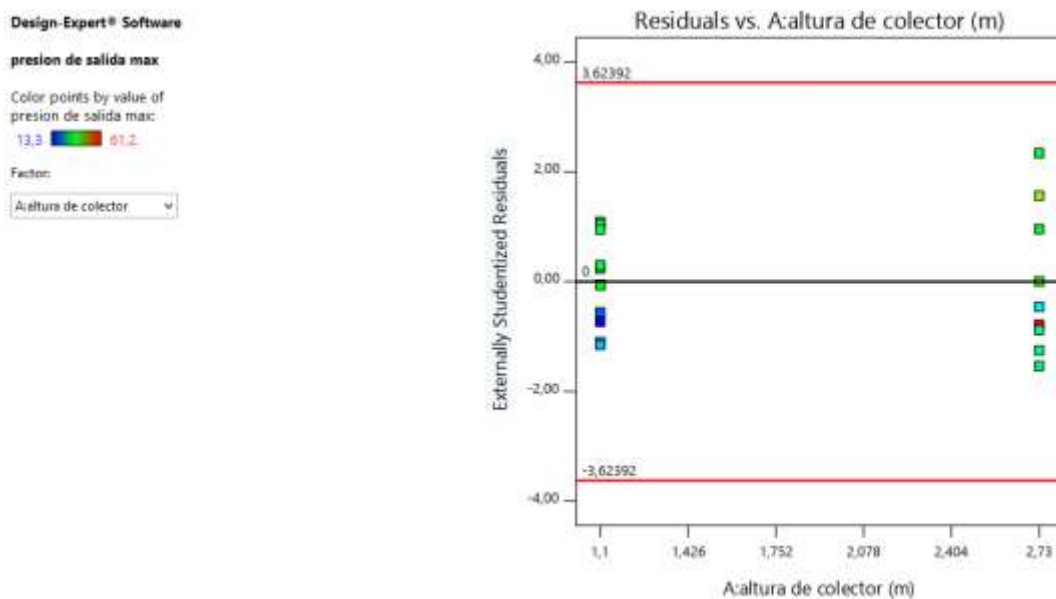


Fuente: (DesignExpert)

A continuación, los residuales de los factores y los puntos dentro de los límites inferior y superior mostrados en las gráficas con líneas horizontales rojas son aceptables.

Figura 4-6

Figura de los Residuales Contra la Altura del Colector de Agua

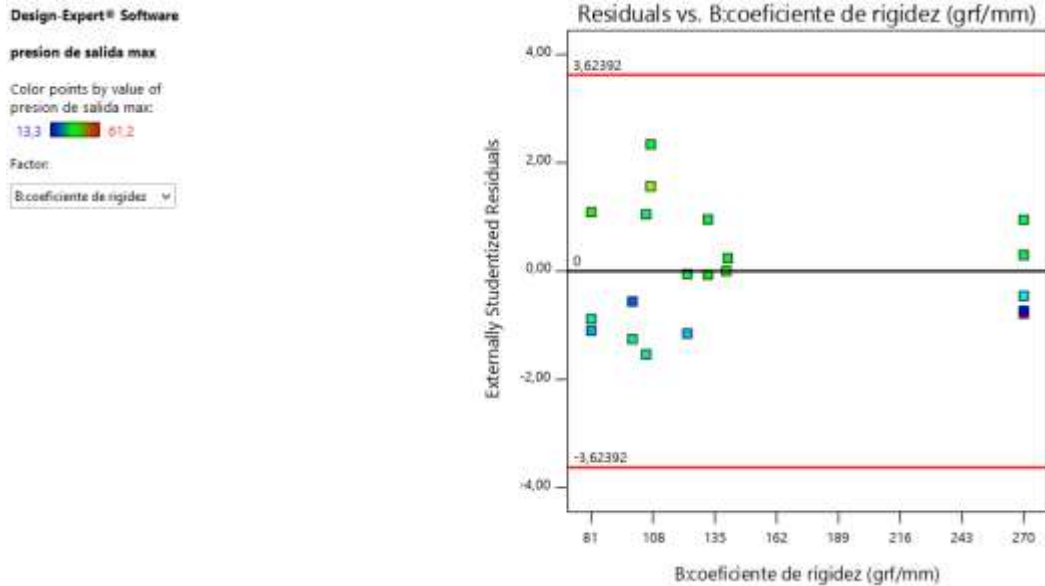


Fuente: (DesignExpert)



Figura 4-7

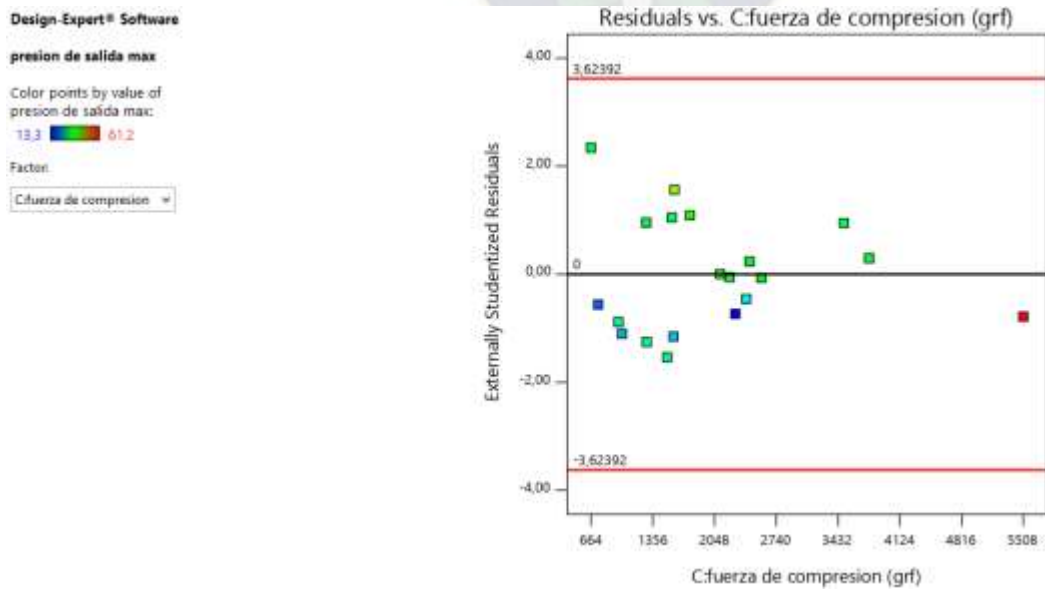
Residuales Contra Coeficiente de Rigidez



Fuente: (DesignExpert)

Figura 4-8

Residuales contra Fuerza de Compresión del Resorte



Fuente: (DesignExpert)

4.3. Análisis de Influencia de los Factores

Los siguientes puntos analizan la influencia en la respuesta de cada factor.

4.3.1. Análisis de influencia de la altura del colector de agua

Las figuras muestran que incrementar la altura del colector eleva la presión máxima de salida para un coeficiente de rigidez constante $K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$ y Fuerza de compresión variable.

Figura 4-9

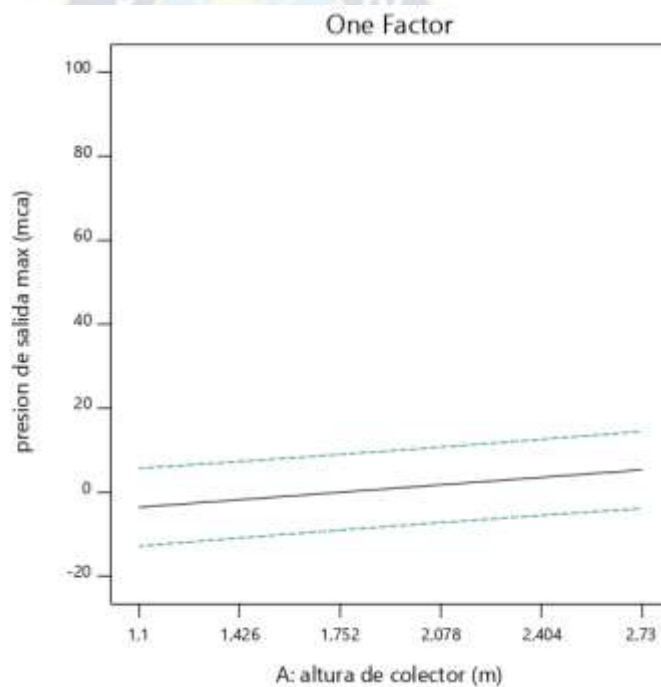
Comportamiento de altura del colector vs presión de salida máxima

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

presión de salida max (mca)
-- 95% CI Bands

X1 = A: altura de colector

Actual Factors
B: coeficiente de rigidez = 270
C: fuerza de compresion = 664



Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

presion de salida max (mca)

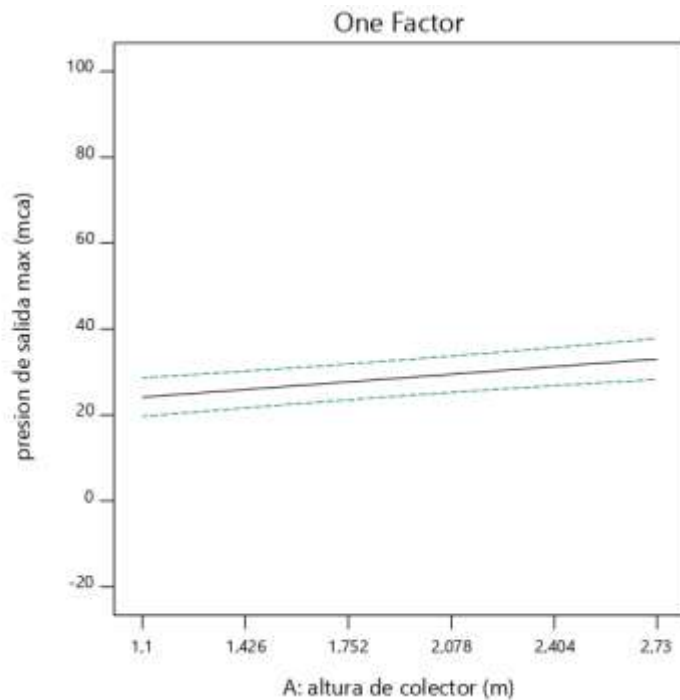
-- 95% CI Bands

X1 = A: altura de colector

Actual Factors

B: coeficiente de rigidez = 270

C: fuerza de compresion = 2989,12



Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

presion de salida max (mca)

● Design Points

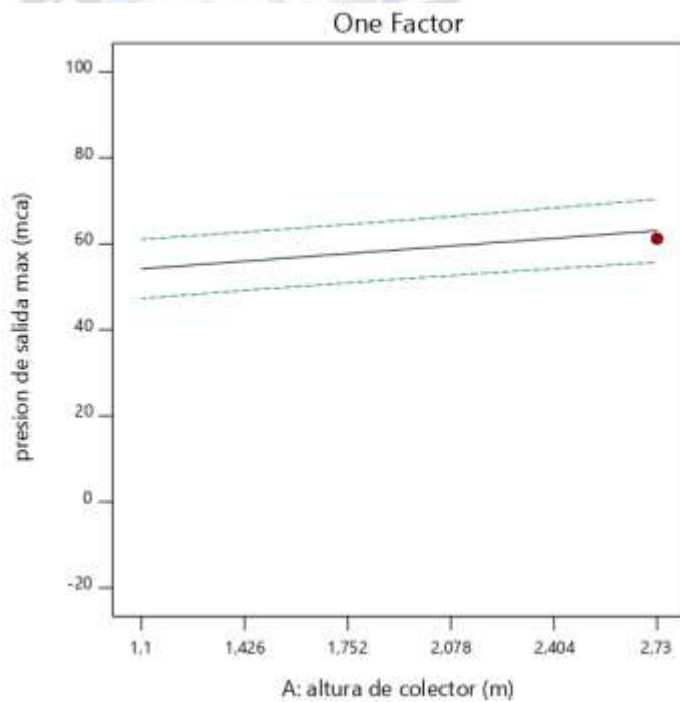
-- 95% CI Bands

X1 = A: altura de colector

Actual Factors

B: coeficiente de rigidez = 270

C: fuerza de compresion = 5508



Nota. El punto de color rojo representa la medición experimental

Tabla 4-6*Comportamiento de la Altura del Colector vs Presión de Salida*


N	Factor de entrada (Coeficiente de rigidez)	Factor de entrada (altura del colector de agua)	Factor de entrada (fuerza de compresión)	Factor de salida (presión de salida máxima)	
1	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$H_n = 1,1[m]$	$F_{co} = 1645[grf]$	8,38[mca]	Predicción del modelo
2	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$H_n = 1,1[m]$	$F_{co} = 2541[grf]$	19,13[mca]	Predicción del modelo
3	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$H_n = 1,1[m]$	$F_{co} = 4141[grf]$	38,33[mca]	Predicción del modelo
4	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$H_n = 2,73[m]$	$F_{co} = 1645[grf]$	17,26[mca]	Predicción del modelo
5	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$H_n = 2,73[m]$	$F_{co} = 2541[grf]$	28,01[mca]	Predicción del modelo
6	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$H_n = 2,73[m]$	$F_{co} = 4141[grf]$	47,21[mca]	Predicción del modelo


Nota. El modelo matemático es válido en la región de experimentación. **Fuente:** (DesignExpert)

- **Efecto producido por exceso de presión de golpe de ariete**

El exceso de presión produce fallas mecánicas.

Tabla 4-7*Efectos Producidos por Exceso de Presión de Ariete*

N	Factor de entrada (altura del colector de agua)	Factor de entrada (Coeficiente de rigidez)	Factor de entrada (fuerza de compresión)	Efectos
1	$H_n = 2,73[m]$	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$F_{co} = 5508[grf]$	

N	Factor de entrada (altura del colector de agua)	Factor de entrada (Coeficiente de rigidez)	Factor de entrada (fuerza de compresión)	Efectos
2	$H_n = 4,0[m]$	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$F_{co} = 5508[grf]$	Ruptura mecánica de válvula de impulso  Desacoplamiento del sistema de alimentación a la bomba de ariete

4.3.2. Análisis de influencia del coeficiente de rigidez

Incrementar el coeficiente de rigidez disminuye la presión de salida para una altura del colector constante $H_n = 1 [m]$ y fuerza de compresión variable.

Figura 4-10

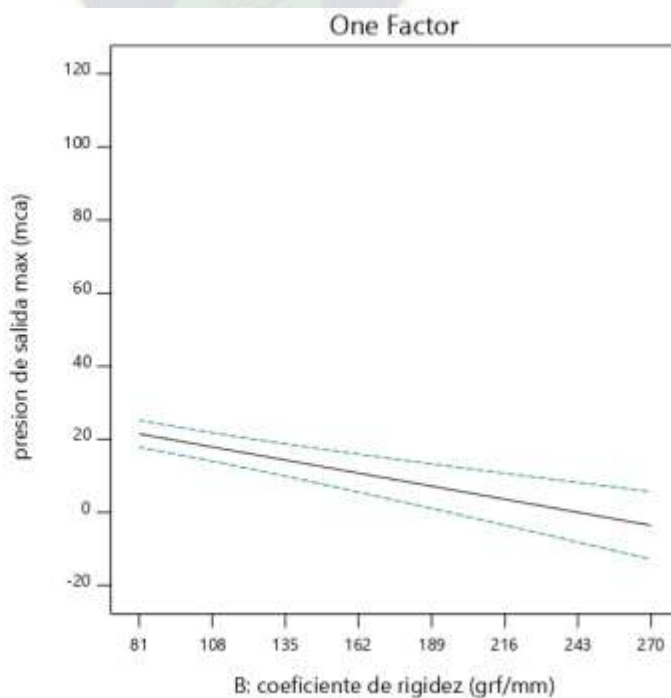
Comportamiento del Coeficiente de Rigidez vs Presión de Salida

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

presión de salida max (mca)
-- 95% CI Bands

X1 = B: coeficiente de rigidez

Actual Factors
A: altura de colector = 1,1
C: fuerza de compresion = 664



Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

presion de salida max (mca)

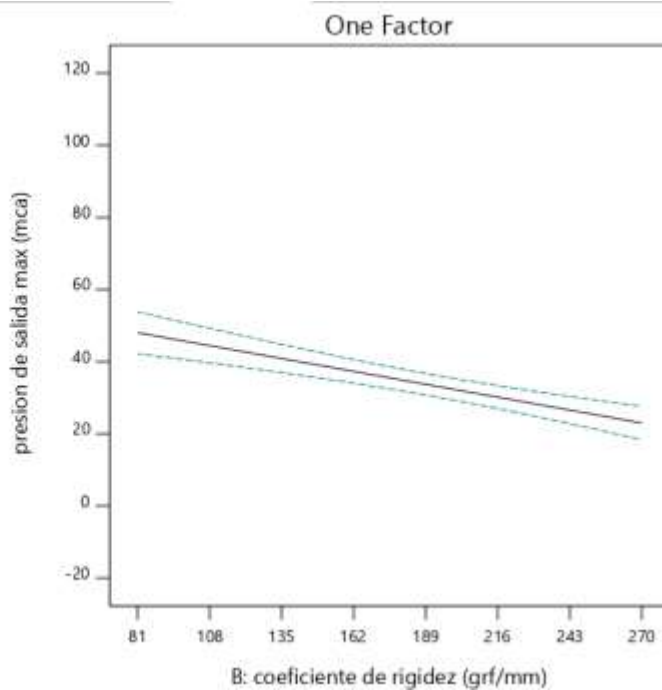
-- 95% CI Bands

X1 = B: coeficiente de rigidez

Actual Factors

A: altura de colector = 1,1

C: fuerza de compresion = 2892,24



Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

presion de salida max (mca)

● Design Points

-- 95% CI Bands

X1 = B: coeficiente de rigidez

Actual Factors

A: altura de colector = 2,73

C: fuerza de compresion = 5508

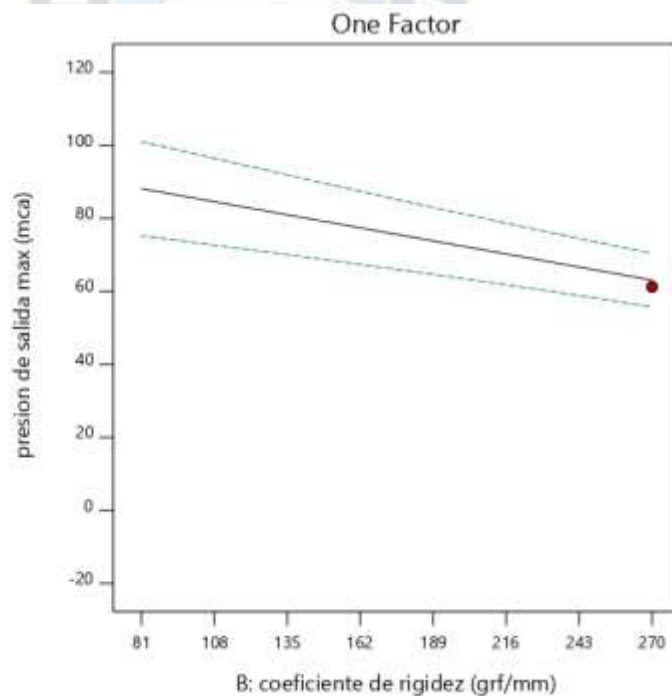


Tabla 4-8

Comportamiento del Coeficiente de Rigidez vs Presión de Salida

N	Factor de entrada (altura del colector de agua)	Factor de entrada (fuerza de compresión)	Factor de entrada (Coeficiente de rigidez)	Factor de salida (presión de salida)	
1	$H_n = 1,1[m]$	$F_{co} = 3780[grf]$	$K_{res} = 81 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	59[mca]	Predicción del modelo
2	$H_n = 1,1[m]$	$F_{co} = 3780[grf]$	$K_{res} = 162 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	50[mca]	Predicción del modelo
3	$H_n = 1,1[m]$	$F_{co} = 3780[grf]$	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	34,7[mca]	Predicción del modelo

4.3.3. Análisis de influencia de la fuerza de compresión

Incrementar fuerza de compresión del resorte eleva la presión de salida para un coeficiente de rigidez constante $K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$ y altura del colector variable.

Figura 4-11

Comportamiento de la Fuerza de Compresión vs. Presión de Salida

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

presión de salida max (mca)

● Design Points

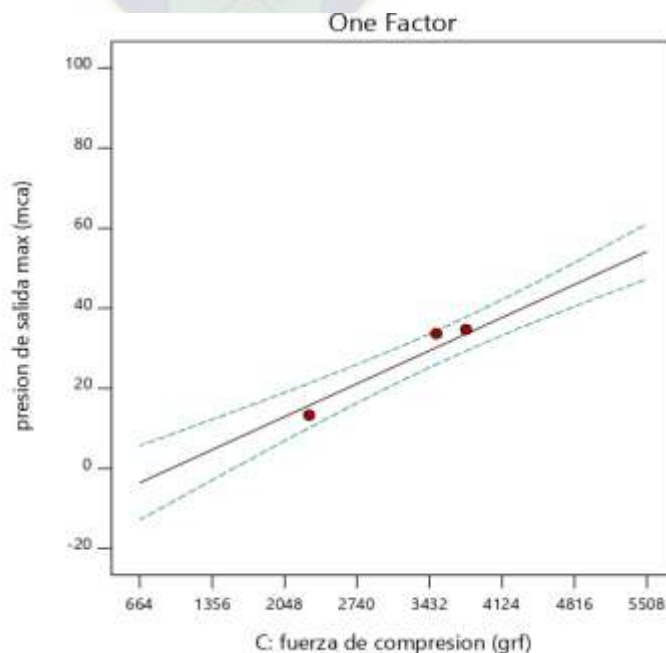
--- 95% CI Bands

X1 = C: fuerza de compresion

Actual Factors

A: altura de colector = 1,1

B: coeficiente de rigidez = 270



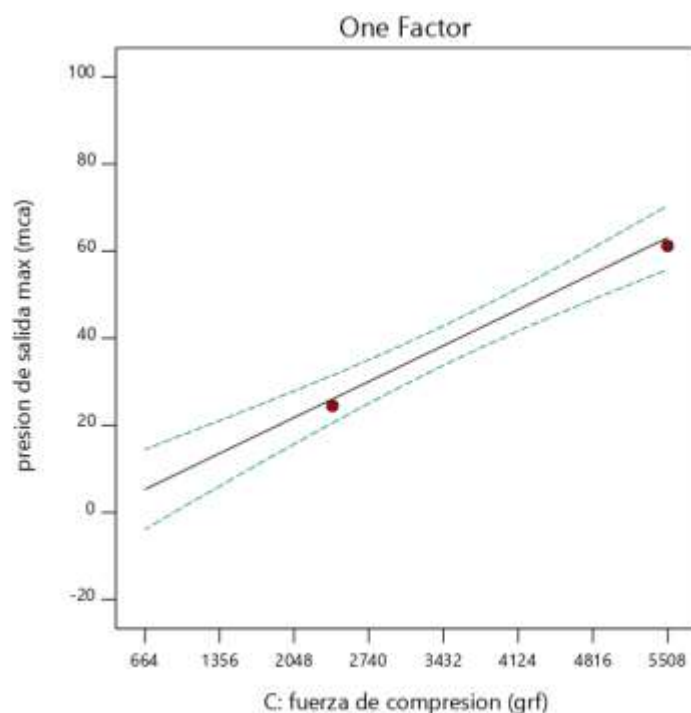
Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

presión de salida max (mca)

- Design Points
- 95% CI Bands

X1 = C: fuerza de compresion

Actual Factors
A: altura de colector = 2,73
B: coeficiente de rigidez = 270



Nota. La pendiente de la recta se eleva significativamente al elevar la altura del colector. Fuente: (DesignExpert)

Tabla 4-9

Comportamiento de Fuerza de Compresión vs presión de salida

N	Factor de entrada (altura del colector de agua)	Factor de entrada (Coeficiente de rigidez)	Factor de entrada (fuerza de compresión)	Factor de salida (presión de salida)	
1	$H_n = 1,1[m]$	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$F_{co} = 2282[grf]$	16[mca]	Predicción del modelo
2	$H_n = 1,1[m]$	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$F_{co} = 2977[grf]$	24,3[mca]	Predicción del modelo
3	$H_n = 1,1[m]$	$K_{res} = 270 \left[\frac{grf}{mm} \right]$	$F_{co} = 3780[grf]$	34[mca]	Predicción del modelo

Nota. Modificar el Factor de Entrada de Fuerza de Compresión Produce un Efecto proporcional en el Factor de Respuesta de Presión de Salida. Fuente: (DesignExpert)

4.3.4. Análisis entorno y superficie de respuesta

- **Contorno de respuesta**

La siguiente figura muestra las líneas de contorno del factor “presión de salida” debido a la interacción altura del colector de agua y coeficiente de rigidez para una fuerza de compresión de 2408 [grf].

Figura 4-12

Contorno de Respuesta del Modelo Matemático 1

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

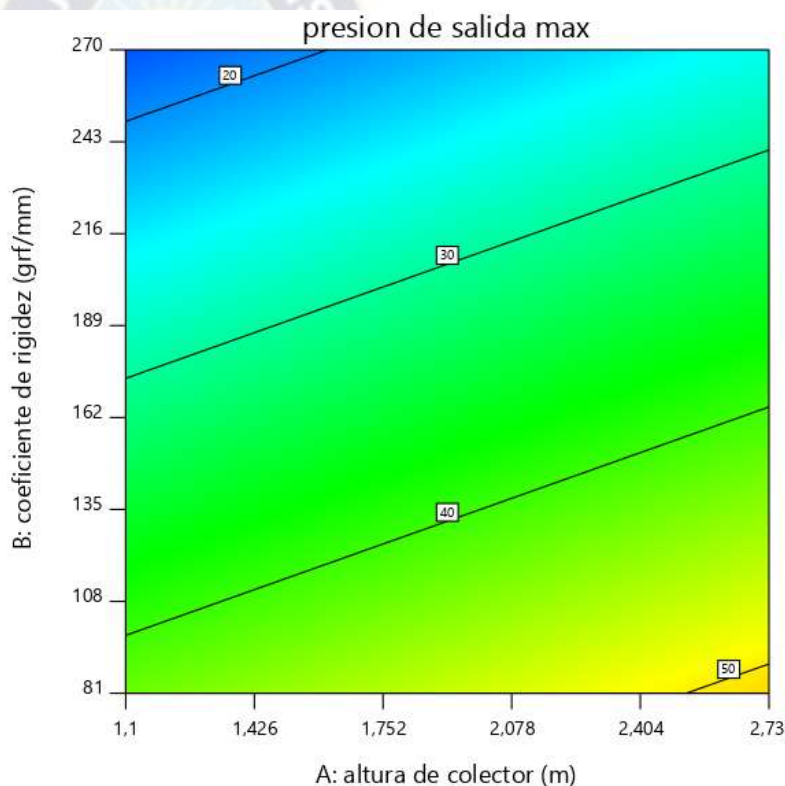
presión de salida max

13,3  61,2

X1 = A: altura de colector
X2 = B: coeficiente de rigidez

Actual Factor

C: fuerza de compresion = 2407,84



Nota 1. Las Mejores Respuestas se presentan a Partir de la Zona Azul cuya Presión de Salida es Mayor es 20 [mca] Llegando a un Tope de 61 [mca] en la Zona amarilla. Fuente: (DesignExpert)

- **Superficie de respuesta**


La superficie que describe el comportamiento de la presión máxima de salida es un modelo de primer orden tipo plano.

Figura 4-13

Superficie de Respuesta

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

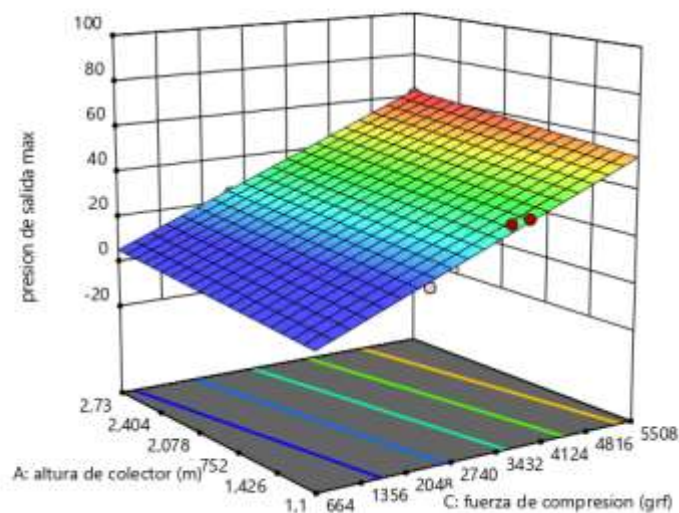
presión de salida max

- Design points above predicted value
 - Design points below predicted value
- 13,3  61,2

X1 = C: fuerza de compresion
X2 = A: altura de colector

Actual Factor

B: coeficiente de rigidez = 270



Nota. Para un Coeficiente de Rigidez de $270 \left[\frac{\text{grf}}{\text{mm}} \right]$ y Fuerza de compresión que varía desde $664 [\text{grf}]$ a $5508 [\text{grf}]$ se Observa Similares Resultados en la Presión Máxima de Salida para alturas de colector diferentes. Fuente: (DesignExpert)

Por lo tanto, la superficie de respuesta indica que el factor de entrada fuerza de compresión del resorte es la variable más influyente en la presión de salida y valida lo analizado en la tabla ANOVA.

5. Capítulo V - Resultados de la Investigación

5.1. Resultados de la bomba de Golpe de ariete aplicado a diferentes configuraciones

La hipótesis general indica que existe influencia significativa de los principales factores de entrada, siendo verificada mediante la siguiente tabla de ANOVA resumida.

Tabla 5-1

ANOVA resumido para la presión de salida

Source	F- Value	p- value	Influencia
Model	32,42	< 0,0001	
A-altura del colector de agua	22,19	0,0002	Significativa media
B-coeficiente de rigidez	39,02	< 0,0001	Significativa media
C-fuerza de compresión del resorte	79,67	<0,0001	Significativa mayor

Fuente: (DesignExpert)

La significancia es definida por F-Value siendo la más relevante la fuerza de compresión del resorte.

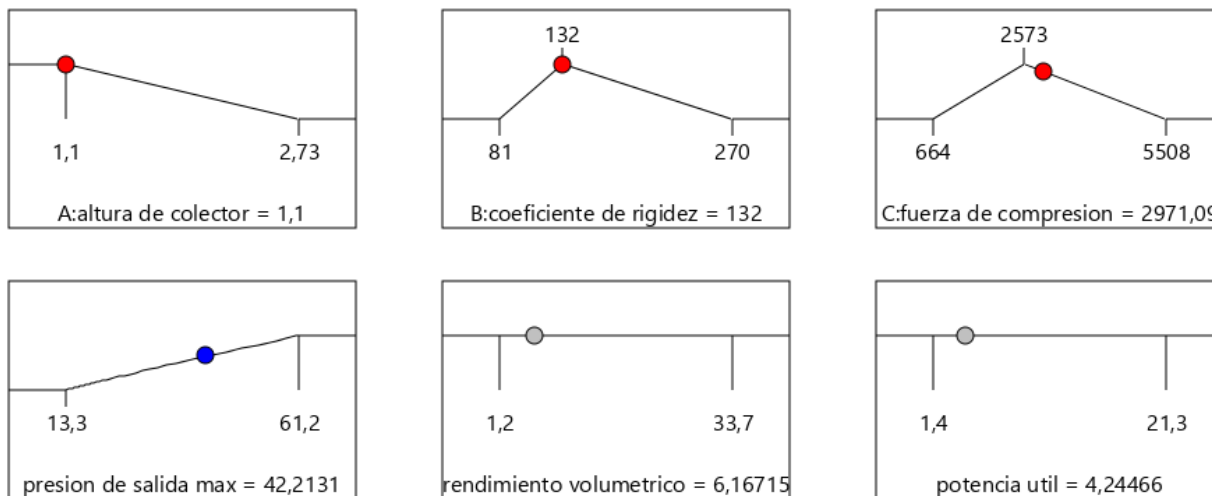
5.1.1. Optimización de la bomba de golpe de ariete

Las condiciones de optimización son:

Tabla 5-2

Condiciones de Optimización

N	Factor de entrada	Puntos de optimización	requerimientos	Observaciones
1	Altura del colector [mca]	1,1	Mínima altura	Se requiere el mínimo desnivel por las características topográficas predominantes en el área rural.
2	Coefficiente de rigidez [grf/mm]	132	Medio	El factor define los caudales de salida adecuados dentro de rangos de experimentación, el valor seleccionado proporciona mayor margen de maniobrabilidad para funcionamiento.
3	Fuerza de compresión [grf]	2573	Medio	El factor define la presión máxima de salida, el valor seleccionado proporciona mayor margen de maniobrabilidad para funcionamiento

Figura 5-1**Punto de Optimización**

Nota 1. Los Puntos Rojos Indican las Condiciones Óptimas Requeridas y el Punto Azul Indica el Valor Predecido Óptimo de Presión de Salida 42,2 [mca]. Fuente: (DesignExpert)

La prueba experimental 1 BA18 que cumple los requerimientos iniciales de optimización entregó un valor real de presión de salida de 37,2 [mca]

5.1.2. Bomba más Eficiente para una altura 113 [cm] de desnivel

La bomba de ariete más eficiente se la determinó en la optimización, en este inciso se describen las ecuaciones y curvas de comportamiento.

Figura 5-2

Curvas de la Bomba más Eficiente Para una Fuerza de Compresión del Resorte de 2573 [grf] y una $H=1,13[m]$, Prueba 1BA18

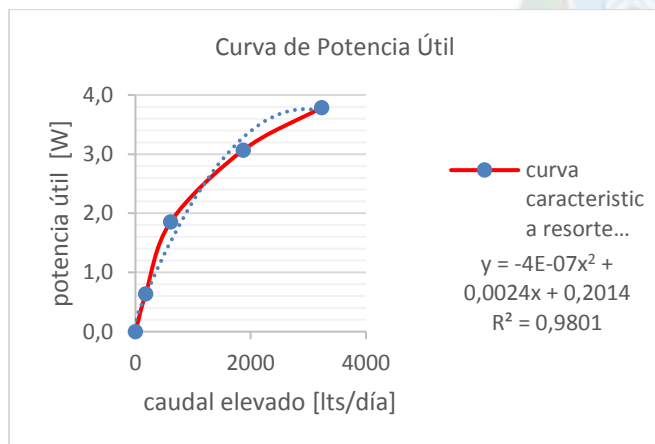
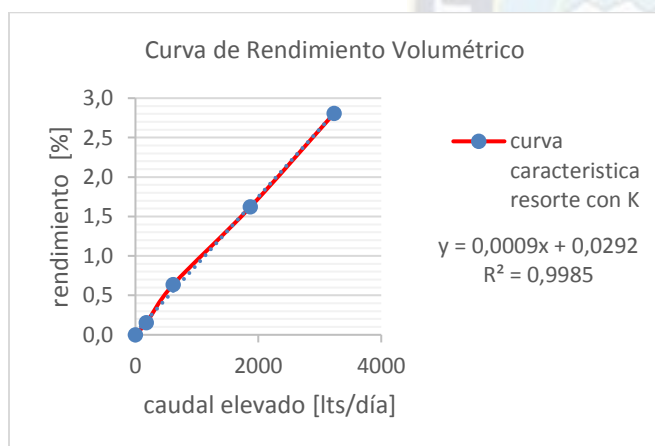
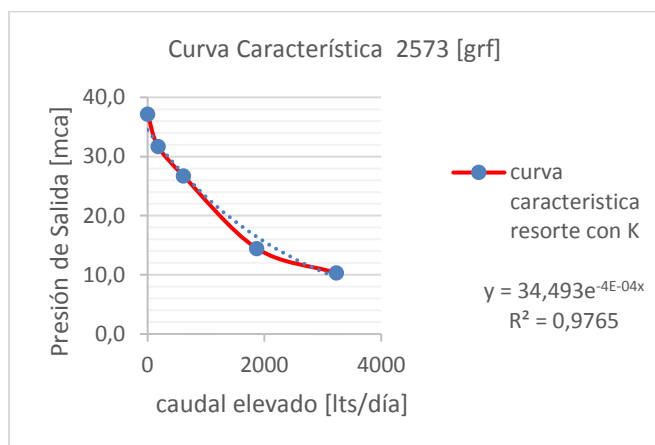


Tabla 5-3

Ecuaciones de Comportamiento de las Curva Característica de Bomba de Golpe de Ariete Para

H=1,1 [m]

N	Factores de entrada	Ecuación de comportamiento	Correlación R^2	Simbología	interpretación
1	$H_n = 1,1 [m]$ K_{res} $= 132 \left[\frac{grf}{mm} \right]$ $F_{co} = 2573 [grf]$	$H_U = 34,493 * e^{-4x10^{-4} * Q_U}$	0,976	$H_n =$ altura de colector $K_{res} =$ coeficiente de rigidez $F_{co} =$ fuerza de compresión	Se tiene una tendencia exponencial decreciente entre el factor entrada y salida.
2	$N = 2[pulg]$	$n_v = 0,0009 * Q_U + 0,0292$	0,9985	$N =$ calibre de BA $H_U =$ Presión de salida $Q_U =$ caudal útil elevada	Se tiene una tendencia lineal entre el factor entrada y salida.
3		$P_U = -4x10^{-7} * Q_U^2 + 0,0024 * Q_U + 0,2$	0,98	$n_v =$ rendimiento volumétrico $P_U =$ Potencia útil	Se tiene una tendencia polinómica de tercer grado entre el factor de entrada y salida.

La ecuación de comportamiento de la presión de salida para diferentes requerimientos de caudal tiene una tendencia de tipo exponencial decreciente.

5.1.3. Validación en Campo de la Bomba de Golpe de Ariete

La validación de la bomba de golpe ariete se realizó cumpliendo los requerimientos técnicos mínimos.

Tabla 5-4*Requerimientos Técnicos Mínimos*

N	Requerimiento	Cantidad	Unidad
1	Altura mínima de elevación	10	mca
2	Caudal mínimo de transporte	2000	l/d
3	Distancia mínima a trasladar	100	m

La prueba final se realizó en la comunidad de Chuchico - Municipio Apolo-Departamento La Paz en condiciones reales de topografía del arroyo y requerimientos mínimos.

Coordenadas UTM:

X=560362 mE Y=8384293 mS Z=19 L

$H_n = 1,5 [m]$ altura de colector

$D_{transportada} = 100[m]$ distancia de traslado longitudinal

$Q_U = 2000 \left[\frac{l}{d} \right]$ caudal bombeado

Figura 5-3

Instalación de la Bomba de Ariete en la Comunidad de Chuchico - Apolo



Figura 5-4*Conectado de Manguera de Descarga a la Bomba de Ariete***Figura 5-5***Bomba Transportando Agua Efectivamente*

Nota. La bomba validada funcionó correctamente elevando 15 [mca] y bombeando un caudal de $3000 \left[\frac{l}{d} \right]$.

5.2.Resultados sobre la correlación de factores de entrada y salida.

El análisis de correlación detallado se lo realizó en el inciso 4.2.1, en esta sección se sintetiza los factores de entrada más influyentes.

De la hipótesis específica 1 se concluye:

Tabla 5-5

Cuadro de Correlación de Factores de Entrada y Salida principales

N	Factores de entrada	Factor de salida	Correlación	Hipótesis	Conclusiones
1	Altura del colector de agua	Presión de salida máxima H_U	0,377	<p>H0 = Existe correlación directa entre la altura del colector de agua y la presión de salida</p> <p>HA = No existe correlación directa significativa entre la entre la altura del colector de agua y la presión de salida.</p>	Se acepta la hipótesis nula H_0 por la correlación directa significativa entre el factor de entrada y salida.
2	Altura del colector de agua	Potencia útil de bombeo P_U	0,732	<p>H0 = Existe correlación directa entre la altura del colector de agua y la potencia útil.</p> <p>HA = No existe correlación directa entre la entre la altura del colector de agua y la potencia útil.</p>	Se acepta la hipótesis nula H_0 por la correlación directa significativa entre el factor de entrada y salida.
3	Fuerza de compresión	Presión de salida máxima H_U	0,573	<p>H0 = Existe correlación directa entre la Fuerza de compresión y la presión de salida</p> <p>HA = No existe correlación directa entre la entre la fuerza de compresión y la presión de salida.</p>	Se acepta la hipótesis nula H_0 por la correlación directa significativa entre el factor de entrada y salida.
4	Coefficiente de rigidez del resorte	Rendimiento volumétrico n_v	0,498	<p>H0 = Existe correlación directa entre el Coeficiente de rigidez del resorte y el rendimiento volumétrico</p> <p>HA = No existe correlación directa entre el Coeficiente de rigidez del resorte y el rendimiento volumétrico</p>	Se acepta la hipótesis nula H_0 por la correlación directa significativa entre el factor de entrada y salida..

Nota 1. H_0 =Hipótesis nula HA= hipótesis Alternativa

Nota 2. Valor de correlación 1 significa influencia directa máxima entre factores.

Fuente: (DesignExpert)

5.3. Resultados del modelo estadístico de la presión de salida

De la hipótesis específica 2 se generó un modelo estadístico en una región de experimentación (ver inciso 4.2.3).

$$H_u = 18,28 + 5,45 * H_n - 0,132 * K_{res} + 0,012 * F_{co} \text{ Ec. 4.1.}$$

El coeficiente de determinación de 0,8587 indica que el modelo es significativamente predictivo.

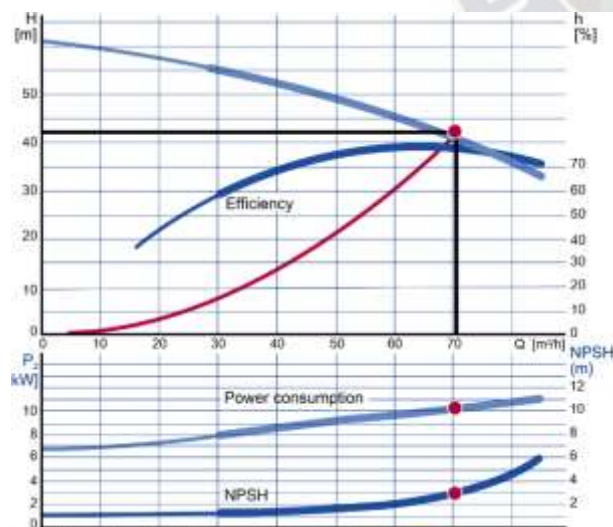
5.4. Resultados de las curvas de comportamiento de la bomba de golpe de ariete

La hipótesis específica 3 y la comparación Fig.5.2 y 5.6, se observa curvas de comportamientos diferentes.

Caudal vs Presión - Caudal vs Rendimiento Volumétrico - Caudal vs Potencia útil.

Figura 5-6

Curva de Comportamiento de la Bomba Eléctrica



Nota. Existe una relación de proporcionalidad directa entre la altura elevada y el caudal transportado Fuente: (Grundfos, 2021)

5.5.Resultado del rendimiento energético

El rendimiento energético es:

$\varphi_{Bomba} = \text{rendimiento energético}$

$E_{final} = \text{energía a la salida de la bomba}$

$E_{inicial} = \text{energía al ingreso de la bomba}$

$$\varphi_{Bomba} = \frac{E_{final}}{E_{inicial}} * 100 \quad \text{Ec. 4.2}$$

El balance energético se realiza en los 1 y 4 de la figura 2.5.

La energía inicial antes del golpe de la bomba de ariete es:

$P = \text{presión del líquido [Mpa]}$

$A = \text{area [m}^2\text{]}$

$\gamma = \text{peso específico [N/m}^3\text{]}$

$w = \text{peso [N]}$

$z = \text{carga piezométrica [m]}$

$i = \text{entrada}$

$v = \text{velocidad [m/s]}$

$f = \text{salida}$

$Q = \text{caudal [m}^3\text{/s]}$

$$E_{inicial} = \left[\frac{P_i}{\gamma} + z_i + \frac{v_i^2}{2g} \right] * w_i$$

La presión de entrada es 0 por el contacto con la atmosfera y la velocidad es mínima, por lo tanto:

$$E_{inicial} = z_i \quad \text{Ec. 4.3}$$

La energía de salida del líquido es:

$$E_{final} = \left[\frac{P_f}{\gamma} + z_f + \frac{v_f^2}{2g} \right] * w_f$$

La carga piezométrica es nula por ser el nivel de referencia del sistema

$$E_{final} = \frac{P_f}{\gamma} + \frac{v_f^2}{2g}$$

Según la ecuación de la continuidad $v_f = \frac{Q_f}{A}$

Reemplazando la ecuación anterior:

$$E_{final} = \frac{P_f}{\gamma} + \frac{Q_f^2}{2g * A^2} \quad Ec. 4.4.$$

Por lo tanto, reemplazado la ec. 4.4 y 4.3 en la Ec. 4.2:

$$\varphi_{Bomba} = \frac{\left[\frac{P_f}{\gamma} + \frac{Q_f^2}{2g * A^2} \right] * W_f}{Z_i * W_i} * 100 \quad Ec. 4.5.$$

Donde el rendimiento volumétrico es:

$$\varphi_{vol} = \frac{Q_f}{Q_i} = \frac{W_f}{W_i} \quad Ec. 4.6.$$

Reemplazando la Ec.4.6. en la Ec.4.5. se tiene el rendimiento energético de la bomba:

$$\varphi_{Bomba} = \frac{\left[\frac{P_f}{\gamma} + \frac{Q_f^2}{2g * A^2} \right]}{Z_i} \varphi_{vol} * 100 \quad Ec. 4.7.$$

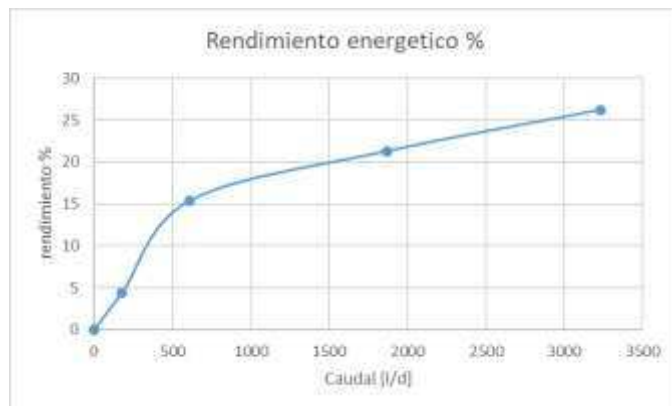
Para la bomba de ariete más eficiente 1BA18 los rendimientos se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 5-6

Datos de Comportamiento de la Bomba de Ariete más Eficiente

n	ítem	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5
1	Caudal de elevación [l/día]	3231,7	1870	612	178,5	0
2	altura de elevación [m]	10,3	14,5	26,8	31,7	37,2
3	rendimiento volumétrico %	2,8	1,6	0,6	0,1	0
4	Rendimiento energético %	26,2	21,3	15,4	4,4	0

Nota. El rendimiento energético varia proporcionalmente con el caudal bombeado.

Figura 5-7*Rendimiento Energético*

Nota. El Rendimiento Energético del 4,4 % produce la mayor carga piezométrica de la curva de comportamiento de la Bomba de ariete.

6. Capítulo VI – Discusión de Resultados

A partir de la investigación realizada se acepta la hipótesis general de la influencia significativa de los principales factores de entrada en la bomba de golpe de ariete de PVC de 2 [Pulg] adecuada para diferentes configuraciones aplicado al área sub andina de Bolivia.

Los resultados guardan relación con lo que sostienen Quiroga Mendez et. al. (2013) que indica la influencia significativa del resorte en la eficiencia de la bomba de Golpe de ariete y descarta al acumulador de aire por la poca influencia en los factores de salida.

Según Sarmiento (1982) la graduación de la válvula de impulso proporcionará una cantidad de agua variable que se pudo comprobar en la investigación.

En lo referente a la altura del colector Según Enriquez Alva (2017) a medida se incrementa la altura del tanque de alimentación aumenta significativamente la altura del descarga teniendo relación a los resultados obtenidos en la presente investigación.

La investigación guarda relación con las conclusiones de varios autores y aporta el grado de influencia de la fuerza del resorte en la presión de salida, el coeficiente de rigidez en el rendimiento volumétrico y la altura del colector en la potencia útil de bombeo.

7. Capítulo VII-Conclusiones y Recomendaciones

5.2. Conclusiones

- La fuerza de compresión del resorte influye significativamente en la presión máxima de salida con un F-value (79,67), seguida del coeficiente de rigidez (39,02) y la altura del colector (22,15).
- La validación y operación de la Bomba de golpe ariete más eficiente resultó efectiva para las condiciones topográficas de campo.
- El laboratorio para el estudio experimental del comportamiento de los factores de entrada cumple con las recomendaciones de la norma ISO 9906 y normaliza la medición de las curvas características.
- Existe correlación significativa de la fuerza de compresión del resorte (0,573) y la altura del colector (0,377) en la presión de salida.
Existe correlación significativa en el coeficiente de rigidez (0,498) y el rendimiento volumétrico.

Existe correlación significativa en la altura del colector (0,732) y la potencia útil.

- El modelo estadístico de primer orden que describe el comportamiento de la presión máxima tiene un coeficiente de determinación de R^2 0,85.

$$H_u = 18,28 + 5,45 * H_n - 0,132 * K_{res} + 0,012 * F_{co} \text{ Ec. 4.1.}$$

- La curva de caudal elevado vs presión de salida tiene tendencia exponencial decreciente, caudal elevado vs rendimiento volumétrico tiene una tendencia lineal y la curva caudal elevado vs potencia útil tiene una tendencia polinómica de segundo grado.

5.3. Recomendaciones.

Las recomendaciones son:

- Evaluar otros factores controlables que no fueron considerados en esta investigación.
- Materiales de PVC disminuye los costos de fabricación y limita la presión de salida, por lo tanto, se recomienda probar con materiales metálicos y profundizar la investigación hacia bombas de ariete grupales de mayor calibre.
- Investigar la bomba de golpe de ariete multi etapa.



Bibliografía

- Acitores Martinez, F. J. (Febrero de 2012). *Universidad Carlos III de Madrid*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/30046069.pdf>
- ASIFSA. (s.f.). Precios de materiales de mercado el alto.
- Bombas Ideal S.A. (2010). *Datos técnicos de Bombas Hidráulicas*. Valencia : España.
- British standards institution. (1999). *ISO 9906*. BRITISH: ISO.
- Bustamante ojeda, a., & quezada chuncho, m. e. (2009). *estudio de los parametros de funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico multipropulsor*. quito ecuador: universidad politecnica salesiana.
- Cararo, D. C., Damasceno, F. A., Griffante, G., & Alveranga , L. A. (2007). Hydraulic ram pump manufacturer features using alternative materials [Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos]. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 11 (4)*, 349-354.
- Chero Lizana, a. (Diciembre de 2018). *Diseño de un Sistema de Bombeo Mediante Ariete Hidraulico*. Obtenido de Universidad de Piura: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_009336c470d23adddb75eae8cbcf4
- 90
- CHI, M. (2002). *Hydraulic Ram HandBook*. Zhejiang: University of Technology.
- Condori Quispe, M., & Mamani Mamani, R. (2021). *Diseño y Construcción de una Bomba de Ariete Hidraulico de 2 Pulgadas para el Fundo Pachaticgra - Pinaya Distrito de Santa Lucia Region Puno 2020*. Obtenido de Universidad Nacional Del Altiplano de Puno: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15354>
- Coutinho, A. (2009). *manual de ingeniería hidráulica*.

- Crespo Martinez, A. (2006). Mecánica de Fluidos. En C. M. A.. Thomson.
- De breur. (2006). *ariete hidráulico de "brearram"* . holanda: articulo universidad de twente.
- DesignExpert. (s.f.). *Design Expert V.II*.
- Dismat. (2013). *manual técnico de tuberías de pvc*. la paz bolivia: dismat.
- Dismat. (2015). *manual técnico de tubería pvc*, 4.
- Enriquez Alva, B. (diciembre de 2017). *Evaluación de Factores Hidráulicos en una Bomba de Ariete que Permitan el Abastecimiento de Agua Potable en el Área Rural del Distrito de Independencia - Huaraz*. Obtenido de Universidad Nacional Santiago Antunez de Maloyo.
- estadísticas, I. n. (2012). *Boletín censo nacional de población y vivienda 2012*. La Paz: INE.
- fluidos, M. d., & Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos*. Mexico: Pearson educacion.
- Gomes , P. (2012). *Diseño Paramétrico de una Bomba de Ariete Hidráulico*. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: www.repositoriodigital.ipn.mx/
- Grundfos. (2021). *Grundfos*. Obtenido de <https://www.grundfos.com/es/learn/ecademy>
- Grupo weg. (2005). *motores eléctricos*. jaragus do sul brasil: grupo weg.
- Guaman, C. C. (2011). *Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico*. Quito Ecuador: Escuela Politecnica Nacional(Facultad de ingeniería).
- Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. (2015). *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico: McGraw -hHill.
- Huari Vila, O. (2012). *Optimización de Los Factores del Fenomeno Ariete Para Mejorar El Rendimiento de la Bomba de Ariete*. Obtenido de Universidad Nacional del Centro del Perú: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/203>

- IANAS. (2012). *Diagnostico del agua en las americas*. Mexico , Distrito Federal, Mexico.
Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/20989978/los-recursos-hidricos-en-bolivia-foro-consultivo>
- INE. (2012). Boletín censo Nacional de Población y vivienda 2012. La Paz Bolivia: INE.
- INE. (2015). *Censo Agropecuario 2013*. La Paz: INE.
- JICA. (2012). *estudio de promoción de y difusión de buenas prácticas "bomba de ariete" del proyecto tawan ingnika*. nicaragua: guía agropecuaria.
- Mataix, C. (1986). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas* . Madrid: Ediciones del Castillo S.A.
- Palomino Martinez, M. (2016). *Diseño y Construcción de una Bomba de Ariete Hidráulico Para Fundo Porvenir, Huanta 2016*. Obtenido de Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga : <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3151>
- Parmakian, j. (1963). *waterhammer analysis*. denver new york: prince hall.
- Pasolac. (2006). *guía técnica manejo técnico y aprovechamiento de agua con fines agropecuarios*. nicaragua: pasolac multi grafic.
- Pasolac. (junio de 2006). www.cartografia.mag.gob.sv. obtenido de https://www.academia.edu/38616012/gu%C3%ada_t%C3%A9cnica_manejo_y_aprovechamiento_de_agua_con_fines_agropecuarios_bomba_de_mecate_descripci%C3%93n_de_la_tecnologia
- Pauro Chavez, R. P. (2018). *Diseño de Una Bomba de Ariete Hidraulico, en la Asociacion San Miguel - Yocango Torata Region de Moquegua 2018*. Obtenido de Universidad Juan Carlos MariaTegui: <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/327>

- Perez farras, I. E., & Guitelman, A. (2005). *estudio de transitorios - golpe de ariete*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Quiroga Mendez, J. E., Sierra Gallo, C. A., & Biancha Gutierrez, G. E. (2013). Analisis del Ariete Hidraulico Para Diferentes Configuraciones. *UIS Ingenierias*, 29-34.
- Rivadeneira Carlosama, S. X., & Silva Espinoza, L. F. (noviembre de 2013). *Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5989/1/UPS-KT00770.pdf>
- Sarmiento, G. (noviembre de 1982). *Cooperacion Autonoma de Occidente Programa de Ingenieria Mecánica*.
- Sierra, C., & Biancha, G. (2012). *Análisis del Ariete Hidráulico para Diferentes Configuraciones*. Obtenido de Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga: [//studylib.es/doc/6665891/an%C3%A1lisis-del-ariete](http://studylib.es/doc/6665891/an%C3%A1lisis-del-ariete)
- Weinmann, P. (2004). *El ariete hidráulico: Teoría y práctica de un gran invento caído en desuso*. Gmbh.
- World Health Organization. (2003). Domestic water quantity, service level and health. En G. Howard. Geneva, Switzerland: WHO document Production Services.

Anexos

ANEXO A GRADO DE INFLUENCIA DE FACTORES DE ENTRADA

ANEXO B CURVAS DE EXPERIMENTACIÓN

ANEXO A

GRADO DE INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE ENTRADA

Design expert v.11.

INGRESO DE DATOS

		Factores de entrada			Factores de salida				
Std	Run	A:Altura del colector de agua m	B:coeficiente de rigidez grf/mm	C:fuerza de compresión grf	Presión de salida mca	rendimiento volumétrico	potencia útil W	Caudal min l/d	presión de salida min mca
14	1	2,73	81	971	30,6	1,2	1,4	475,2	26,52
2	2	1,1	81	1773	38,8	4,5	6,8	4224	14,28
18	3	1,1	270	3780	34,7	5,5	1,9	5380	3,06
12	4	2,73	270	2403	24,5	16,4	9,9	7811	11,22
17	5	1,1	105	1570	33,2	9,9	2,1	8910	2,04
20	6	1,1	270	2282	13,3	22,5	2,7	9296,2	2,55
6	7	1,1	81	1012	21,4	3,7	3,3	2261	12,75
1	8	1,1	140,7	2441	35,7	9,6	3,1	10605	2,55
10	9	2,73	107	1599	43,9	11,3	13,6	5891	20,4
15	10	1,1	99	743	17,85	17,2	4,1	11929,7	3,06
11	11	2,73	107	664	34,7	6	11,5	4156	24,48
13	12	1,1	123	1588	22,4	11,9	2,2	7503	2,55
8	13	2,73	140	2111	39,8	10,4	11,9	7348	14,28
16	14	1,1	132	2573	37,2	2,8	3,7	3232	10,2
7	15	2,73	132	1283	34,7	2,6	6,9	3161	19,38
4	16	2,73	105	1518	31,6	13,8	21,3	9694	19,38
9	17	1,1	123	2217	34,2	8	2,4	8386	2,55
5	18	2,73	99	1287	30,6	9,5	8,8	5091	15,3
19	19	1,1	270	3497	33,7	33,7	4	6896	5,1
3	20	2,73	270	5508	61,2	5,8	15,1	9348	14,28

EVALUATION

fx Model Results Graphs

Process Order: Linear Add Term

Model Type: Polynomial Response: Design Only

Options... Power Options...

- m Intercept
- m A-altura de colector
- m B-coeficiente de rigidez
- m C-fuerza d...compresion
- x AB
- x AC
- x BC
- x A²
- x B²
- x C²
- x ABC
- x A²B
- x A²C
- x AB²
- x AC²
- x B²C
- x BC²
- x A³
- x B³
- x C³
- x A²B²
- x A²BC

m The term will be included in the model.

e The term will not be included in the model.

x The term will not be included in the model, and will also be excluded from all alias calculations.

Indicates that the term is required to be in the model by the program.

EFFECTS

Y Transform Fit Summary fx Model ANOVA Diagnostics Model Graphs

Analysis of Variance

ANOVA for Linear model

Response 1: presion de salida max

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1698,53	3	566,18	32,42	< 0,0001	significant
A-altura de colector	387,53	1	387,53	22,19	0,0002	
B-coeficiente de rigidez	681,59	1	681,59	39,02	< 0,0001	
C-fuerza de compresion	1391,53	1	1391,53	79,67	< 0,0001	
Residual	279,46	16	17,47			

Fit Statistics

Std. Dev.	4,18	R ²	0,8587
Mean	32,70	Adjusted R ²	0,8322
C.V. %	12,78	Predicted R ²	0,7825
		Adeq Precision	25,9297

The Predicted R² of 0,7825 is in reasonable agreement with the Adjusted R² of 0,8322; i.e. the difference is less than 0,2.

Final Equation in Terms of Actual Factors

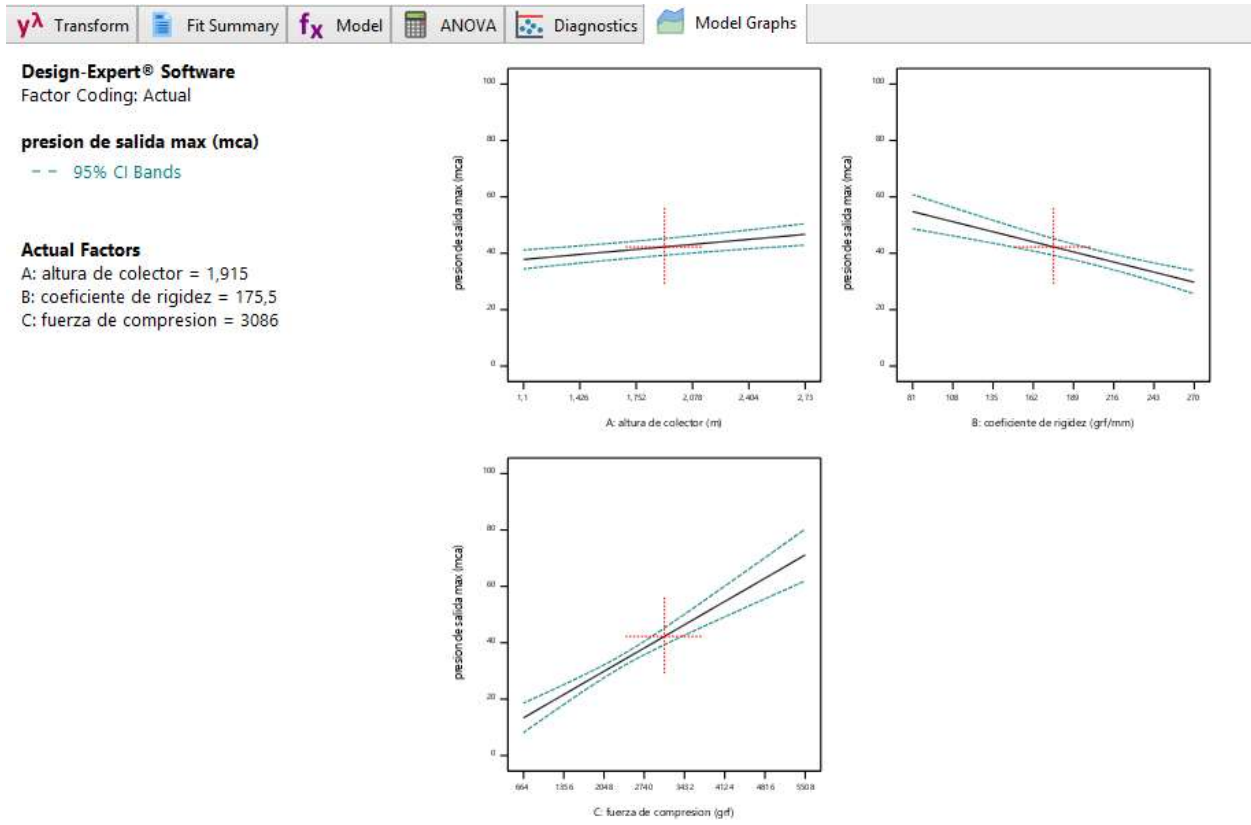
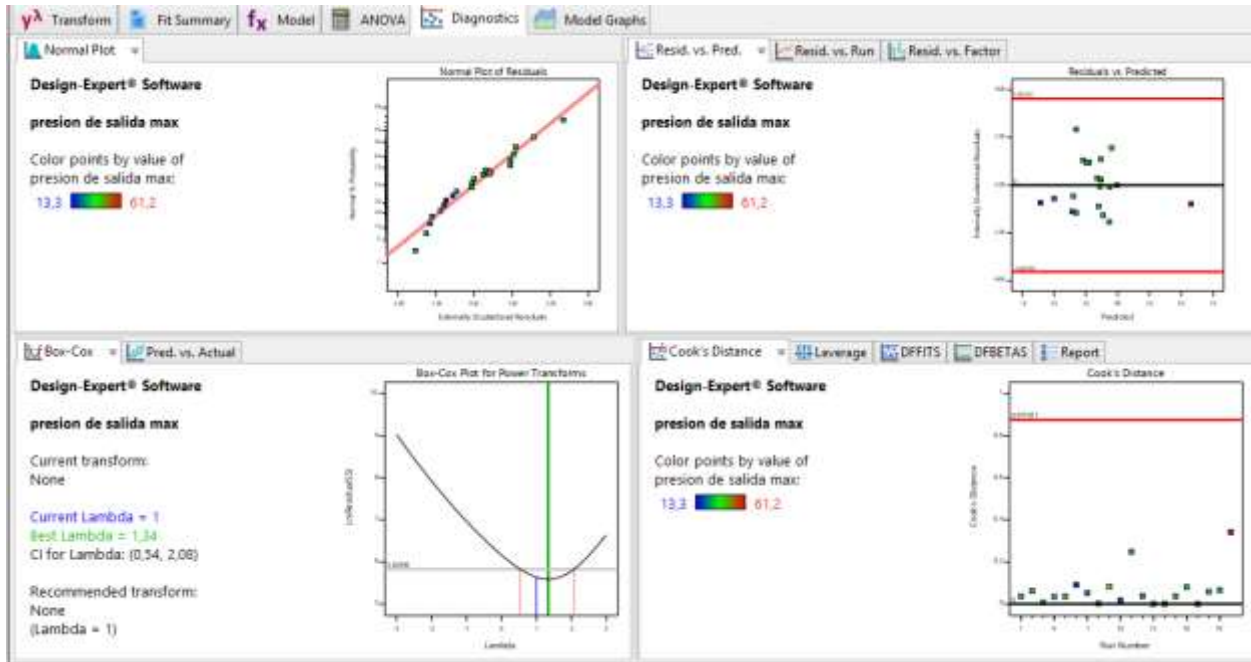
presion de salida max	=	
		+18,28745
		+5,45196 * altura de colector
		-0,132487 * coeficiente de rigidez
		+0,011920 * fuerza de compresion

The equation in terms of actual factors can be used to make predictions about the response for given levels of each factor.

Coefficients in Terms of Coded Factors

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	42,26	1	1,40	39,29	45,23	
A-altura de colector	4,44	1	0,9433	2,44	6,44	1,01
B-coeficiente de rigidez	-12,52	1	2,00	-16,77	-8,27	2,61
C-fuerza de compresion	28,87	1	3,23	22,01	35,73	2,63

The coefficient estimate represents the expected change in response per unit change in factor value when all remaining factors are held constant.

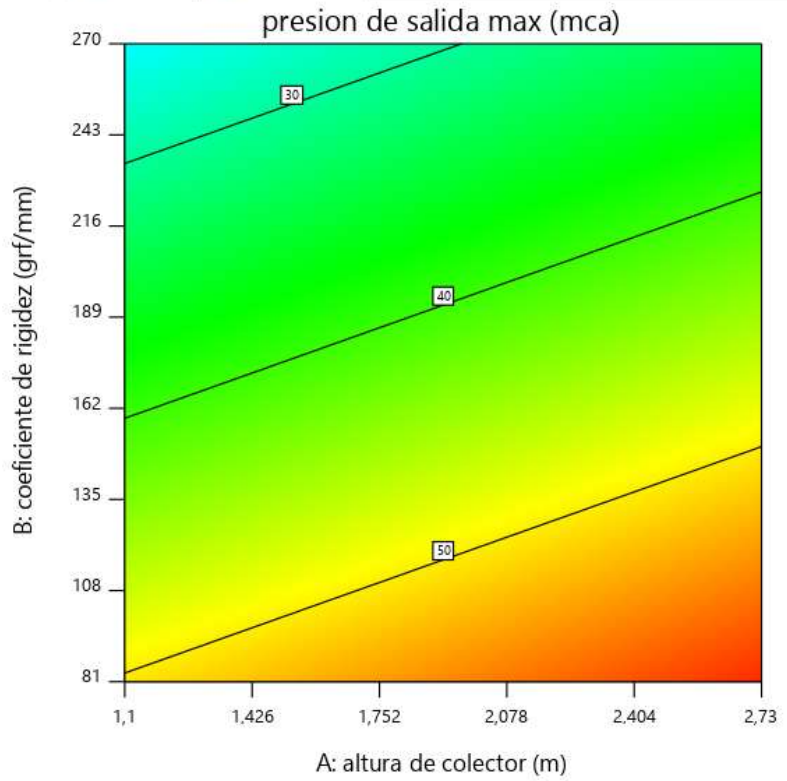


Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

presion de salida max (mca)
13,3 61,2

X1 = A: altura de colector
X2 = B: coeficiente de rigidez


Actual Factor
C: fuerza de compresion = 3086

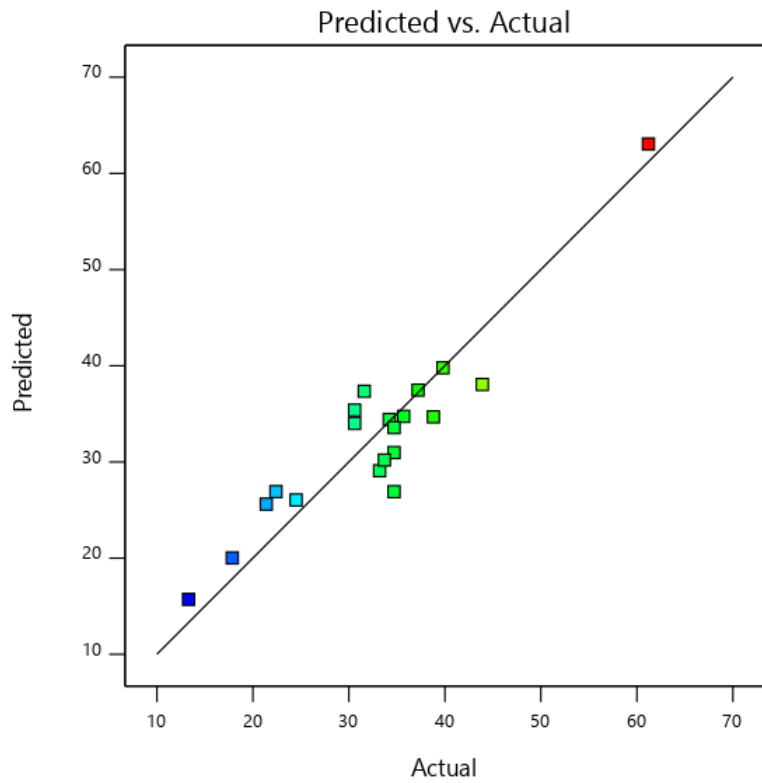


Design-Expert® Software

presion de salida max

Color points by value of presion de salida max:


13,3  61,2




Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

presion de salida max (mca)

 Design points above predicted value

 Design points below predicted value

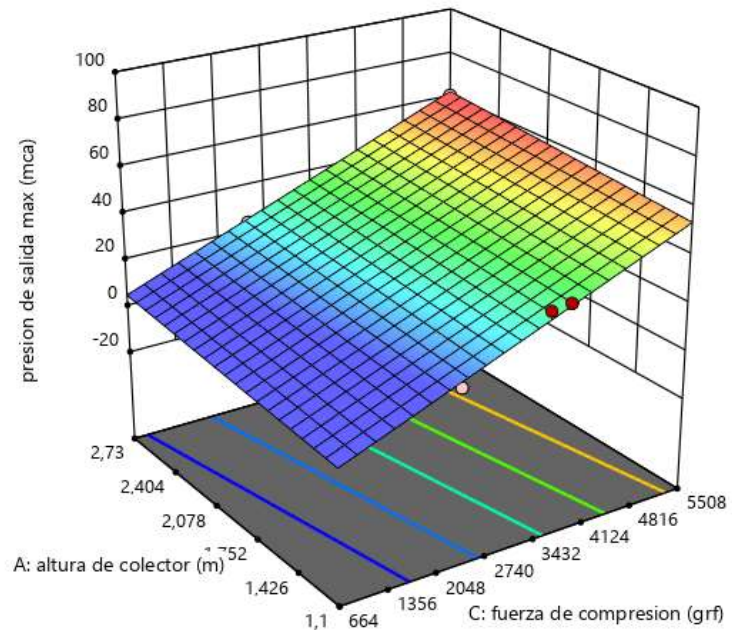
13,3  61,2

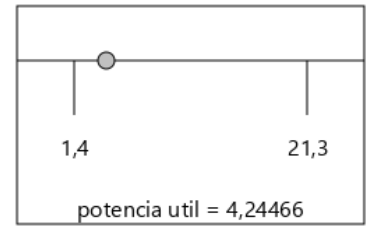
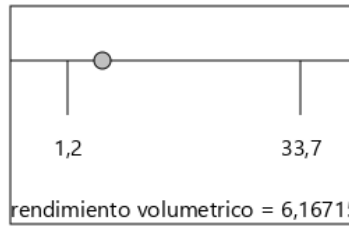
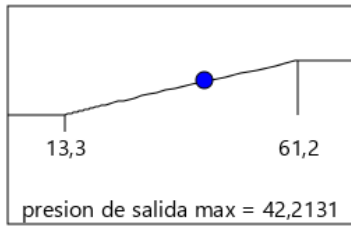
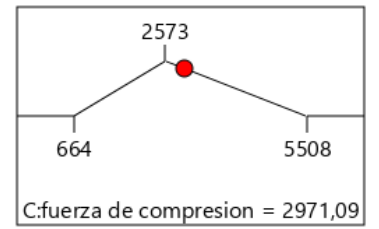
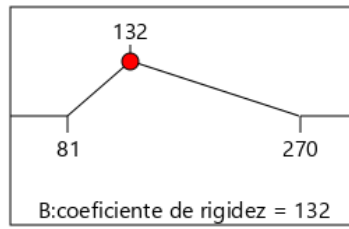
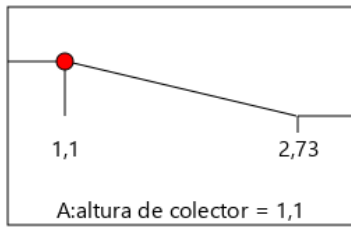
X1 = C: fuerza de compresion

X2 = A: altura de colector

Actual Factor

B: coeficiente de rigidez = 270





ANEXO B

CURVAS DE EXPERIMENTACIÓN

PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA1

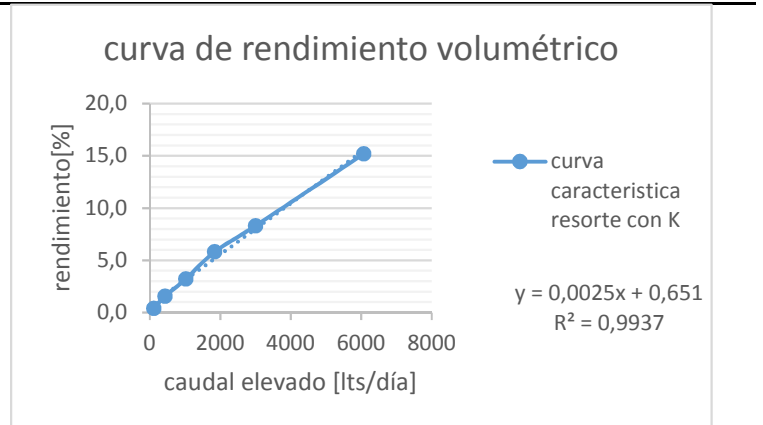
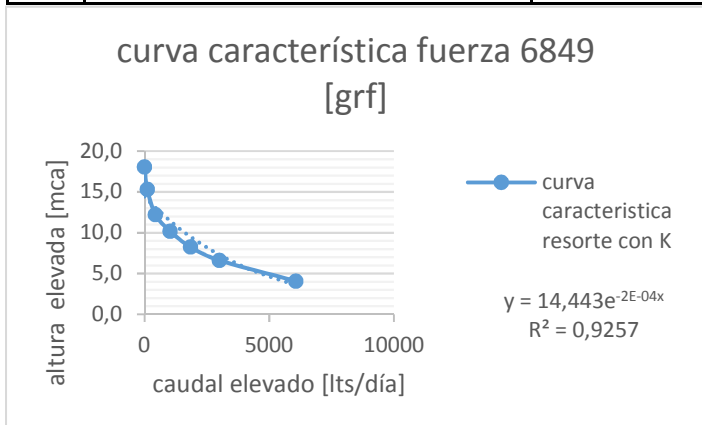
código

DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antirretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]	2	[]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[X]	10	[]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
		[X]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	
20	gomas	pza	2	1 Tuerca 6 mm				
21	ancho	mm	10					
22	desplazamiento del resorte	mm	6					
23	fuerza del resorte	grf	6849					

DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	4,7	9,51	15,46	27,88	66	247,5	0	
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	6066	2998	1844	1023	432	115	0	
4	presión de salida BA	bar	0,4	0,65	0,81	1	1,2	1,5	1,77	
5	altura elevada	mca	4,1	6,6	8,3	10,2	12,2	15,3	18,1	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	29,06	29,77	33,01	32	36,01	35,25	33,22	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/día	33894	33086	29838	30780	27352	27942	29650	
9	rendimiento Volumétrico	%	15,2	8,3	5,8	3,2	1,6	0,4	0,0	
10	potencia efectiva	Watts	2,8	2,3	1,7	1,2	0,6	0,2	0,0	
11	observaciones	no se genera golpe de ariete a un valor menor a 0,5 bar								



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA2

código

DATOS DE ENTRADA

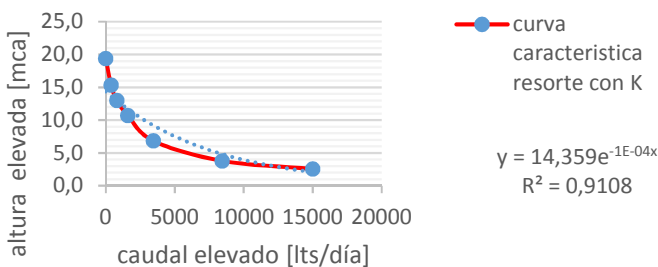
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[X]	10	[]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
	[]	[]	[]	[]	[X]	[]	[]
K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	
20 gomas	pza	2	1 tuerca de 6mm				
21 ancho	mm	10	1 tapa				
22 desplazamiento del resorte	mm	11,4					
23 fuerza del resorte	grf	1604					

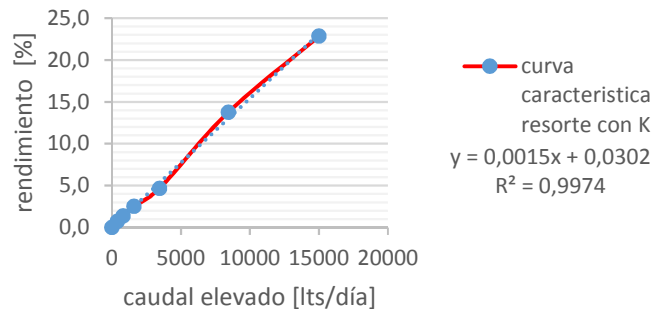
DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	1,9	3,38	8,28	17,82	35,16	71,73	0	
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	15006,32	8435,5	3443,5	1600	810,9215	397,5	0	
4	presión de salida BA	bar	0,25	0,37	0,67	1,05	1,27	1,5	1,9	
5	altura elevada	mca	2,6	3,8	6,8	10,7	13,0	15,3	19,4	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	19,44	18,66	13,98	16,08	16,98	17,94	20	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/día	50666,67	52785	70455	61254	58007,07	54903	49248	
9	rendimiento volumétrico	%	22,9	13,8	4,7	2,5	1,4	0,7	0,0	
10	potencia efectiva	Watts	4,3	3,6	2,7	1,9	1,2	0,7	0,0	
11	observaciones	0,2 bar ya genera golpe de ariete								

curva característica fuerza 1604

[grf]



curva de rendimiento volumétrico



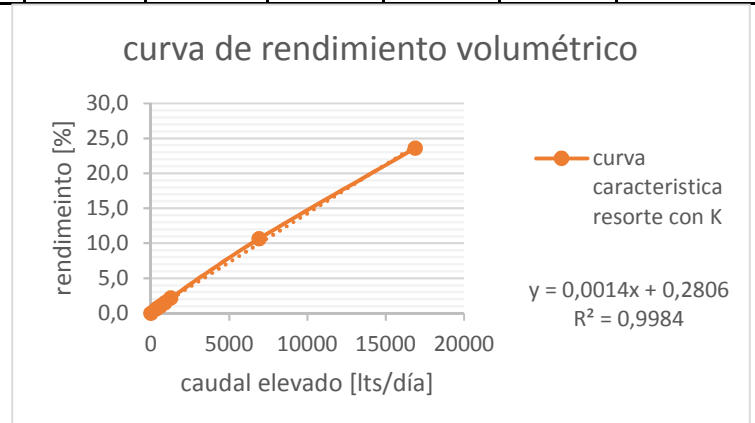
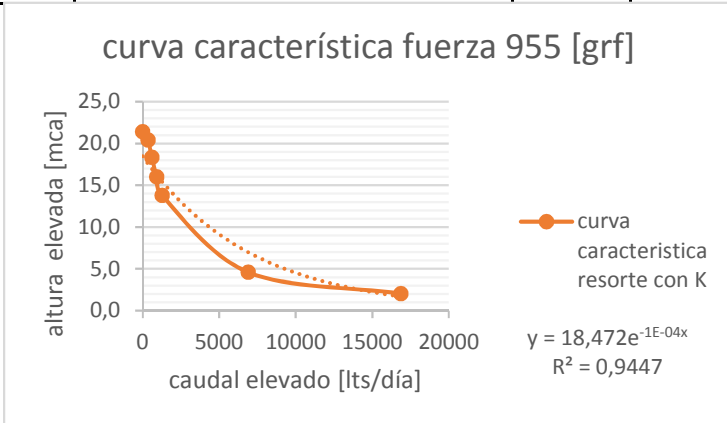
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA3

código

DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5		10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
		[]	[]	[]	[]	[]	[X]	[]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	
20	goma	pza	2	1 tuercas 6 mm				
21	ancho	mm	10	1 volanda de 1,5 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	8,9					
23	fuerza del resorte	grf	955,0					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	1,69	4,13	22,55	31,42	47,59	82,84
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	16871,01	6904	1264,39	907	599	344
4	presión de salida BA	bar	0,2	0,45	1,35	1,57	1,8	2
5	altura elevada	mca	2,0	4,6	13,8	16,0	18,4	20,4
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	18,04	17	17,55	16,42	17,14	18
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	54598,7	57938,8	56123,1	59985,4	57465,6	54720,0
9	rendimiento volumétrico	%	23,6	10,6	2,2	1,5	1,0	0,6
10	potencia efectiva	Watts	3,9	3,6	2,0	1,6	1,2	0,8
10	observaciones							



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA4

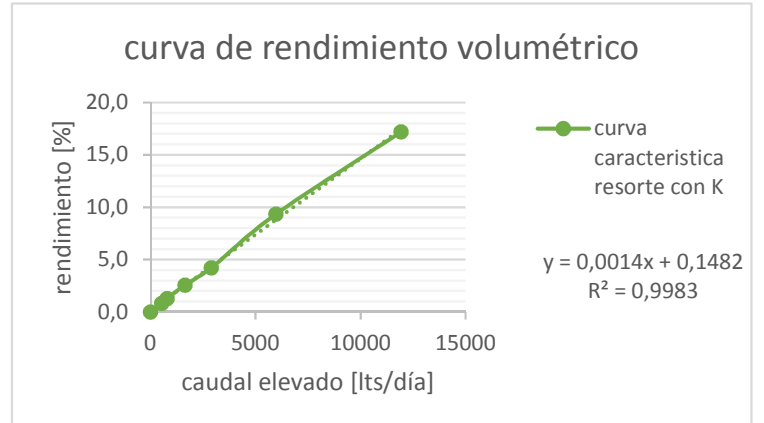
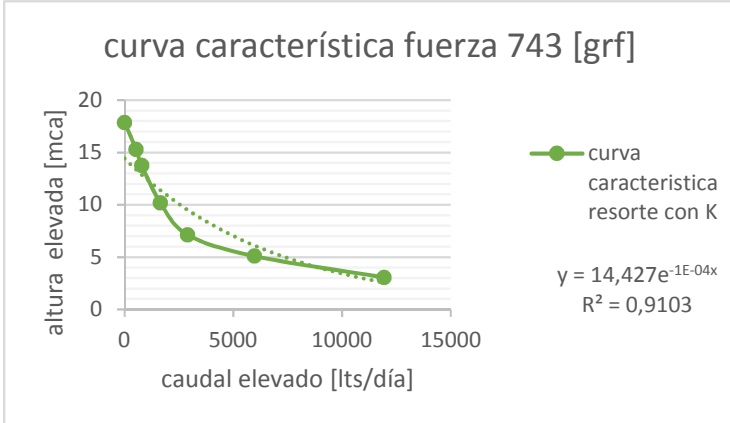
código

DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[X]	10	[]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

		rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
		[]	[]	[]	[X]	[]	[]	[]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	
20	goma	pza	2	1 tuercar de 6 mm				
21	ancho	mm	10	11,5				
22	desplazamiento del resorte	mm	7,5	18				
23	fuerza del resorte	grf	743					

DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	2,39	4,78	9,85	17,36	36,33	54,09	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	11929,71	5964,85	2894,62	1642,4	784,806	527,121	0
4	presión de salida BA	bar	0,3	0,5	0,7	1	1,35	1,5	1,75
5	altura elevada	mca	3,06	5,1	7,14	10,2	13,77	15,3	17,85
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	17,14	17	15	15,86	16,38	15,7	18,9
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	57465,58	57938,8	65664	62103,4	60131,9	62736,3	52114,29
9	rendimiento volumétrico	%	17,2	9,3	4,2	2,6	1,3	0,8	0,0
10	potencia efectiva	Watts	4,1	3,5	2,3	1,9	1,2	0,9	0,0
11	observaciones								



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA5

código

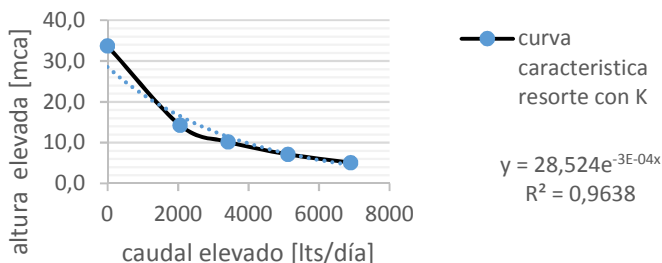
ok

DATOS DE ENTRADA

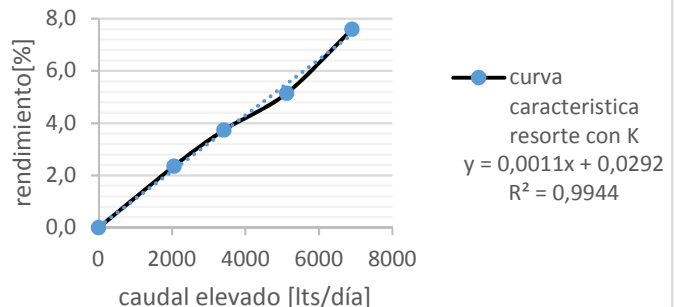
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]		[]		[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3		2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5		10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	Blanco
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	270
20	gomas	pza	2	1 tuerca 6mm				
21	ancho	mm	10					
22	desplazamiento del resorte	mm	12,95					
23	fuerza del resorte	grf	3497					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	4,26	5,74	8,6	14,28
2	volumen agua elevada	lts		0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	6896	5118	3416	2057
4	presión de salida BA	bar	0	0	0,5	0,7	1	1,4
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	5,1	7,1	10,2	14,3
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	11,74	10,44	11,2	11,56
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	0	83898	94344,8	87943	85204
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	7,6	5,1	3,7	2,4
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	4,0	4,1	4,0	3,3
11	observaciones	funciona a partir de los 0,5 bar curva muy inestable						

curva característica fuerza 3497 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA6

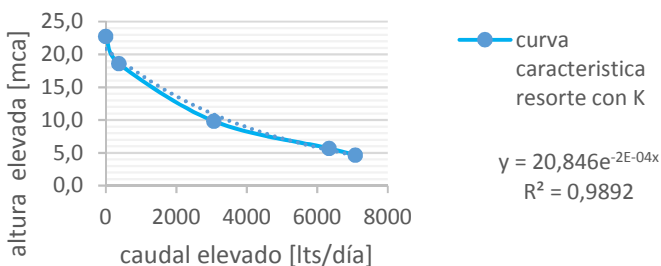
código

DATOS DE ENTRADA

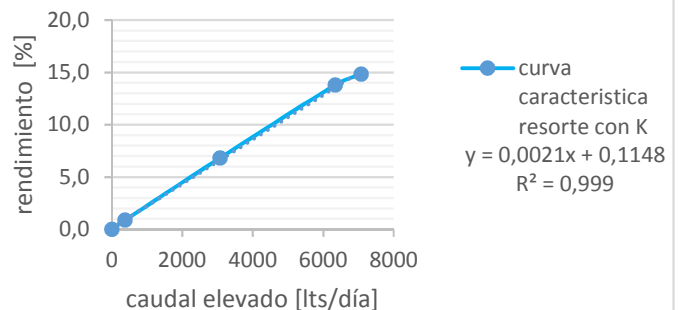
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[] 2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2-3/4 []
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2--3/4 []
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[X]	10	[]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[] 1/2--2 []
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	azul	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	104,7	
20	goma	pza	2	1 VOLANDA					
21	ancho	mm	10	1 tuerca 6 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	11,1						
23	fuerza del resorte	grf	1162						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	4,03	4,5	9,3	77	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	7074,9	6336	3065,806	370,3	0
4	presión de salida BA	bar	0	0	0,45	0,55	0,95	1,8	2,2
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	4,6	5,7	9,8	18,6	22,7
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	24,25	24,86	23,52	23,5	31,69
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	0	40617	39620,3	41877,55	41913	31081,0981
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	14,8	13,8	6,8	0,9	0,0
10	observaciones	valor menor a 0,45 bar, no hay golpe de ariete							
	2 gomas, 1 volanda, 1 tuerca, existe una pequeña variación en la curva, pero en general esta OK								

curva característica fuerza 1162
[grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA7

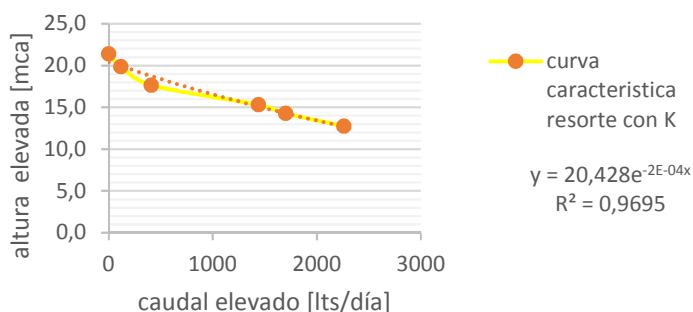
código

DATOS DE ENTRADA

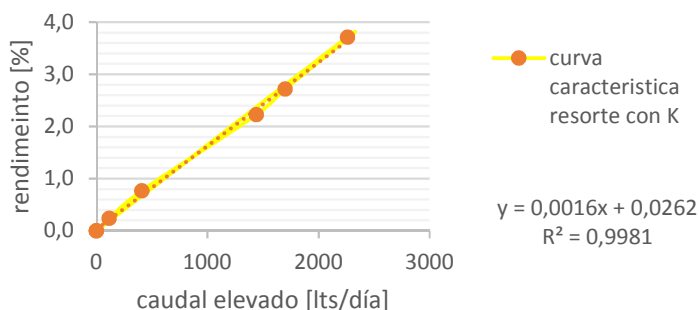
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[X]	10	[]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	celeste	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	80,94	
20	goma	pza	2	1 tuerca de 6 mm					
21	ancho	mm	10						
22	desplazamiento del resorte	mm	12,5	12,4					
23	fuerza del resorte	grf	1012						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	12,61	16,77	19,8	69,71	247,5	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	0	2261	1700,18	1440	409	115	0
4	presión de salida BA	bar	0	1,25	1,4	1,5	1,73	1,95	2,1
5	altura elevada	mca	0,0	12,8	14,3	15,3	17,6	19,9	21,4
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	16,8	16,2	15,6	18,6	20,39	21
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0,0	58629	60800	63138	52955	48306	46903
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	3,7	2,7	2,2	0,8	0,2	0,0
10	potencia efectiva	Watts	0,0	3,3	2,8	2,5	0,8	0,3	0,0
11	observaciones	se genera golpe continuo a partir de 0,5 bar							

curva característica fuerza 1012 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA8

código

DATOS DE ENTRADA

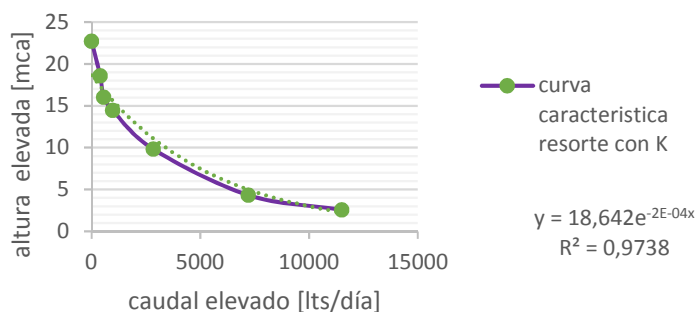
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[X]	10	[]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

		rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	guindo	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	86,9	
20	goma	pza	2	1 tapa					
21	ancho	mm	10	tuerca de 3,9 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	12,65						
23	fuerza del resorte	grf	1099						

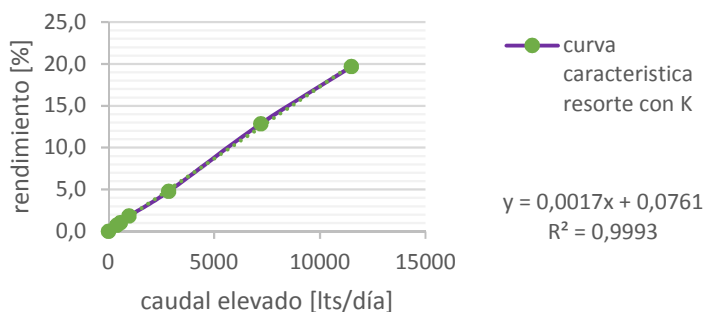
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	2,48	3,96	10,05	29,42	51,56	73,33	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	11496,77	7200	2837,01	969,137	552,987	388,82	0
4	presión de salida BA	bar	0,25	0,42	0,95	1,4	1,55	1,8	2,2
5	altura elevada	mca	2,5825	4,3386	9,8135	14,462	16,0115	18,594	22,726
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	21	20,16	17,4	19,07	18,6	18,74	19,98
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	46902,86	48857,1	56606,9	51649,7	52954,8	52559	49297,3
9	rendimiento volumétrico	%	19,7	12,8	4,8	1,8	1,0	0,7	0,0
10	potencia efectiva	Watts	3,4	3,5	3,2	1,6	1,0	0,8	0,0

10 observaciones

curva característica fuerza 1099 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA9

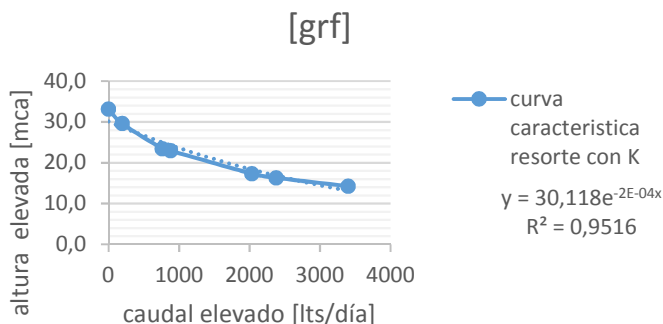
código

DATOS DE ENTRADA

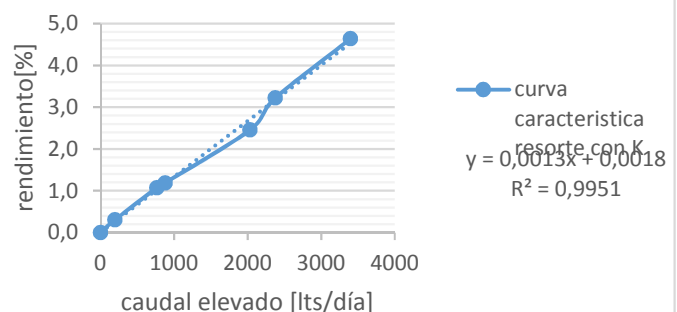
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]	2	[]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	guind
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	86,9
20	gomas	pza	2	1 tapa				
21	ancho	mm	10	1 tuerca 2 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	18,25	1 tuerca de 4 mm				
23	fuerza del resorte	grf	1586					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenada agua elevada	seg	8,39	12	14,04	32,45	37,35	145,6
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	3398	2376	2031	879	763	196
4	presión de salida BA	bar	1,4	1,6	1,7	2,25	2,3	2,9
5	altura elevada	mca	14,3	16,3	17,3	23,0	23,5	29,6
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	14,1	13,8	12,21	13,51	13,97	15,39
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	69855	71374	80668	72906	70505	64000
9	rendimiento volumétrico	%	4,6	3,2	2,5	1,2	1,1	0,3
10	potencia efectiva	Watts	5,5	4,4	4,0	2,3	2,0	0,7
11	observaciones						

curva característica fuerza 1586



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA10

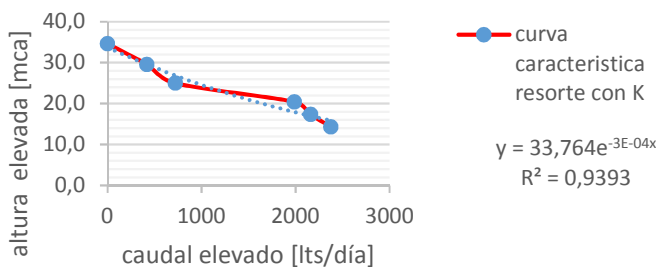
código

DATOS DE ENTRADA

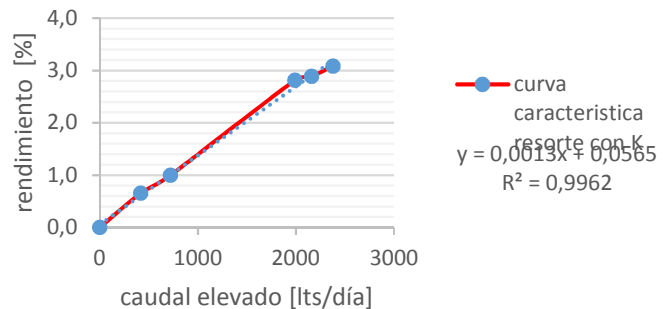
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]		[]		[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[] 2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2-3/4 []
12	botella plástico	lts	3		2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2--3/4 []
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[] 1/2--2 []
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	blanco	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	270	
20	gomas	pza	2	1 volanda de 1,5 mm					
21	ancho	mm	10	1 tuerca de 4 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	12,8	1 tapa					
23	fuerza del resorte	grf	3456						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	12	13,2	14,34	39,6	68,27	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	0	2376	2160	1988	720	417,6	0
4	presión de salida BA	bar	0	1,4	1,7	2	2,45	2,9	3,4
5	altura elevada	mca	0,0	14,3	17,3	20,4	25,0	29,6	34,7
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	13,2	13,56	14,33	13,8	15,6	16,2
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	74618	72637	68734	71373,91	63138	60800
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	3,1	2,9	2,8	1,0	0,7	0,0
10	potencia efectiva	Watts	0,0	3,8	4,2	4,6	2,0	1,4	0,0
11	observaciones							

curva característica fuerza 3456
[grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA11

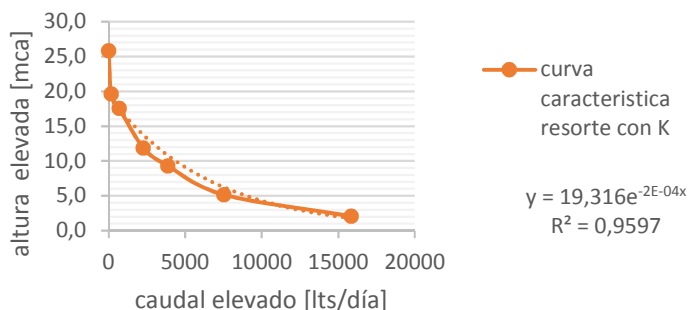
código

DATOS DE ENTRADA

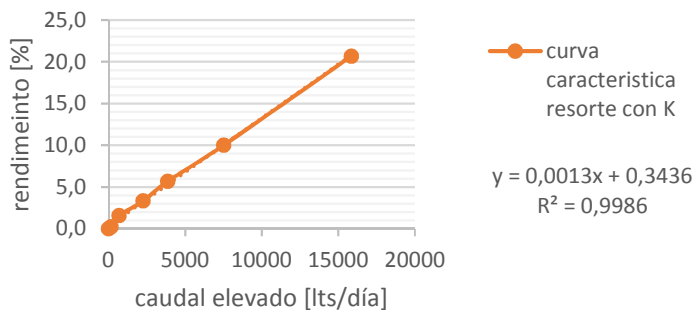
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	blanco
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	270
20	goma	pza	2		1 volanda 1,35 mm			
21	ancho	mm	10		1 volanda 1,48 mm			
22	desplazamiento del resorte	mm	11,025		1 tapa			
23	fuerza del resorte	grf	2977					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	1,8	3,79	7,38	12,61	41,42	180
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	15840	7523	3863,41	2261	688	158
4	presión de salida BA	bar	0,2	0,5	0,9	1,15	1,7	1,9
5	altura elevada	mca	2,1	5,2	9,3	11,9	17,6	19,6
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	16,2	14,58	15,36	15	22,9	15
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	60800,0	67555,6	64125,0	65664,0	43011,4	65664,0
9	rendimiento volumétrico	%	20,7	10,0	5,7	3,3	1,6	0,2
10	potencia efectiva	Watts	3,7	4,4	4,1	3,0	1,4	0,4
11	observaciones							

curva característica fuerza 2977 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA12

código

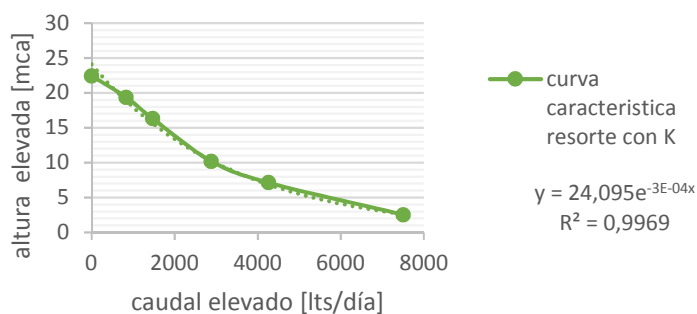
PRUEBAS REALIZADAS EN LA COMUNIDAD DE CHUCHICO -APOLO

DATOS DE ENTRADA

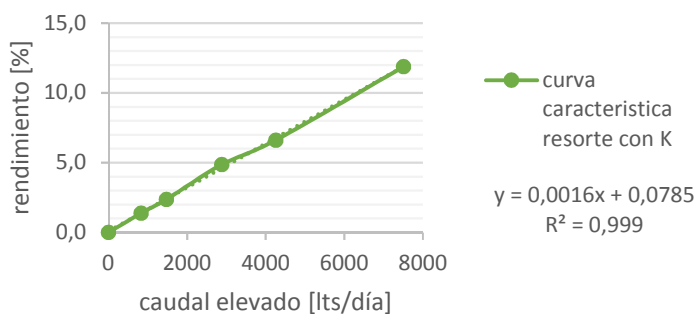
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

		rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	guindo
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	123,1
20	goma	pza	3	1 tapa 1,2 mm				
21	ancho	mm	10	1 volanda 1,2 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	12,9	12				
23	fuerza del resorte	grf	1588					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	3,8	6,7	9,9	19,4	34,4
2	volumen agua elevada	lts	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	0	7503,16	4255,52	2880	1469,69	828,84
4	presión de salida BA	bar	0	0,25	0,7	1	1,6	1,9
5	altura elevada	mca	0	2,55	7,14	10,2	16,32	19,38
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	17,7	16,4	17,5	16,3	16,7
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	55647,5	60058,5	56283,4	60427	58980
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	11,9	6,6	4,9	2,4	1,4
10	potencia efectiva	Watts	0,0	2,2	3,4	3,3	2,7	1,8
11	observaciones	no se genera golpe de ariete a un valor menor a 0,5 bar						

curva característica fuerza 1588 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA13

código

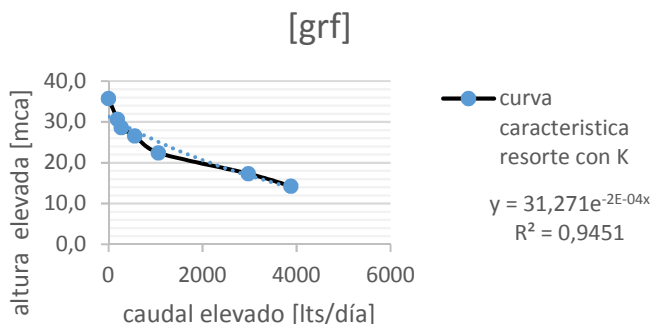
RESORTE UTILIZADO EN CHUCHICO

DATOS DE ENTRADA

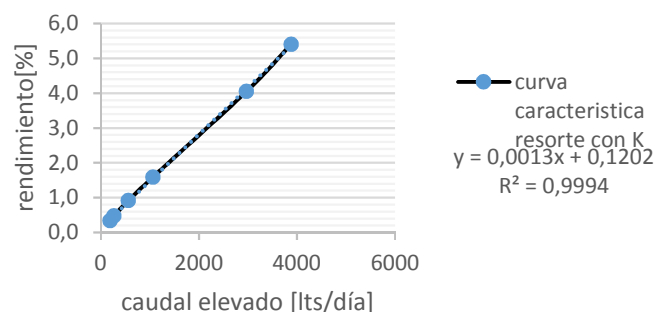
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	guind
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	86,9
20	gomas	pza	3		1 tuerca de 6 mm			
21	ancho	mm	10		1 tuerca de 4 mm			
22	desplazamiento del resorte	mm	18,8		1 volanda de 2,4 mm			
23	fuerza del resorte	grf	1634					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	254	9,6	26,8	50,98	106	150
2	volumen agua elevada	lts	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts	3878	2970	1064	559	269	190
4	presión de salida BA	lts	1,4	1,7	2,2	2,6	2,8	3
5	altura elevada	lts	14,3	17,3	22,4	26,5	28,6	30,6
6	tiempo llenado agua desperdiciada	lts	14,5	14	15	16,3	17,5	17,5
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts	67928	70354	65664	60427	56283	56283
9	rendimiento volumétrico	lts	5,4	4,1	1,6	0,9	0,5	0,3
10	potencia efectiva	Watts	6,3	5,8	2,7	1,7	0,9	0,7
11	observaciones	, inestable, no sale agua por la tubería de alivio de 1" en la medida 1,4 bar						

curva característica fuerza 1634



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA14

código BOMBA DE ARIETE UTILIZADA EN ANANTA

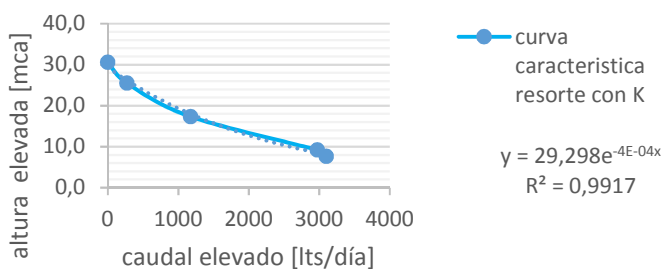
DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

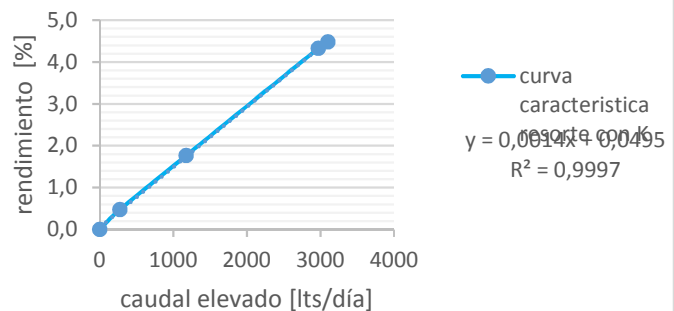
19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	
		[]	[]	[X]	[]	[]	[]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	
20	goma	pza	3	tuerca 6mm		volanda 1,4mm		
21	ancho	mm	10			tapa 1,4mm		
22	desplazamiento del resorte	mm	20,8					
23	fuerza del resorte	grf	1169					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	9,2	9,6	24,3	105
2	volumen agua elevada	lts	11,4	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	3099,1	2970	1173,333	271,5
4	presión de salida BA	bar	0	0	0,75	0,9	1,7	2,5
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	7,7	9,2	17,3	25,5
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	14,9	15	15,1	17,2
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	66105	65664	65229,14	57265
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	4,5	4,3	1,8	0,5
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	2,7	3,1	2,3	0,8
10	observaciones							

curva característica fuerza 1169

[grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA15

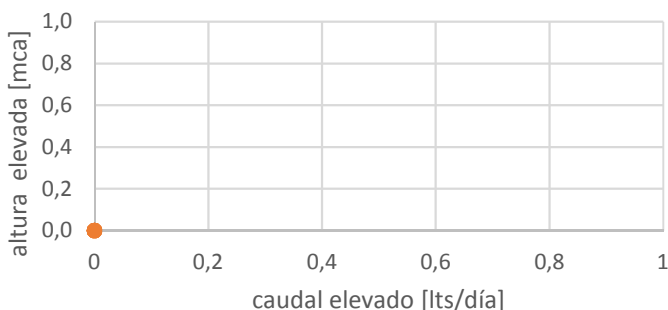
código

DATOS DE ENTRADA

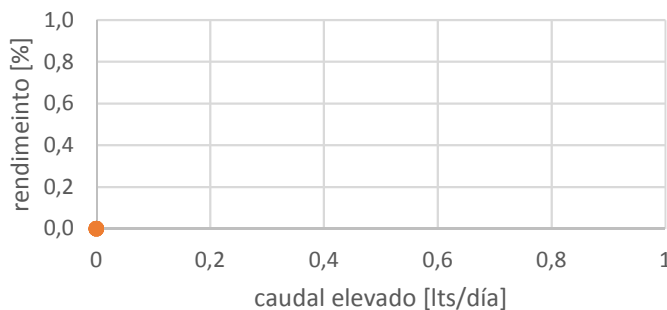
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	blanco	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	270	
20	goma	pza	2	1 volanda 1,4 mm					
21	ancho	mm	10						
22	desplazamiento del resorte	mm	18,5						
23	fuerza del resorte	grf	4995						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	0	0	0	
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	0	0	0	0	
4	presión de salida BA	bar	0	0	0	0	0	0	
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	0	0	0	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/día	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	observaciones							
	NO HAY GOLPE..... AUNQUE SUBAMOS LA presión, MUCHA FUERZA DEL RESORTE								

curva característica fuerza 4995 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA16

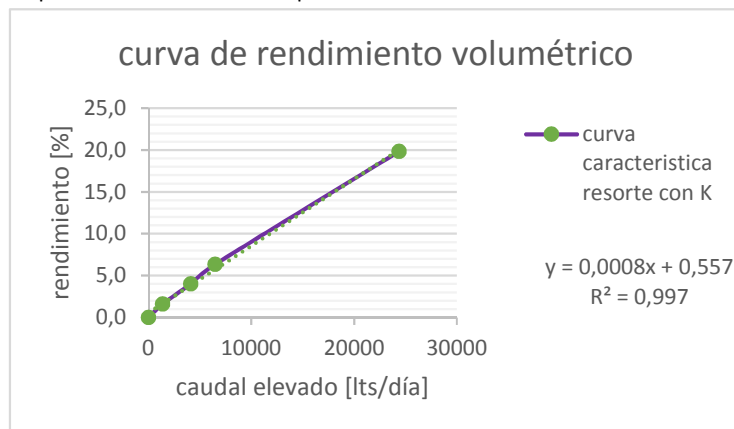
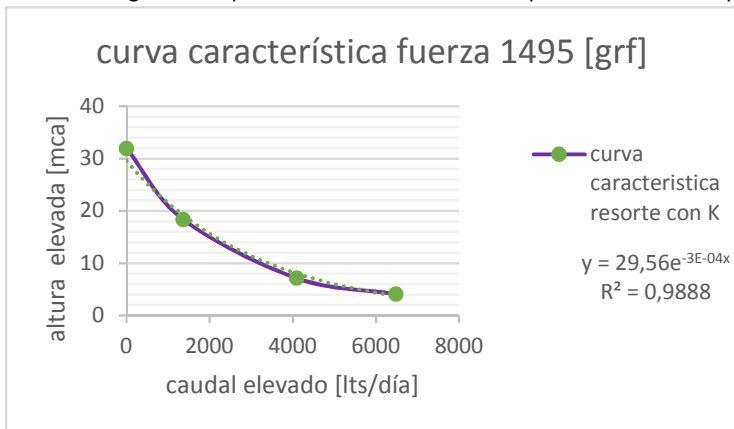
código

DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

		roio	verde	celeste	celeste	azul	celeste	guindo
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	86,9
20	goma	pza	2	tuerca 6mm				
21	ancho	mm	10	1 tuerca de 4 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	17,2	1 volanda de 1,35 n				
23	fuerza del resorte	grf	1495					

DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	1,17	4,4	6,97	20,93	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	24369,2	6480	4090,67	1362,3	0
4	presión de salida BA	bar	0	0	0,1	0,4	0,7	1,8	3,13
5	altura elevada	mca	0	0	1,02	4,08	7,14	18,36	31,926
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	10	10,3	10,07	11,7	13,54
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	0	98496	95627,2	97811,3	84185	72744,46
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	19,8	6,3	4,0	1,6	0,0
10	observaciones	El resorte tiene una longitud de 34 mm, se recomienda que la protección de derrame de agua tiene que rozar minimamente con el perno autocebante para que la toma de medida de presión sea estable							



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA17

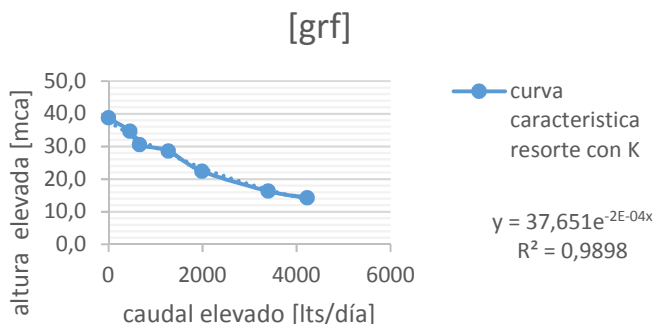
código

DATOS DE ENTRADA

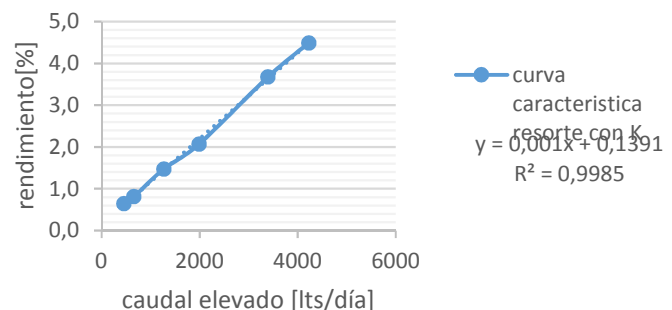
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	celest	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	80,94	
20	gomas	pza	3	1 tapa 1,2 mm					
21	ancho	mm	10	tuerca 3,9 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	21,9						
23	fuerza del resorte	grf	1773						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenada agua elevada	seg	6,75	8,4	14,35	22,47	43,37	62,9	
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	4224	3394	1987	1269	657	453	
4	presión de salida BA	bar	1,4	1,6	2,2	2,8	3	3,4	
5	altura elevada	mca	14,3	16,3	22,4	28,6	30,6	34,7	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	10,96	11,08	10,46	11,6	12,28	14,1	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/día	89869	88895	94164	84910	80208	69855	
9	rendimiento volumétrico	%	4,5	3,7	2,1	1,5	0,8	0,6	
10	potencia efectiva	Watts	6,8	6,3	5,1	4,1	2,3	1,8	
	observaciones	valores menores a 1,6 bar no hay golpe de ariete							

curva característica fuerza 1773



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA18

código

ok bien realizado

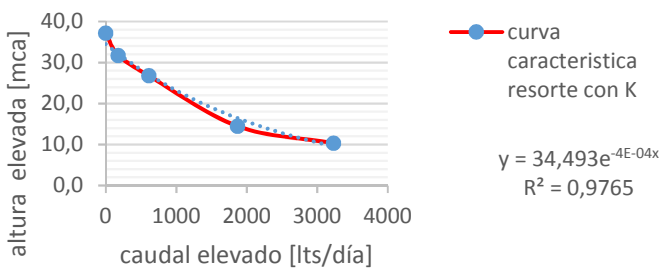
DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

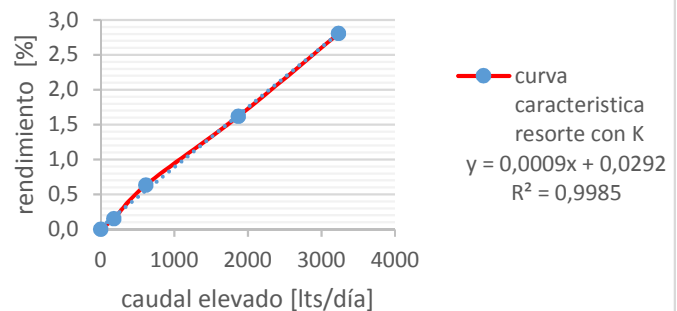
	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	azul		
19	resorte	[]	[]	[]	[]	[]	[X]		
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3		
20	gomas	pza	3	1 tuerca de 6 mr diametro				altura	
21	ancho	mm	10					23,2 26 cm	
22	desplazamiento del resorte	mm	19,45						
23	fuerza del resorte	grf	2573						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	9,09	15,71	48	164,6	0
2	volumen agua elevada	lts	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	3231,7	1870	612	178,5	0
4	presión de salida BA	bar	0	0	1	1,4	2,59	3,07	3,6
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	10,3	14,5	26,8	31,7	37,2
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	8,49	8,37	9,93	8,16	8,7
7	volumen agua desperdiciada	lts	11	11	11	11	11	11	11
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	111943	1E+05	95709,97	1E+05	109241,379
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	2,8	1,6	0,6	0,2	0,0
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	3,8	3,1	1,9	0,6	0,0

la rosca del perno autocebante influye en el funcionamiento cuando es menor a 0,5 bar

curva característica fuerza 2573 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA19

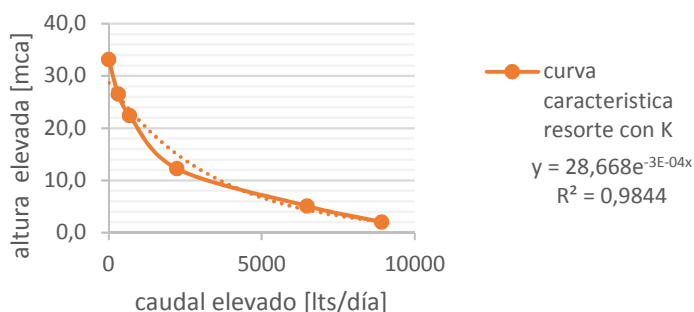
código

DATOS DE ENTRADA

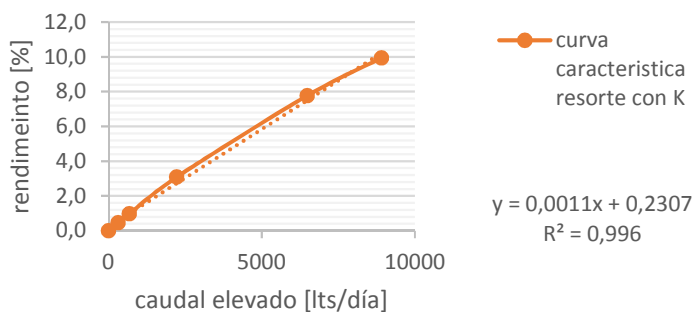
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	celeste	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	104,69	
20	goma	pza	3	1 tapa 1,2 mm					
21	ancho	mm	10	1 volanda 1,5 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	15	14,7					
23	fuerza del resorte	grf	1570						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	3,2	4,4	12,8	42,1	92,6	
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	0	8910	6480	2228	677	308	
4	presión de salida BA	bar	0	0,2	0,5	1,2	2,2	2,6	
5	altura elevada	mca	0,0	2,0	5,1	12,2	22,4	26,5	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	12,2	12,8	14,1	14,4	15	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/día	0,0	80734,4	76950,0	69855,3	68400,0	65664,0	
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	9,9	7,8	3,1	1,0	0,5	
10	observaciones							

curva característica fuerza 1570 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA20

código

ok correctamente realizado

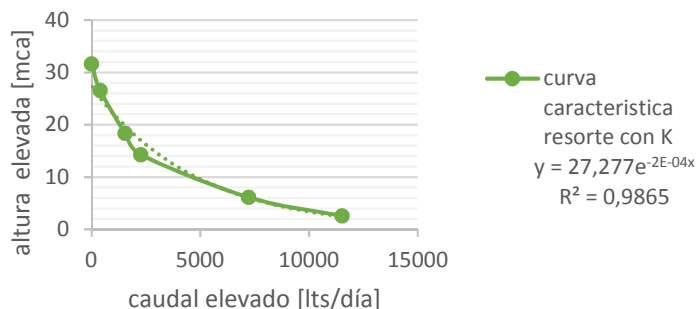
DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]		[]		[]
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[]	1	[]	3/4 -	[]

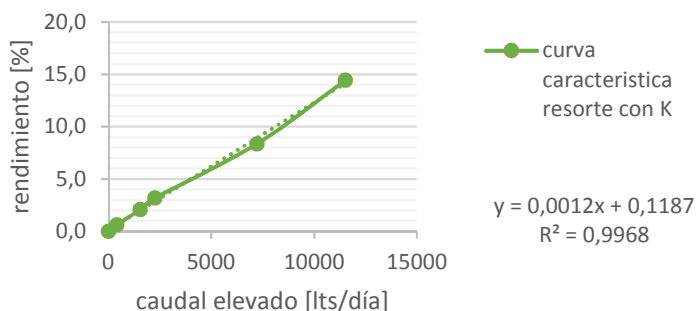
		rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
		[]	[]	[]	[X]	[]	[]	[]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	
20	gomas	pza	3	1 volanda de 1,4 mm				
21	ancho	mm	10	1 volanda de 1,6 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	15	1 tapa				
23	fuerza del resorte	grf	1485					

	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	2,55	4,07	12,99	19,06	74,1	0
2	volumen agua elevada	lts	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
3	caudal elevado BA	lts/día	0	11520	7217,69	2261,43	1541,24	396,44	0
4	presión de salida BA	bar	0	0,25	0,6	1,4	1,8	2,6	3,1
5	altura elevada	mca	0	2,55	6,12	14,28	18,36	26,52	31,62
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	13,91	12,01	13,8	13,03	14,91	16,33
7	volumen agua desperdiciada	lts	11	11	11	11	11	11	11
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	68324,9	79134,1	68869,6	72939,4	63742	58199,63
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	14,4	8,4	3,2	2,1	0,6	0,0
10	potencia efectiva	Watts	0,0	3,3	5,0	3,7	3,2	1,2	0,0
la disponibilidad de agua resulta ser un factor fundamental para conseguir mas presión, el tanque de reciclaje debe es									

curva característica fuerza 1485 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA21

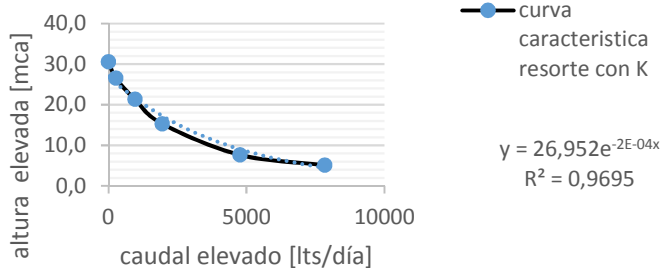
código

DATOS DE ENTRADA

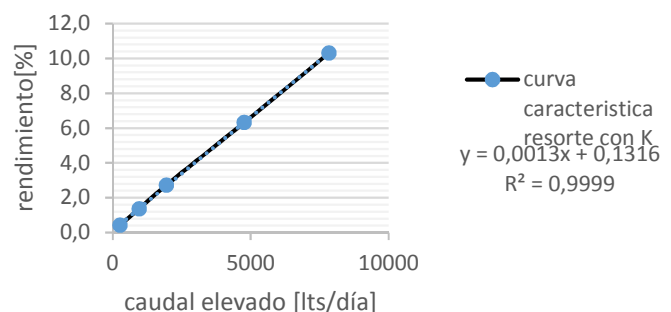
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	roio	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro	
		[]	[]	[]	[]	[]	[X]	[]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3		
20	gomas	pza	3		1 volanda de 1,4 mm				
21	ancho	mm	10		1 volanda de 1,6 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	15,2		1 tapa	cambiar a volumen de baldy			
23	fuerza del resorte	grf	1631						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenada agua elevada	seg	0	3,75	6,17	15,14	30,72	110,9	0
2	volumen agua elevada	lts	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
3	caudal elevado BA	lts/día	0	7834	4761	1940	956	265	0
4	presión de salida BA	bar	0	0,5	0,75	1,5	2,09	2,6	3
5	altura elevada	mca	0,0	5,1	7,7	15,3	21,3	26,5	30,6
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	14,45	13,95	14,24	14,28	16	16,64
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	68163	70606	69169	68975	61560	59192
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	10,3	6,3	2,7	1,4	0,4	0,0
10	potencia efectiva	Watts	0,0	4,5	4,1	3,4	2,3	0,8	0,0
11	observaciones								

curva característica fuerza 1631 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



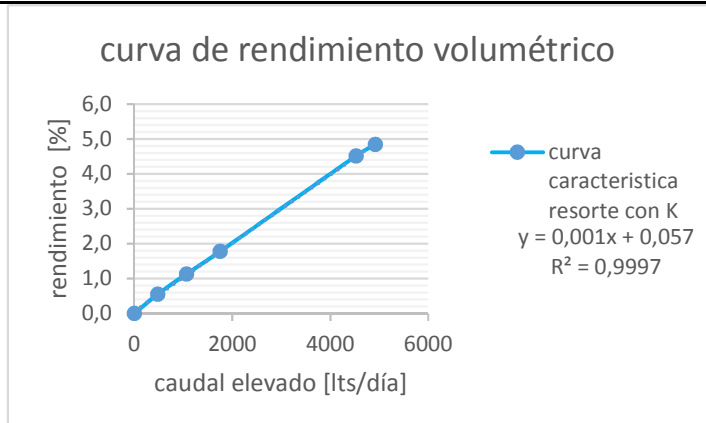
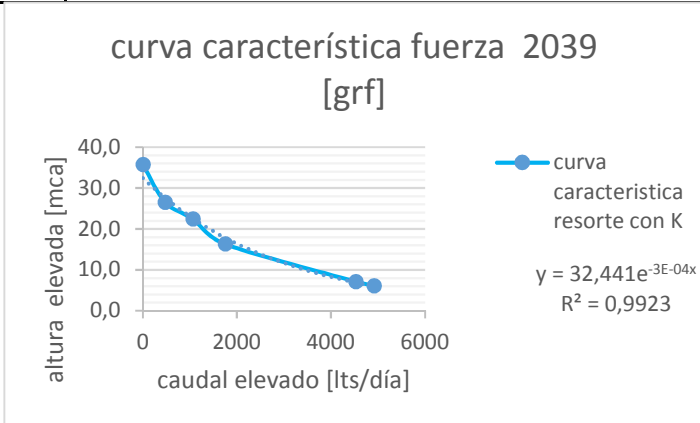
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA22

código

DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]		[]		[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]		[]		[]
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[] 2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2-3/4 []
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2--3/4 []
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[] 1/2--2 []
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro		
	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	[]		
K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3			
20 tuercas	pza	3	1 tapa 1,2 mm						
21 ancho	mm	10	1 tuerca 6 mm						
22 desplazamiento del resorte	mm	19	20,5						
23 fuerza del resorte	grf	2039							
DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	5,8	6,3	16,3	26,8	60	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	0	4915,9	4525,7	1749	1063,881	475,2	0
4	presión de salida BA	bar	0	0,6	0,7	1,6	2,2	2,6	3,5
5	altura elevada	mca	0,0	6,1	7,1	16,3	22,4	26,5	35,7
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	10,2	10,3	10,2	10,6	11,5	12,6
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	96565	95627	96565	92920,75	85649	78171,4286
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	4,8	4,5	1,8	1,1	0,6	0,0
10	observaciones	longitud del resorte 29 mm, el golpe de ariete es de 0,5 bar, pero es muy difícil de medir y para 0,7 bar se tiene un caudal 4700 lts/día							



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA23

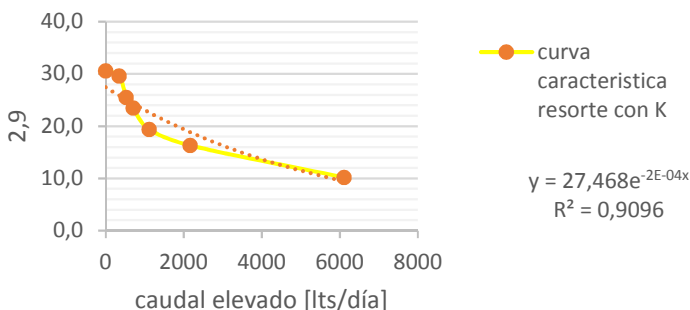
código

DATOS DE ENTRADA

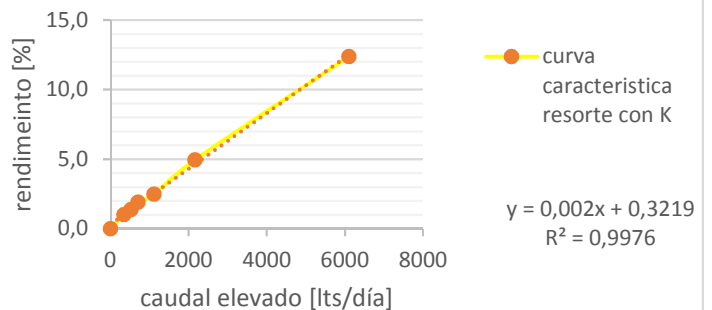
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	roio	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro	
		[]	[]	[]	[]	[X]	[]	[]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3		
20	goma	pza	3	1 tapa 1,2 mm					
21	ancho	mm	10	volanda 1,55 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	14,5						
23	fuerza del resorte	grf	2040						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	4,67	13,2	25,6	40,66	54,2	82,3	
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	6105,353	2160	1113,75	701	526	346	
4	presión de salida BA	bar	1	1,6	1,9	2,3	2,5	2,9	
5	altura elevada	mca	10,2	16,3	19,4	23,5	25,5	29,6	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	22,81	23,71	22,51	27,5	26,13	28,9	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/día	43181,1	41542,0	43756,6	35816,7	37694,6	34081,7	
9	rendimiento volumétrico	%	12,4	4,9	2,5	1,9	1,4	1,0	
10	potencia efectiva	Watts	7,1	4,0	2,4	1,9	1,5	1,2	
	observaciones	valores menores a 0,8 bar no hay golpe de ariete							

curva característica fuerza 2040 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA24

código ok. Prueba correctamente realizada

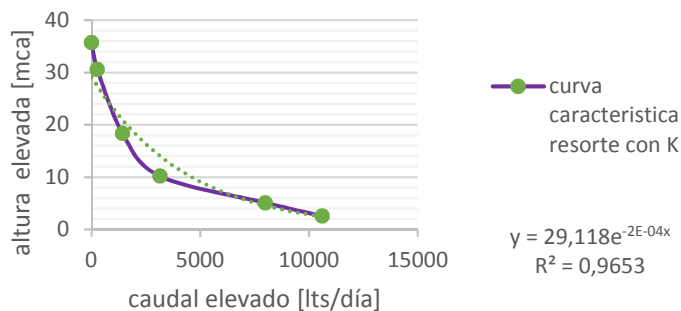
DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts			2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

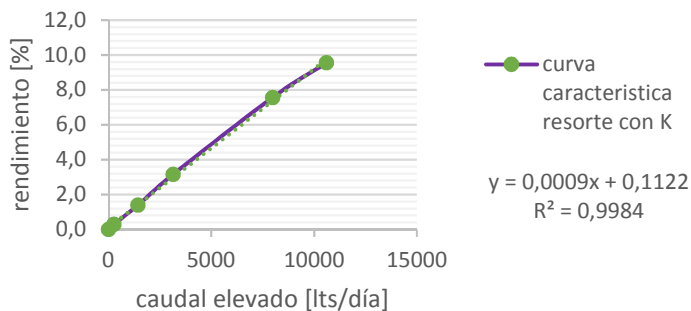
		rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
		[]	[]	[]	[]	[X]	[]	[]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	
20	tuercas	pza	3	1 tuerca 6 mm				
21	ancho	mm	10	cambiar valor de baldi				
22	desplazamiento del resorte	mm	17,35					
23	fuerza del resorte	grf	2441					

	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	2,77	3,68	9,37	20,64	110,95	0
2	volumen agua elevada	lts	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
3	caudal elevado BA	lts/día	0	10605,1	7982,61	3135,11	1423,26	264,77	0
4	presión de salida BA	bar	0	0,25	0,5	1	1,8	3	3,5
5	altura elevada	mca	0	2,55	5,1	10,2	18,36	30,6	35,7
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	9,47	9,75	9,86	9,44	10,61	10,96
7	volumen agua desperdiciada	lts	11	11	11	11	11	11	11
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	100359	97476,9	96389,5	100678	89576	86715,33
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	9,6	7,6	3,2	1,4	0,3	0,0
10	observaciones								

curva característica fuerza 2441 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA25

código

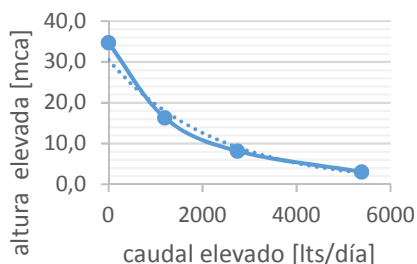
DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]	4,35	[]	4,35	[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antirretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	blanco
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	270
20	gomas	pza	2	tuerca 6mm				
21	ancho	mm	10	tapa de 1,2 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	14	14,6				
23	fuerza del resorte	grf	3780					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	5,3	10,4	23,8
2	volumen agua elevada	lts	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	0	5380	2742	1198
4	presión de salida BA	bar	0	0	0	0,3	0,8	1,6
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	0,0	3,1	8,2	16,3
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	10,7	10,5	10,4
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	0	0	92052	93806	94708
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	0,0	5,5	2,8	1,2
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	0,0	1,9	2,5	2,2
11	la prueba con una volanda adicional no se pudo realizar la prueba por falta de Agua, la presión máxima que llego es 3,4 bar							

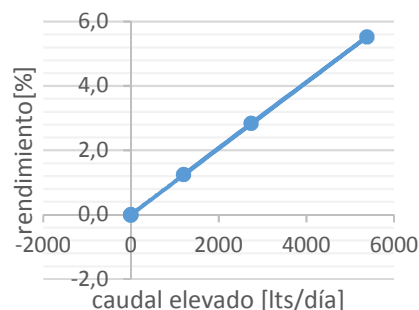
curva característica fuerza 3780

[grf]



—●— curva característica resorte con K
 $y = 30,513e^{-4E-04x}$
 $R^2 = 0,9865$

curva de rendimiento volumétrico



—●— curva característica resorte con K
 $y = 0,001x + 0,006$
 $R^2 = 1$

PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA26

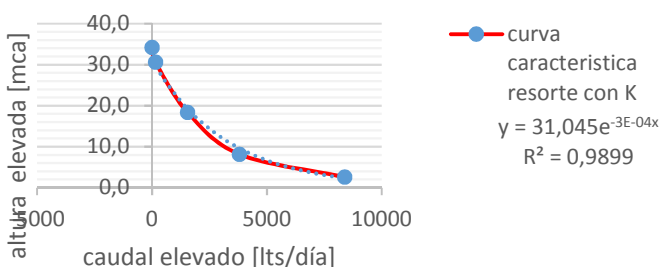
código

DATOS DE ENTRADA

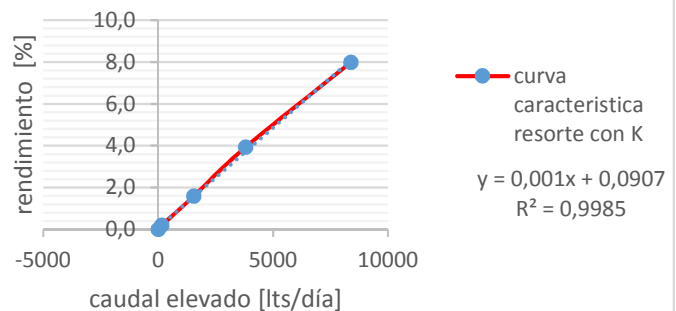
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

		rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	guindo verde	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	634	6,7	40,13	84,87	131,2	75,25	123,2	
20	gomas	pza	3	1 TAPA 1,2 MM					
21	ancho	mm	10	1 TUERCA 6MM					
22	desplazamiento del resorte	mm	18	17,4					
23	fuerza del resorte	grf	2217						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	3,4	7,5	18,4	180	
2	volumen agua elevada	lts	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	8385,9	3802	1549,565	158,4	
4	presión de salida BA	bar	0	0	0,25	0,8	1,8	3	
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	2,6	8,2	18,4	30,6	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	10,2	10,6	10,3	12,1	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	96565	92921	95627,18	81402	
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	8,0	3,9	1,6	0,2	
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	2,4	3,5	3,2	0,5	
	observaciones	longitud resorte 29,5 mm							

curva característica fuerza 2217
[grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 27

código

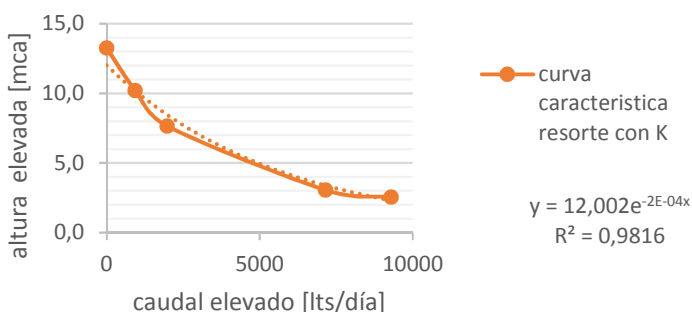
ok

DATOS DE ENTRADA

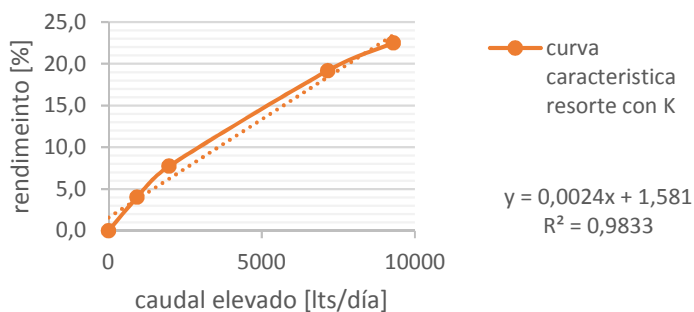
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m	4,35	[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	blanco
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	270
20	gomas	pza	1	1 tuerca de 6 mm				
21	ancho	mm	10	1 tuerca de 3,9 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	8,45	1 tapa				
23	fuerza del resorte	grf	2282					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	3,16	4,11	14,86	31,5
2	volumen agua elevada	lts	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	9296,2	7147	1977	933
4	presión de salida BA	bar	0	0	0,25	0,3	0,75	1
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	2,6	3,1	7,7	10,2
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	30,77	32,69	41,78	44,17
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/día	0,0	0,0	32010,4	30130,3	23574,9	22299,3
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	22,5	19,2	7,7	4,0
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	2,7	2,5	1,7	1,1
	observaciones							

curva característica fuerza 2282 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



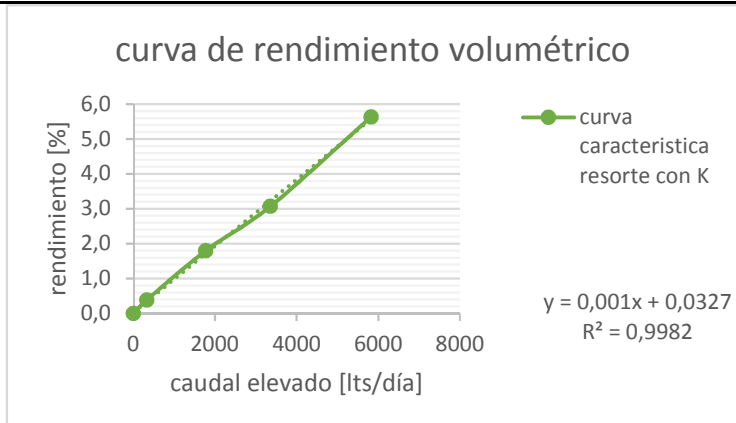
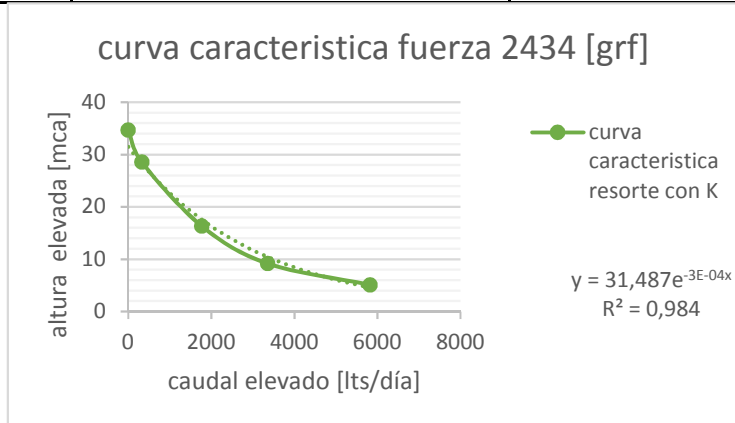
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA28

código

DATOS DE ENTRADA

		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	díámetro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
ítem	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

		rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro	
		[]	[]	[]	[]	[X]	[]	[]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	270	
20	gomas	pza	3	1 tapa 1,2 mm					
21	ancho	mm	10	tuerca 4mm peque					
22	desplazamiento del resorte	mm	17,3	17					
23	fuerza del resorte	grf	2434						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	4,9	8,5	16,1	87,6	
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	5818,78	3354,35	1770,93	325,48	
4	presión de salida BA	bar	0	0	0,5	0,9	1,6	2,8	
5	altura elevada	mca	0	0	5,1	9,18	16,32	28,56	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	10,1	9,3	10,2	11,7	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	0	97520,8	105910	96564,7	84185	
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	5,6	3,1	1,8	0,4	
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	3,4	3,5	3,3	1,1	
	observaciones	longitud resorte 30,7 mm							



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 1BA29

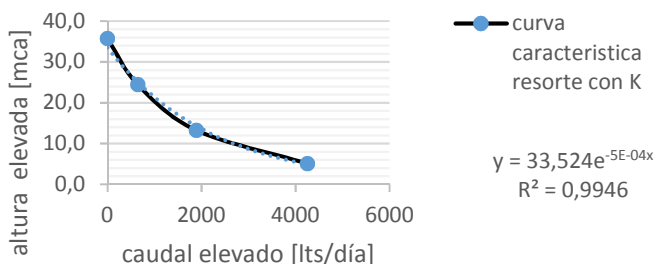
código

DATOS DE ENTRADA

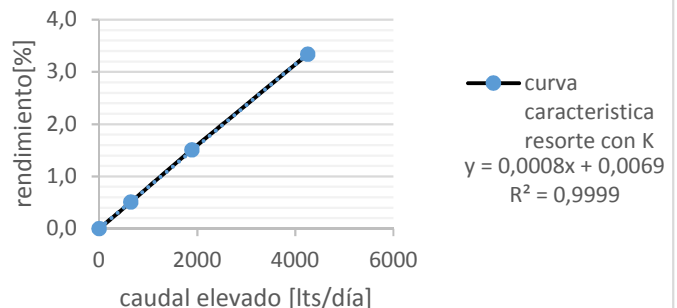
		unidad	dimensiones distintas		dimensiones distintas		dimensiones distintas	
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[X]	2,73	[]	4	[]
	distancia horizontal tubería	m		[X]		[]		[]
	diametro tubería de ingreso	pulg	2	[X]				
item	Constitución de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reducción macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	válvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plástico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reducción macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manómetro con glicerina	bar	2,5		10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	válvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	celest	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,46	56,2	99	140,7	107,3	105	
20	gomas	pza	3	TUERCA 6mm					
21	ancho	mm	10	1 tapa 1,2 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	19,8	18					
23	fuerza del resorte	grf	2079						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	6,7	15,1	44,4	
2	volumen agua elevada	lts	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/día	0	0	0	4256	1888	642	
4	presion de salida BA	bar	0	0	0	0,5	1,3	2,4	
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	0,0	5,1	13,3	24,5	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	8	8	7,8	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/día	0	0	0	123120	123120	126277	
9	rendimiento volumétrico	%	0,0	0,0	0,0	3,3	1,5	0,5	
10	observaciones	longitud resorte 30,5 mm, valores menores a 0,5 falta agua de las bombas, si se añade una tuerca adicional 1,2 mm a la configuración, no hay golpe, mucha fuerza del resorte							

curva característica fuerza 2079
[grf]



curva de rendimiento volumétrico



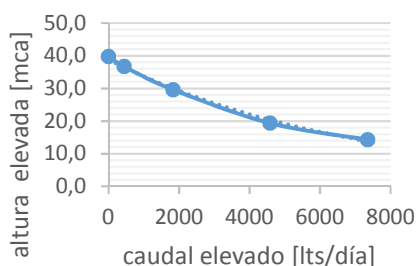
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA1

codigo							
	DATOS DE ENTRADA							
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1 []	2,73 [X]	4 []			
	distancia horizontal tuberia	m	4,35 []	4,35 [X]	4,35 []			
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2 [X]					
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4-			
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2 [X]	2--1 []	2--3/4 []	2--1/2 []		
3	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
5	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
7	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
9	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 -		1/2-3/4 []	
12	botella plastico	lts	3 []	2 [X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 -		1/2--3/4 []	
16	manometro con glicerina	bar	2,5 []	10 [X]				
17	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
				1--2 []	3/4 --2 []		1/2--2 []	
18	valvula de descarga PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -			

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro	
		[]	[]	[]	[]	[X]	[]	[]	
	K [gf/mm]	1141	20,5	56,2	99	140,7	107,3		
20	gomas	pza	3		1 volanda 1,4 mm				
21	ancho	mm	10		1 tapa 1,2 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	15	15,1					
23	fuerza del resorte	grf	2111						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	3,88	6,23	15,53	63,76	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	7348	4577	1836	447	0
4	presion de salida BA	bar	0	0	1,4	1,9	2,9	3,6	3,9
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	14,3	19,4	29,6	36,7	39,8
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	15,61	15,53	15,28	19,16	20,8
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	63098	63423	64461	51407	47354
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	10,4	6,7	2,8	0,9	0,0
10	observaciones	el agua de la bomba tiene que estar elevado, parece que afecta							
11	en el golpe de ariete de alguna forma a partir de 1,2 bar no se genera golpe de ariete								

curva característica fuerza 2111

[grf]

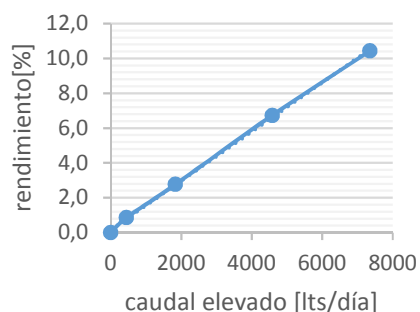


—●— curva característica resorte con K

$$y = 38,856e^{-1E-04x}$$

$$R^2 = 0,994$$

curva de rendimiento volumétrico



—●— curva característica resorte con K

$$y = 0,0014x + 0,1475$$

$$R^2 = 0,9993$$

PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA2

codigo

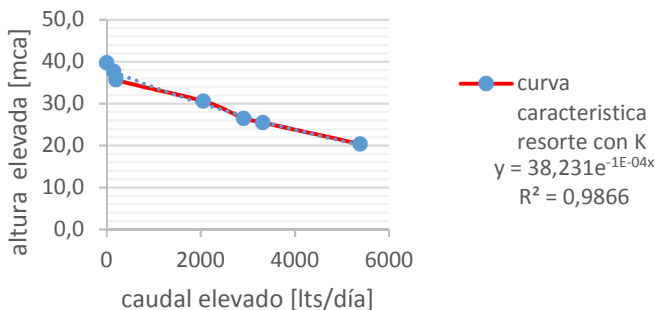
DATOS DE ENTRADA							
		unidad					
desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]
distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]
diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]				

item constitucion de la Bomba

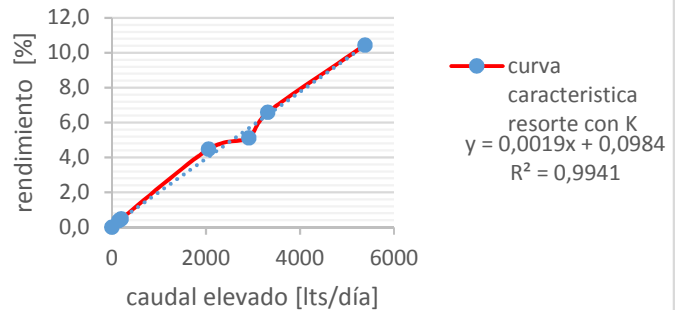
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]	
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]	2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]			
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]			
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[]	1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro	
		[]	[]	[X]	[]	[]	[]	[]	
	K [gf/mm]	1141	20,5	56,2	99	140,7	107,3		
20	gomas	pza	3	1 tapa					
21	ancho	mm	10	1 volanda 1,4 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	15,3						
23	fuerza del resorte	grf	860						
DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	5,3	8,6	9,8	13,9	146,2	194,6	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	5379,623	3315,3	2909,4	2051	195,0205	146,5	0
4	presion de salida BA	bar	2	2,5	2,6	3	3,5	3,7	3,9
5	altura elevada	mca	20,4	25,5	26,5	30,6	35,7	37,7	39,8
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	21,36	20,96	18,28	22,5	24,22	26,7	25,5
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	46112,36	46992	53882	43776	40667,22	36890	#####
9	rendimiento Volumetrico	%	10,4	6,6	5,1	4,5	0,5	0,4	0,0
10	potencia efectiva	Watts	12,4	9,6	8,8	7,1	0,8	0,6	0,0
11	en el arranque no se genera golpe de ariete continua a hasta de 2,4 bar Y 1,9 bar cuando se baja menos								

curva característica fuerza 860 [grf]



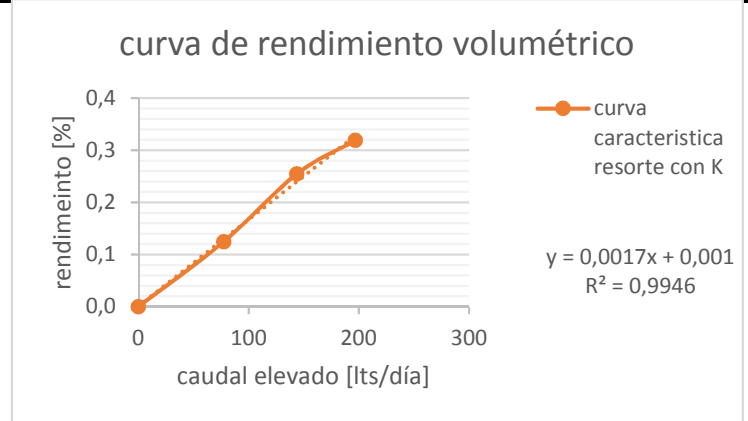
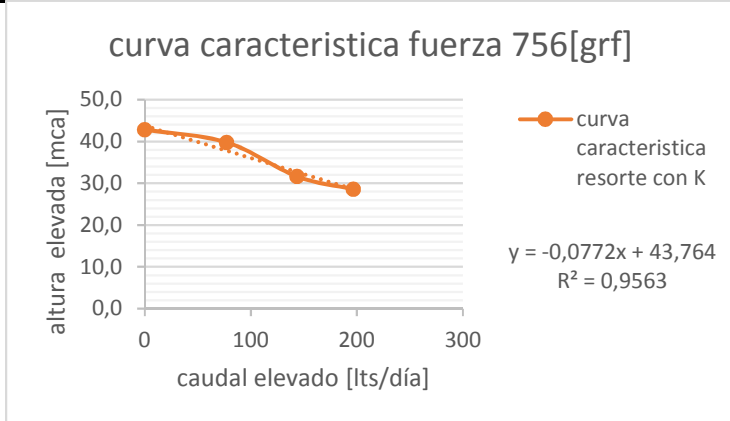
curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA3

codigo							
DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1 []	2,73 [X]	4 []			
	distancia horizontal tuberia	m	4,35 [X]	[]	[]			
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2 [X]					
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4-	[]		
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2 [X]	2--1 []	2--3/4 []	2--1/2 []		
3	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
5	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
7	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
9	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 - []	1/2-3/4 []		
12	botella plastico	lts	3 []	2 [X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 - []	1/2--3/4 []		
16	manometro con glicerina	bar	2,5 []	10 [X]				
17	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
				1--2 []	3/4 --2 []	1/2--2 []		
18	valvula de descarga PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []			

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	guindo	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141	20,5	56,2	99	140,7	107,3	86,9	
20	goma	pza	3	2 volanda 2,8 mm					
21	ancho	mm	10						
22	desplazamiento del resorte	mm	8,7						
23	fuerza del resorte	grf	756						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	145	198,5	368,8	
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	0	197	144	77	
4	presion de salida BA	bar	0	0	0	2,8	3,1	3,9	
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	0,0	28,6	31,6	39,8	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	16,02	17,5	15,89	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0,0	0,0	0,0	61483,1	56283,4	61986,2	
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	0,0	0,6	0,5	0,3	
11	observaciones :empieza a funcionar a partir de 2 bar y para valores menores a 2,5 bar no hay golpe								



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA4

codigo

DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]				

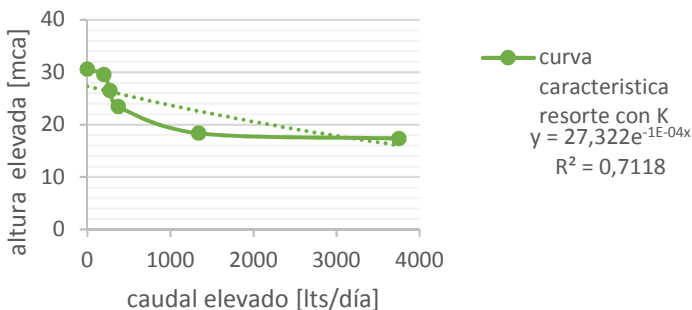
item constitucion de la Bomba

1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]	
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]	2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]			
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]			
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[]	1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	

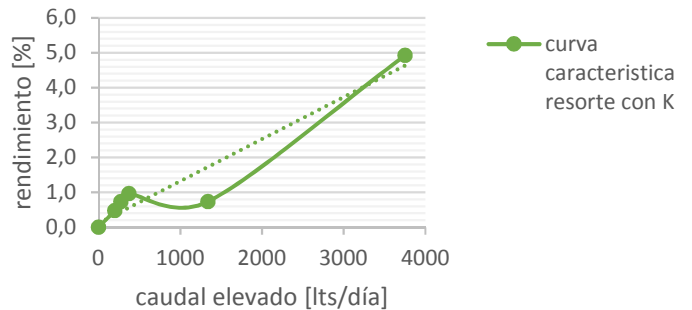
19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro	
		[]	[]	[]	[]	[X]	[]	[]	
	K [gf/mm]	1141	20,5	56,2	99	140,7	107,3		
20	tuercas	pza	2	2 volandas 2,8 mm					
21	ancho	mm	10						
22	desplazamiento del resorte	mm	11						
23	fuerza del resorte	grf	1548						

DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	7,6	21,3	76,9	104,7	143,6	0
2	volumen agua elevada	lts	0	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	3751,58	1338,59	370,767	272,321	198,55	0
4	presion de salida BA	bar	0	1,7	1,8	2,3	2,6	2,9	3
5	altura elevada	mca	0	17,34	18,36	23,46	26,52	29,58	30,6
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	13,6	5,45	25,9	26,7	23,8	22,56
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	72423,5	180727	38029,3	36889,9	41385	43659,57
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	4,9	0,7	1,0	0,7	0,5	0,0
10	potencia efectiva	Watts	0,0	7,4	2,8	1,0	0,8	0,7	0,0
11	VALORES DE PRESION MENOR A 1.6 BAR NO EXISTE GOLPE.								

curva característica fuerza 1548 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



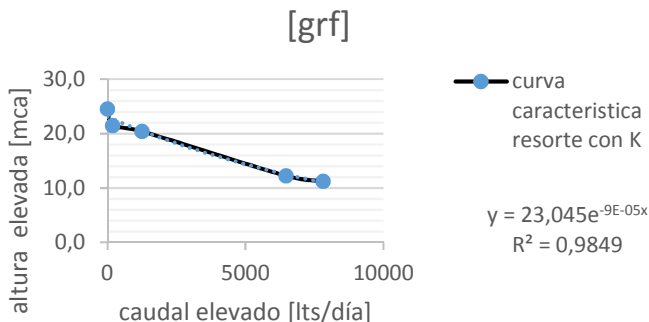
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA5

codigo

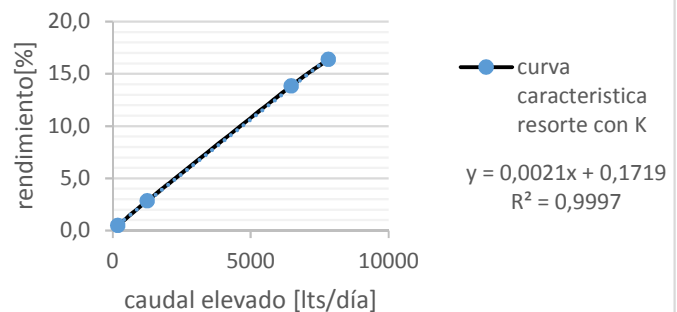
DATOS DE ENTRADA									
		unidad							
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]	
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]	
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]					
item	constitucion de la Bomba								
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]	
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]	2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]			
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]			
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[]	1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	blanco	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141	20,5	56,2	99	140,7	107,3	270	
20	gomas	pza	2	1 VOLANDA 1,4 mm					
21	ancho	mm	10	tapa 1,2 mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	8,9	9,1					
23	fuerza del resorte	grf	2403						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	3,65	4,41	22,77	150,7	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	7811,5	6465	1252,174	189,2	0
4	presion de salida BA	bar	0	0	1,1	1,2	2	2,1	2,4
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	11,2	12,2	20,4	21,4	24,5
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	24,7	24,51	23,06	25,73	26,36
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	39877	40186	42712,92	38281	37365,7056
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	16,4	13,9	2,8	0,5	0,0
10	potencia efectiva	watts	0	0	9,9412	8,976	2,897391	0,46	0
11	observaciones	para 1 bar no se genera golpe de ariete							

curva característica fuerza 2403



curva de rendimiento volumétrico



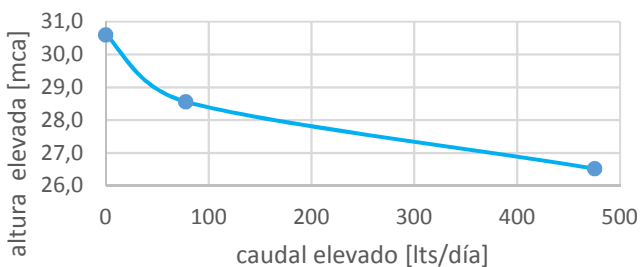
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA6

codigo

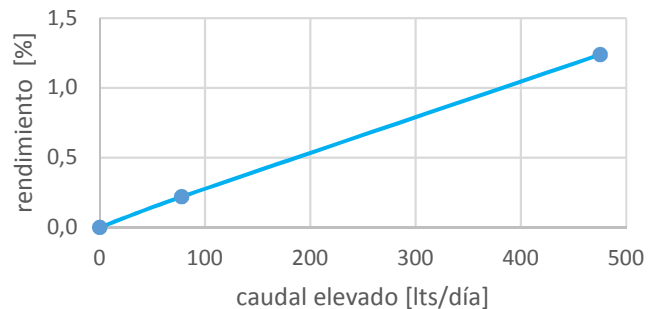
DATOS DE ENTRADA		unidad							
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]	
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]	
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]					
item	constitucion de la Bomba								
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]	
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]	2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[X]					
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[X]	10	[]			
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[]	1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	celest	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141	20,5	56,2	99	140,7	107,3	80,9	
20	gom	pza	2	tuerca					
21	ancho	mm	10						
22	desplazamiento del resorte	mm	12						
23	fuerza del resorte	grf	971						
DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	0	60	366,7	0
2	volumen agua elevada	lts	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	0	0	475,2	77,76	0
4	presion de salida BA	bar	0	0	0	0	2,6	2,8	3
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	28,6	30,6
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	0	26	27,91	25,33
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	0	0	37883,08	35291	38885,1165
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	OK	0,0	1,2	0,2	0,0
10	potencia efectiva	Watts	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,3	0,0
11	observaciones	no hay golpe de ariete menor a 2,6 bar							

curva característica fuerza 971 [grf]



curva de rendimiento volumétrico

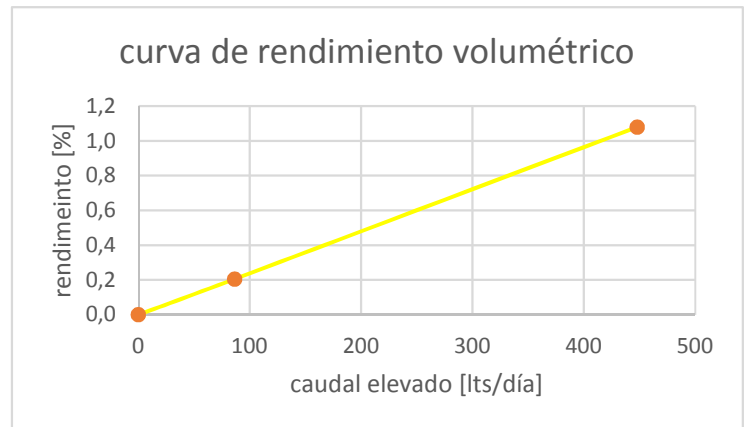
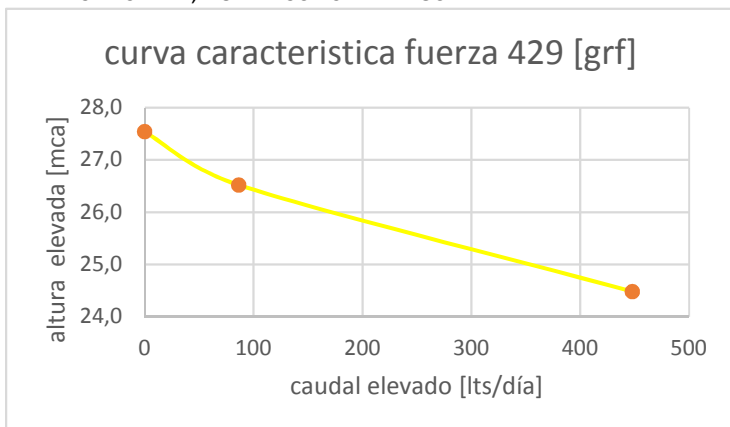


PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA7

codigo

DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1 []	2,73 [X]	4 []			
	distancia horizontal tuberia	m	4,35 [X]	[]	[]			
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2 [X]					
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4-	[]		
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2 [X]	2--1 []	2--3/4 []	2--1/2 []		
3	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
5	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
7	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
9	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 - []	1/2-3/4 []		
12	botella plastico	lts	3 [X]					
13	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 - []	1/2--3/4 []		
16	manometro con glicerina	bar	2,5 []	10 [X]				
17	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
				1--2 []	3/4 --2 []	1/2--2 []		
18	valvula de descarga PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []			

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro	
		[]	[]	[]	[]	[]	[X]	[]	
	K [gf/mm]	1141	20,5	56,2	99	140,7	107,3		
20	goma	pza	2	tuerca					
21	ancho	mm	10						
22	desplazamiento del resorte	mm	4						
23	fuerza del resorte	grf	429						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	0	63,66	330	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	0	0	448	86	0
4	presion de salida BA	bar	0	0	0	0	2,4	2,6	2,7
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5	26,5	27,5
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	0	24	23,45	23,76
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0,0	0,0	0,0	0,0	41040,0	42002,6	41454,5
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,2	0,0
10	FUNCIONA APARTIR DE 2 bar, DEBAJO DE 2,3 bar NO HAY GOLPE EL AGUA PROVENIENTE DE LAS BOMBAS SE ACABAN, NO HAY SUFICIENTE AGUA								



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA8

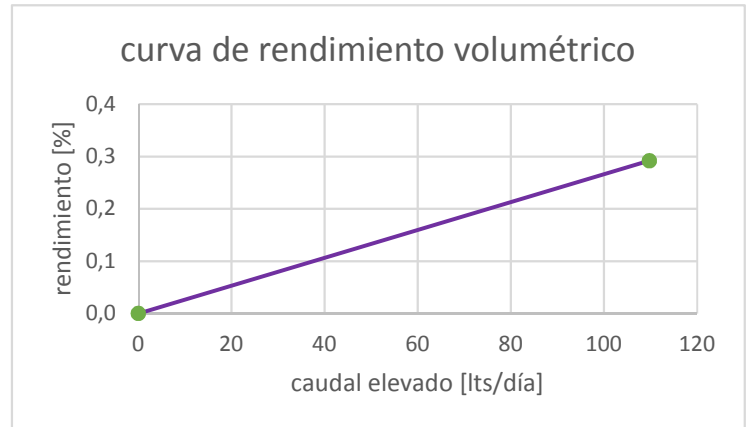
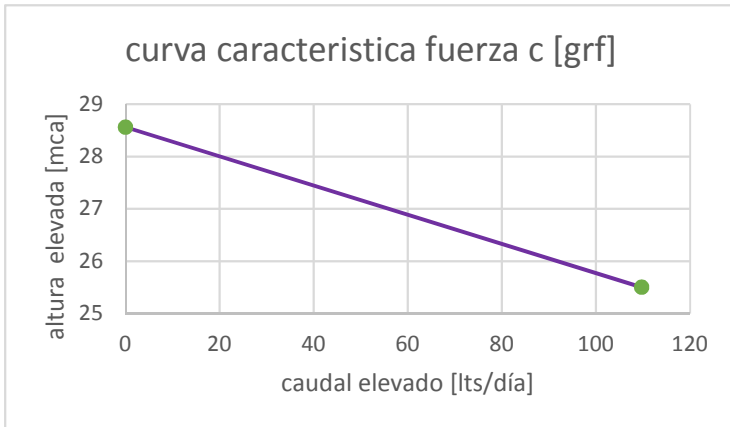
codigo

DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]				
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[] 2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[] 1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
		[]	[]	[]	[]	[X]	[]	[]
	K [gf/mm]	634	6,7	40,13	84,87	131,16	75,25	
20	goma	pza	2	tuerca				
21	ancho	mm	10					
22	desplazamiento del resorte	mm	10					
23	fuerza del resorte	grf	1312					

DATOS DE SALIDA									
	unidad	1	2	3	4	5	6	7	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	0	0	259,84	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	0	0	0	109,73	0
4	presion de salida BA	bar	0	0	0	0	0	2,5	2,8
5	altura elevada	mca	0	0	0	0	0	25,5	28,56
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	0	0	26,27	28,5
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	0	0	0	37494	34560
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0

10 EMPIEZA A BOMBLEAR SOLO, SE PARA A CADA MOMENTO BAJANDO DE 2 bar NO HAY GOLPE



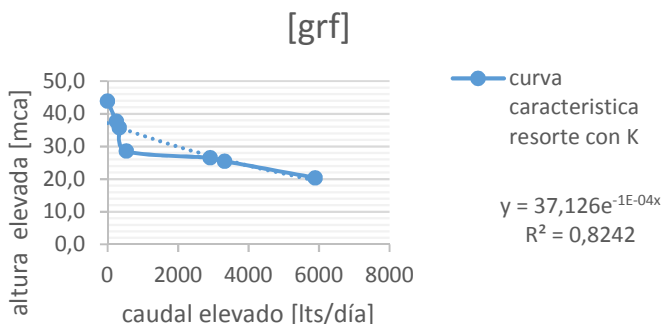
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA9

codigo

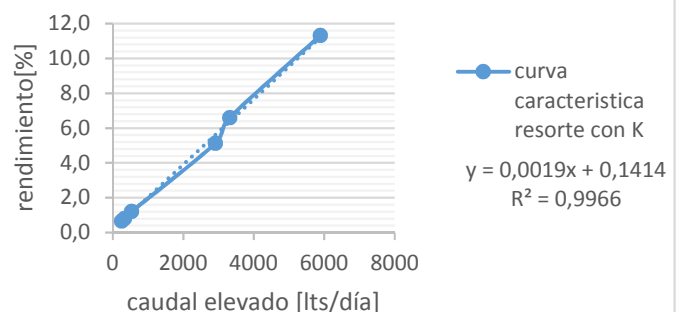
DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1 []	2,73 [X]	4 []			
	distancia horizontal tuberia	m	4,35 [X]	4,35 []	4,35 []			
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2 [X]					
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4-			
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2 [X]	2--1 []	2--3/4 []	2--1/2 []		
3	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
5	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
7	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
9	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 -	1/2-3/4 []		
12	botella plastico	lts	3 []	2 [X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 -	1/2--3/4 []		
16	manometro con glicerina	bar	2,5 []	10 [X]				
17	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -	1/2- []		
				1--2 []	3/4 --2 []	1/2--2 []		
18	valvula de descarga PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -			

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro	
		[]	[]	[]	[]	[]	[X]	[]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3		
20	gomas	pza	3	2 volandas 2,8 mm					
21	ancho	mm	10						
22	desplazamiento del resorte	mm	14,9						
23	fuerza del resorte	grf	1599						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	4,84	8,6	9,8	53,37	86,2	114,6	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	5891	3315	2909	534	331	249	0
4	presion de salida BA	bar	2	2,5	2,6	2,8	3,5	3,7	4,3
5	altura elevada	mca	20,4	25,5	26,5	28,6	35,7	37,7	43,9
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	21,36	20,96	18,28	22,5	24,22	26,7	21,05
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	46112	46992	53882	43776	40667	36890	46791
9	rendimiento Volumetrico	%	11,3	6,6	5,1	1,2	0,8	0,7	0,0
10	potencia efectiva	Watts	14	10	9	2	1	1	0
	no se genera golpe de ariete a un valor menor a 1,9 bar								

curva característica fuerza 1599



curva de rendimiento volumétrico

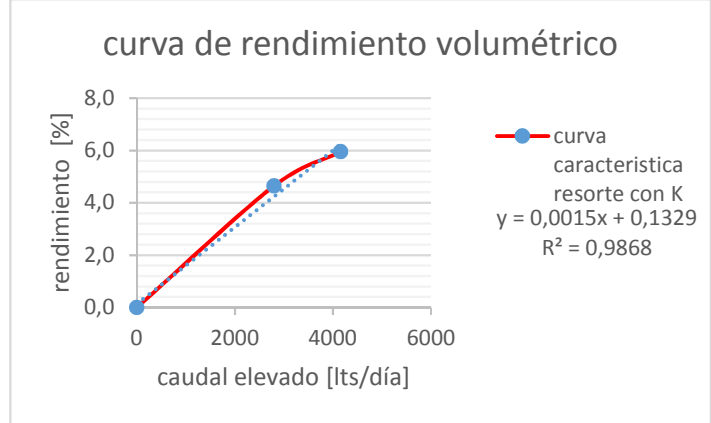
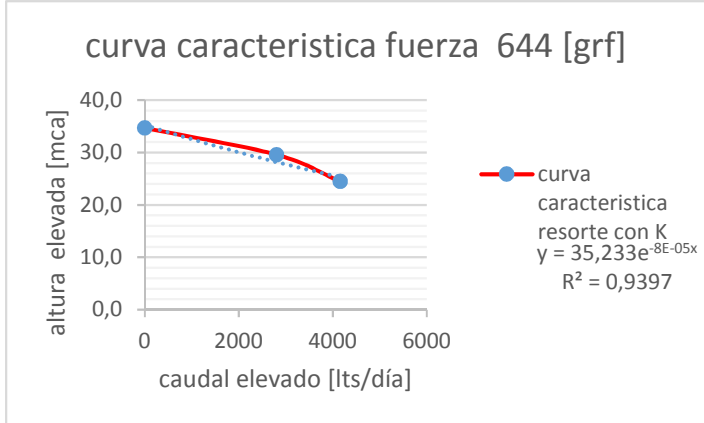


PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA10

codigo

DATOS DE ENTRADA		unidad							
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]	
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]	
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]					
item	constitucion de la Bomba								
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]	
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]	2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]			
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]			
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[]	1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro		
		[]	[]	[]	[]	[]	[X]	[]		
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3			
20	gomas	pza	2	2 volandas 2,8 mm						
21	ancho	mm	10							
22	desplazamiento del resorte	mm	6							
23	fuerza del resorte	grf	644							
DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	0	6,86	10,18	21,75	
2	volumen agua elevada	lts	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	0	0	4156,268	2801	0	
4	presion de salida BA	bar	0	0	0	0	2,4	2,9	3,4	
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5	29,6	34,7	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	0	15,01	17,15	18,19	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	0	0	65620,25	57432	54148,4332	
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	4,6	0,0	
10	potencia efectiva	Watts	0	0	0	0	12	9	0	
11	observaciones	valores menores a 2,4 bar no hay golpe de ariete								



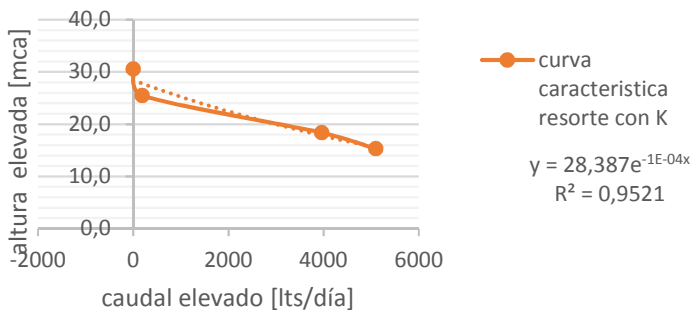
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA11

codigo

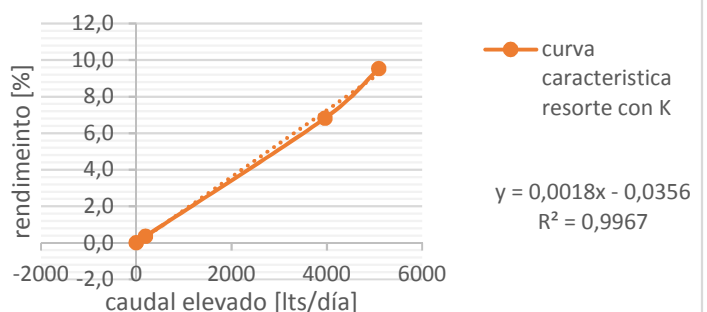
DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1 []	2,73 [X]	4 []			
	distancia horizontal tuberia	m	4,35 [X]	[]	[]			
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2 [X]					
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4-	[]		
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2 [X]	2--1 []	2--3/4 []	2--1/2 []		
3	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
5	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
7	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
9	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 - []	1/2-3/4 []		
12	botella plastico	lts	3 []	2 [X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 - []	1/2--3/4 []		
16	manometro con glicerina	bar	2,5 []	10 [X]				
17	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []	1/2- []		
				1--2 []	3/4 --2 []	1/2--2 []		
18	valvula de descarga PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 - []			

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
		[]	[]	[]	[X]	[]	[]	[]
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3	
20	gomas	pza	3	1 volanda 1,4 mm				
21	ancho	mm	10	1 tapa 1,2 mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	13	13,6				
23	fuerza del resorte	grf	1287					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	0	5,6	7,2	149,4
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	0	5091	3960	191
4	presion de salida BA	bar	0	0	0	1,5	1,8	2,5
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	0,0	15,3	18,4	25,5
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	0	20,4	18,2	18,7
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	0	48282,4	54119	52672
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	0,0	9,5	6,8	0,4
10	observaciones	para 1,4 bar ya no existe golpe de ariete						
	longitud resorte 30mm							

curva característica fuerza 1287 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA12

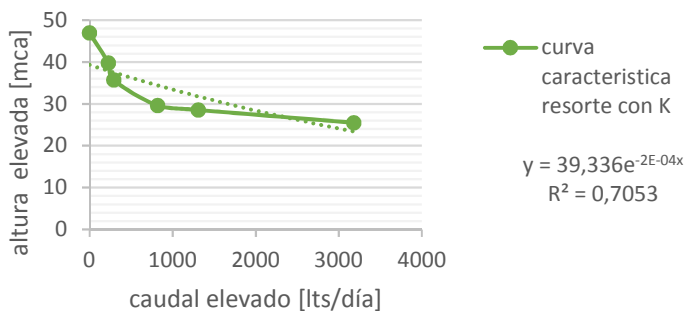
codigo

DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2					
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[] 2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[] 1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

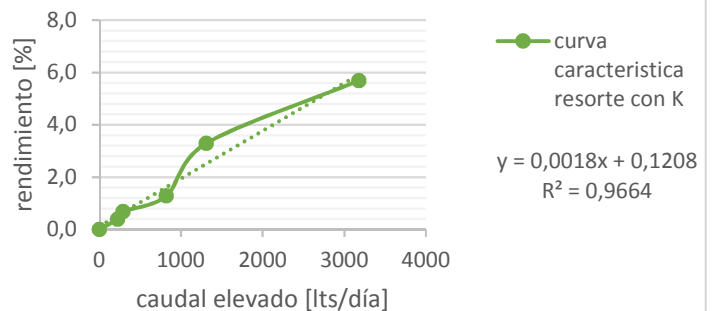
19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	otro
		[]	[]	[]	[X]	[]	[]	[]
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3	
20	goma	pza	2	1 volanda 1,4 mm				
21	ancho	mm	10					
22	desplazamiento del resorte	mm	11,5					
23	fuerza del resorte	grf	1139					

DATOS DE SALIDA									
	unidad	1	2	3	4	5	6	7	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	11,6	8,97	21,8	34,76	98,45	127,5	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	2457,931	3178,6	1307,89	820,253	289,609	223,62	0
4	presion de salida BA	bar	2,3	2,5	2,8	2,9	3,5	3,9	4,6
5	altura elevada	mca	23,46	25,5	28,56	29,58	35,7	39,78	46,92
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	19,5	18,7	25,6	15,6	23,5	17,5	18,6
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	50510,77	52671,7	38475	63138,5	41913,2	56283	52954,84
9	rendimiento Volumetrico	%	4,6	5,7	3,3	1,3	0,7	0,4	0,0
10	potencia efectiva	Watts	7	9	4	3	1	1	0
observaciones: valores menores a 2 bar no hay golpe									

curva característica fuerza 1139 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA13

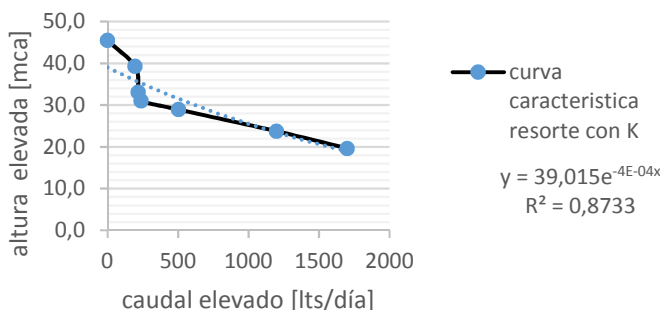
codigo

DATOS DE ENTRADA

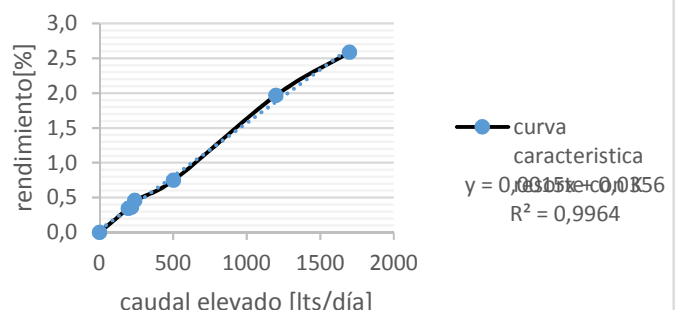
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]				
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]
					1--2	[]	3/4 --2	[]
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	celest
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3	104,7
20	gomas	pza	3	2 volandas 2,8 mm				
21	ancho	mm	10					
22	desplazamiento del resorte	mm	16,7					
23	fuerza del resorte	grf	1748					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	16,78	23,82	56,7	119,6	130,76	145,6
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	1699	1197	503	238	218	196
4	presion de salida BA	bar	1,9	2,3	2,8	3	3,2	3,8
5	altura elevada	mca	19,6	23,8	28,9	31,0	33,1	39,3
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	15,4	16,5	14,76	19	16,39	17,5
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	63958	59695	66732	51840	60095	56283
9	rendimiento Volumetrico	%	2,6	2,0	0,7	0,5	0,4	0,3
10	potencia efectiva	Watts	4	3	2	1	1	1
	observaciones	no se genera golpe de ariete a un valor menor a 1,9 bar						

curva característica fuerza 1748[grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA14

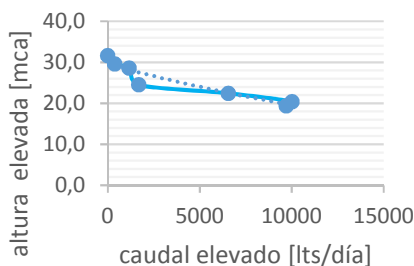
codigo

DATOS DE ENTRADA		unidad							
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]	
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]	
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]					
item	constitucion de la Bomba								
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]	
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]	2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]			
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]			
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[]	1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	celest		
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]		
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3	104,7		
20	tuercas	pza	3	volanda(1,4 mm						
21	ancho	mm	10							
22	desplazamiento del resorte	mm	14,5							
23	fuerza del resorte	grf	1518							
DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	101,6	98,34	4,35	16,94	24,7	76,4	0	
2	volumen agua elevada	lts	11,4	11,4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
3	caudal elevado BA	lts/dia	9694,488	10016	6554,5	1683	1154,332	373,2	0	
4	presion de salida BA	bar	1,9	2	2,2	2,4	2,8	2,9	3,1	
5	altura elevada	mca	19,4	20,4	22,4	24,5	28,6	29,6	31,6	
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	16,2	16,34	14,47	14,56	13,98	14,67	15,98	
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	
8	caudal desperdiciado	lts/dia	60800	60279	68069	67648	70454,94	67141	61637,0463	
9	rendimiento Volumetrico	%	13,8	14,2	8,8	2,4	1,6	0,6	0,0	
10	potencia eféctiva	Watts	21	23	17	5	4	1	0	
11	observaciones	VALORES MENORES A 1,8 BAR NO HAY GOLPE								

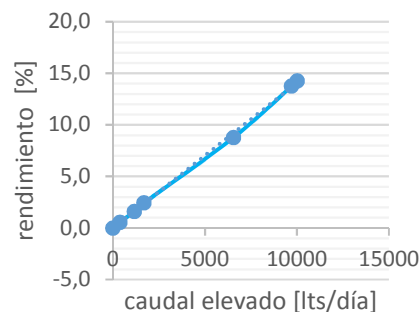
curva característica fuerza 1518

[grf]



—●— curva característica resorte con K
 $y = 29,499e^{-4E-05x}$
 $R^2 = 0,9021$

curva de rendimiento volumétrico



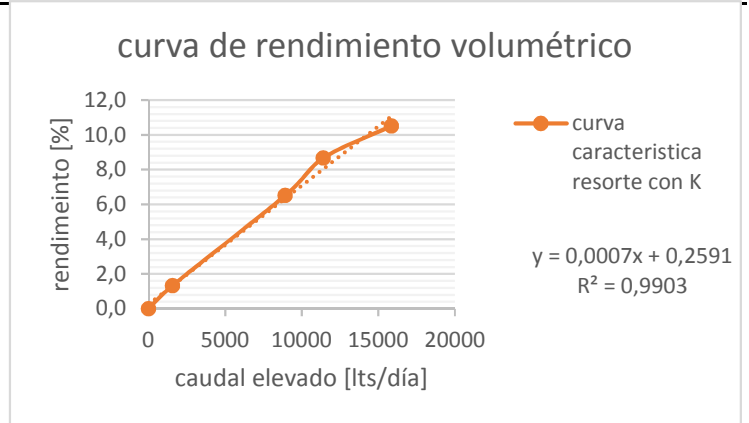
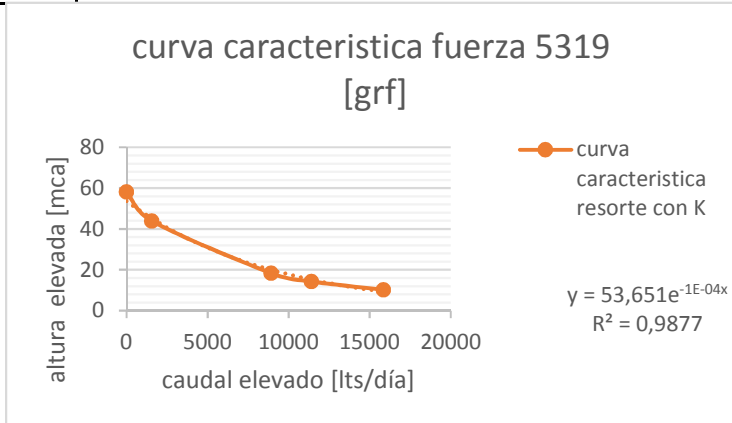
—●— curva característica resorte con K
 $y = 0,0014x - 0,0234$
 $R^2 = 0,999$

PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA15

codigo

DATOS DE ENTRADA

		unidad							
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]	
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]	
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]					
item	constitucion de la Bomba								
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]	
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]	2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]			
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]			
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[]	1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	
19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	blanco	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3	270	
20	goma	pza	3	1 tapa 1,2mm					
21	ancho	mm	10	volanda en la parte superior 1,2mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	19,7	20 longitud de resorte 3,5 mm, dia exte 1,1 mm, dia ir					
23	fuerza del resorte	grf	5319						
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	1,8	2,5	3,2	18,3	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	15840	11404,8	8910	1558	0
4	presion de salida BA	bar	0	0	1	1,4	1,8	4,3	5,7
5	altura elevada	mca	0	0	10,2	14,28	18,36	43,86	58,14
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	7,3	8,2	7,7	8,5	9,7
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	134926	120117	127917	115878	101542,3
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	10,5	8,7	6,5	1,3	0,0
10	potencia efectiva	watts	0,0	0,0	18,3	18,5	18,6	7,8	0,0
11	observaciones	se apaga en 0,8 bar, colocar volanda encima del resorte, la valvula de descarga se la botella cortada que evita que el agua se derrame tiene que estar al medio de perno para que no se produzca friccior							



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA16

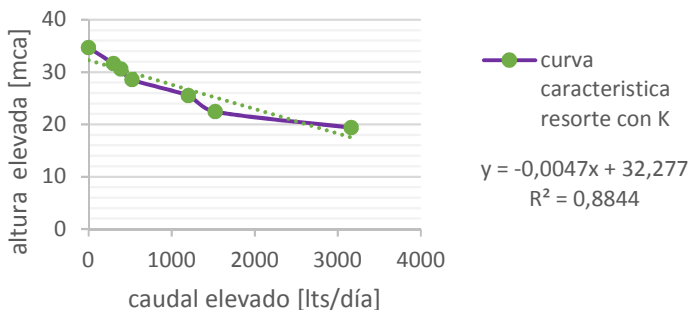
codigo

DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]				
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[] 2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]		
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[] 1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]		
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[] 1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[] 1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]

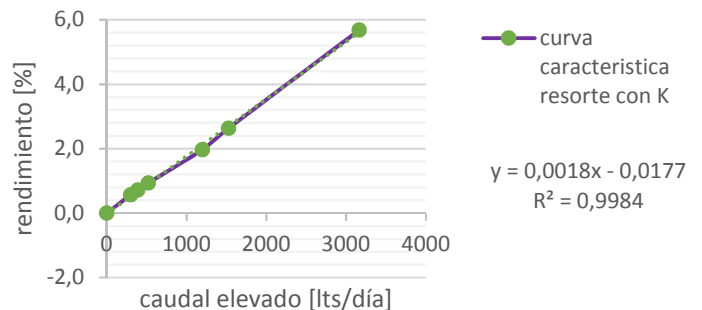
19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	azul con
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3	132,3
20	tuerzas	pza	2					
21	ancho	mm	10					
22	desplazamiento del resorte	mm	9,7					
23	fuerza del resorte	grf	1283					

DATOS DE SALIDA		unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	9,02	18,69	23,76	54,7	73,31	95,34	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	3160,976	1525,52	1200	521,243	388,924	299,06	0
4	presion de salida BA	bar	1,9	2,2	2,5	2,8	3	3,1	3,4
5	altura elevada	mca	19,38	22,44	25,5	28,56	30,6	31,62	34,68
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	18,76	17,45	16,5	17,9	18,21	18,8	18,88
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	52503,2	56444,7	59694,5	55025,7	54089	52391	52169,49
9	rendimiento Volumetrico	%	5,7	2,6	2,0	0,9	0,7	0,6	0,0
10	potencia eféctiva	Watts	7	4	3	2	1	1	
11	Al principio la bomba funciona hasta una presion de 5 bar despues ya no funciona. Salia bastante agua de la valvula de descarga								
									0

curva característica fuerza 1283 [grf]



curva de rendimiento volumétrico



PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA17

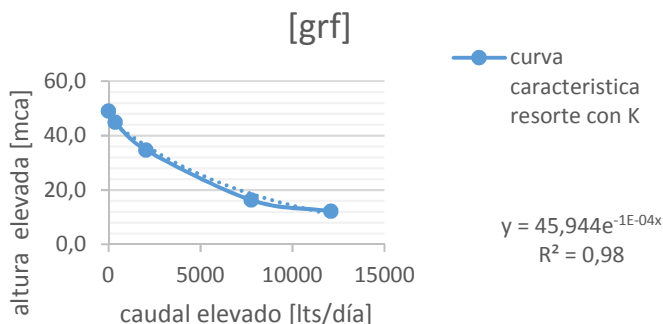
codigo

VALIDADA

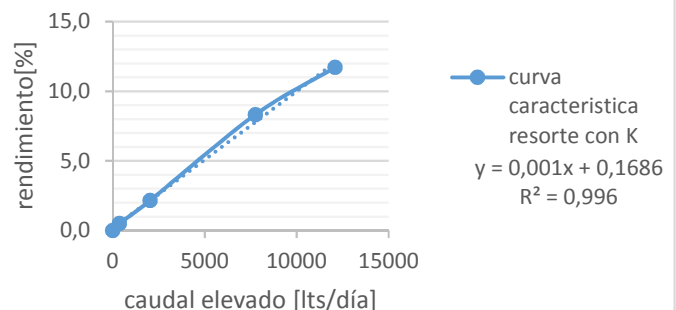
DATOS DE ENTRADA								
		unidad						
	desnivel colector - bomba	m	1,1 []	2,73 [X]	4 []			
	distancia horizontal tuberia	m	4,35 [X]	4,35 []	4,35 []			
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2 [X]					
item	constitucion de la Bomba							
1	acople universal roscado PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4-			
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2 [X]	2--1 []	2--3/4 []	2--1/2 []		
3	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
5	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
7	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
9	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 -		1/2-3/4 []	
12	botella plastico	lts	3 []	2 [X]				
13	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4 [X]	1--3/4 []	3/4 -		1/2--3/4 []	
16	manometro con glicerina	bar	2,5 []	10 [X]				
17	niple roscado macho PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -		1/2- []	
				1--2 []	3/4 --2 []		1/2--2 []	
18	valvula de descarga PVC	pulg	2 [X]	1 []	3/4 -			

19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	celest	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3	80,9	
20	gomas	pza	3	1 tapa 1, 1 volanda 1,2 mm					
21	ancho	mm	10	1 tuerca 6mm					
22	desplazamiento del resorte	mm	22,4	17,4 esta precargado					
23	fuerza del resorte	grf	1294	considerar la volanda superior					
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	2,36	3,68	14	78	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	12081	7748	2037	366	0
4	presion de salida BA	bar	0	0	1,2	1,6	3,4	4,4	4,8
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	12,2	16,3	34,7	44,9	49,0
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	10,81	11,54	10,71	13,76	13,31
7	volumen agua desperdiciada	lts	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	91116	85352	91966	71581	74002
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	11,7	8,3	2,2	0,5	0,0
10	observaciones	no se genera golpe de ariete a partir de 0,8 bar en bajada y tambien para arran							
	longitud del resorte 34,5 mm, si se añade un tuerca de 4mm ya no hay golpe paras nada, sucede lo mismo si se añade								

curva característica fuerza 1294



curva de rendimiento volumétrico



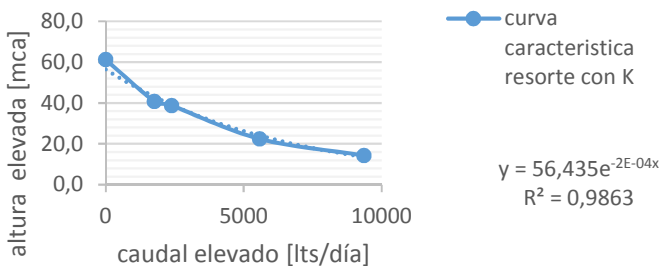
PRUEBA EXPERIMENTAL NUMERO 2BA18

codigo

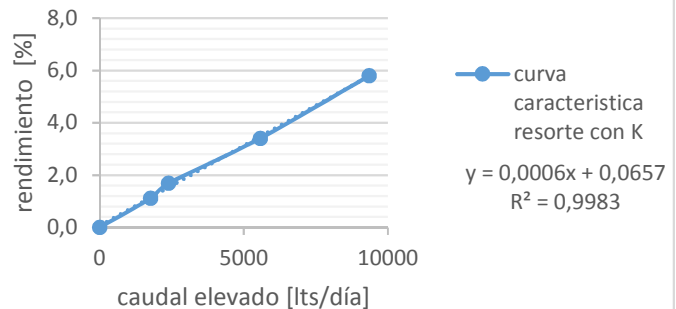
VALIDADA

DATOS DE ENTRADA		unidad							
	desnivel colector - bomba	m	1,1	[]	2,73	[X]	4	[]	
	distancia horizontal tuberia	m	4,35	[X]		[]		[]	
	diametro tuberia de ingreso	pulg	2	[X]					
item	constitucion de la Bomba								
1	acople universal roscado PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4-	[]	
2	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2	[X]	2--1	[]	2--3/4	[]	2--1/2 []
3	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
4	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
5	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
6	codo roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
7	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
8	valvula antiretorno tipo resorte	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
9	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
10	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
11	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2-3/4 []
12	botella plastico	lts	3	[]	2	[X]			
13	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
14	tee roscado hembra PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
15	reduccion macho-hembra PVC	pulg	2--3/4	[X]	1--3/4	[]	3/4 -	[]	1/2--3/4 []
16	manometro con glicerina	bar	2,5	[]	10	[X]			
17	niple roscado macho PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	1/2- []
					1--2	[]	3/4 --2	[]	1/2--2 []
18	valvula de descarga PVC	pulg	2	[X]	1	[]	3/4 -	[]	
19	resorte	rojo	verde	celeste	celeste	azul	celeste	blanco	
		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[X]	
	K [gf/mm]	1141,5	20,5	56,2	99	140,7	107,3	270	
20	gomas	pza	3		1 tapa 1,2mm				
21	ancho	mm	10		volanda en la parte superior 1,2mm				
22	desplazamiento del resorte	mm	20,4	21.2	longitud de resorte 3,5 mm, dia exte 1,1 mm, dia				
23	fuerza del resorte	grf	5508		tuerca 3,8 mm				
	DATOS DE SALIDA	unidad	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo de llenado agua elevada	seg	0	0	3,05	5,12	11,94	16,18	0
2	volumen agua elevada	lts	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
3	caudal elevado BA	lts/dia	0	0	9348	5569	2388	1762	0
4	presion de salida BA	bar	0	0	1,4	2,2	3,8	4	6
5	altura elevada	mca	0,0	0,0	14,3	22,4	38,8	40,8	61,2
6	tiempo llenado agua desperdiciada	seg	0	0	10,24	9,85	11,17	9,96	12,16
7	volumen agua desperdiciada	lts	18	18	18	18	18	18	18
8	caudal desperdiciado	lts/dia	0	0	151875	2E+05	139230	156145	127895
9	rendimiento Volumetrico	%	0,0	0,0	5,8	3,4	1,7	1,1	0,0
10	potencia efectiva	watts	0,0	0,0	15,1	14,2	10,5	8,2	0,0
11	observaciones	funciona bien, pero se rompe la valvula de descarga por la excesiva fuerza del g							
	existe pre carga adicional								

curva característica fuerza 5508 [grf]



curva de rendimiento volumétrico





2023-TTES-228-D-1



**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS**
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-806/2023
La Paz, 5 de Abril del 2023

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **29 de Marzo del 2023**, por **GONZALO ROJAS TINTAYA** con C.I. N° **6790986 LP**, con número de trámite **DA 381/2023**, señala la pretensión de inscripción la Tesis de Post-Grado titulada: "**DESARROLLO DE UNA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE PARA USO EN EL ÁREA SUBANDINA DE BOLIVIA**", cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "*Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración*".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "*Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión*". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "*la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios*".



Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

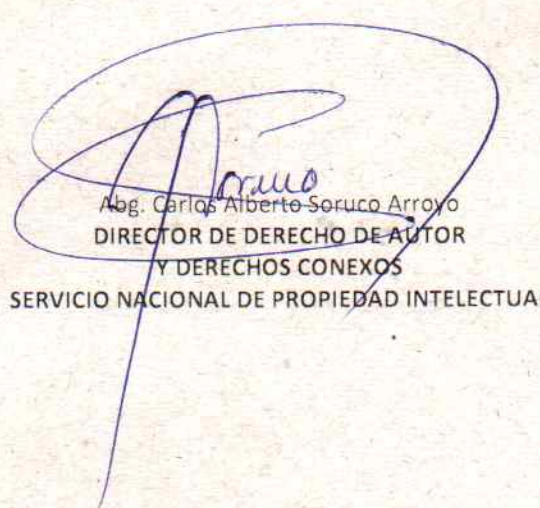
POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, la Tesis de Post-Grado titulada: **"DESARROLLO DE UNA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE PARA USO EN EL ÁREA SUBANDINA DE BOLIVIA"**, a favor del autor y titular: **GONZALO ROJAS TINTAYA** con C.I. Nº **6790986 LP**, bajo el seudónimo **NINGUNO**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS**
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



CASA/mxaaq
c.c.Arch.



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, Nº 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700 - 2119216
2119251 Fax: 2115700

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
Nº 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, Nº 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, Nº 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 58,
zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, Nº 366
casi esq. Urriolagotia,
zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Giro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, Nº 243.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
Nº 5837, entre Ayacucho
y Junin, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fie).
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas Nº 242,
Primer Piso, Of. 17.

La tesis de maestría **DESARROLLO DE UNA BOMBA DE GOLPE DE ARIETE PARA USO EN EL ÁREA SUBANDINA DE BOLIVIA** surge a partir de la necesidad identificada de aprovechar los recursos hídricos mediante un sistema de bombeo alternativo.

La bomba de ariete representa una solución a la problemática con la ventaja de no requerir energía eléctrica para su funcionamiento, mediante diseño experimental se desarrolló la bomba de ariete más eficiente y determino la influencia de los 3 factores de entrada más relevantes que determinan el comportamiento de salida, se generó un modelo matemático y se determinó las curvas de comportamiento.

Datos de referencia autor:

Gonzalo Rojas Tintaya

Correo Electronico: gonzaloami123@gmail.com

N° de celular: 591 78782687 – 591 72070983