



**CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA
SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN
SISTEMAS DE BOMBEO**



TÍTULO DE INFORME:

**CALCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE
EN SISTEMAS DE BOMBEO**

PRESENTADO POR:

ANTONIO CARLOS GUTIERREZ MIRANDA

Código:

2017117202

PRESENTADO A:

Tutor de prácticas profesionales:

Carlos Enrique Barraza Heras

**Alexander Castellanos Zuluaga
Jefe inmediato empresa**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ingeniería Ambiental y Sanitaria**

Fecha de entrega: 08/08/2021

Contenido

1. PRESENTACIÓN.....	4
2. OBJETIVOS Y/O FUNCIONES	5
2.1. Objetivo General:	5
2.2. Objetivos Específicos:.....	5
2.3. Funciones del practicante en la organización	5
3. JUSTIFICACIÓN:	6
4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	7
5. SITUACIÓN ACTUAL.....	12
6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS	13
7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES	14
CRONOGRAMA:.....	26
8. PRESUPUESTO:	27
9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	28
10. BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXOS	30
CALCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESION POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO.....	31
1. INTRODUCCIÓN	32
2. Objetivo General:	33
3. Objetivos Específicos:	33
4. Definición de Golpe de Ariete.....	34
5. ECUACIONES PARA EL CALCULO DE LA SOBREPRESION POR GOLPE DE ARIETE	35
6. EJEMPLO DE CALCULO Y SIMULACIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	44
7. SIMULACION DEL FENOMENO EN ALLIEVI	47
8. Análisis de resultados.	54

Tabla de Ilustraciones.

Ilustración 1. Ubicación de la empresa en Google Maps.....	7
Ilustración 2. Imagen de la empresa en Google Maps	8
Ilustración 3. Organigrama de Pgs	9
Ilustración 4. Productos de Pgs.....	11
Ilustración 5. Bases teóricas utilizadas.....	13
Ilustración 6. Ejemplo de Cotización.....	15
Ilustración 7. Ejemplo de plano de una instalación Hidrosanitaria.....	16
Ilustración 8. Ficha técnica de una válvula reductora de presión de la marca Claval	17
Ilustración 9. Registro de pesos en Kg y lb de válvulas para sistemas contra incendio de la marca Victaulic.	18
Ilustración 10. Capacitación con ingeniero de la empresa CLAVAl, en válvulas anti-cavitacion	20
Ilustración 11. Capacitación con ingeniero de la empresa CLAVAl, en válvulas reductoras de presión.....	21
Ilustración 12. Capacitación con ingeniero de la empresa CLAVAl, en válvulas anticipadoras del golpe de ariete.....	22
Ilustración 13. Familia de una válvula mariposa de la marca viking	23
Ilustración 14. Familias de accesorios de la marca victaulic	24
Ilustración 15. Visita en campo.....	25
Ilustración 16. Cronograma de Actividades	26
Ilustración 17. Presupuesto	27



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



1. PRESENTACIÓN.

Uno de los mayores problemas que se presentan en conducción de fluidos que es de mucha importancia tener en cuenta a la hora de optimizar los diseños de sistemas hidráulicos a presión, es el fenómeno de los transitorios hidráulicos, o conocido famosamente también como “golpe de ariete”, es un problema dentro de la mecánica de fluidos, que si no se trata a tiempo puede ocasionar daños y gastos tanto para las empresas prestadores del servicio de suministro de agua, así como también para la población que se beneficia del servicio, es por ello que cada vez más hay ingenieros que se enfocan en especializarse en el estudio y el análisis de estos fenómenos hidráulicos, precisamente para evitar o mitigar todos los inconvenientes mencionados anteriormente.

Pipe Grooved Solutions (Pgs), es una empresa distribuidora de válvulas de control de flujo, que, dentro de sus catálogos presenta soluciones para anticipar y disipar estos fenómenos hidráulicos, pero que dentro de sus funciones ingenieriles no tiene contemplado la opción de estudiar los transitorios hidráulicos, es por eso que surgió la motivación de mi parte, aportar desde la parte de ingeniería los conocimientos obtenidos durante mi vida académica, para que la empresa Pgs, pueda brindar una solución más completa y confiable a la hora de recomendar este tipo de válvulas para las medidas de control de este problema.

Este trabajo contiene todos los aspectos teóricos y prácticos que conllevan a la obtención de una matriz de calculo que arroja un valor específico de la sobrepresión causada por el golpe de ariete, esta soportado por evidencia científica de varios autores que se han encargado a lo largo de los años de estudiar experimentalmente y aplicar en la vida real los resultados obtenidos, durante la realización de este proyecto se explican cada uno de los conceptos, criterios y ecuaciones que conllevan a obtener el valor aproximado de la presión que alcanza este fenómeno hidráulico para poder determinar si hay que contemplar una medida de control en el sistema hidráulico.

La metodología que se utilizó para poder realizar este trabajo, fue consultar en bibliografías la teoría conceptual, física y matemática que gobiernan a este tipo de fenómenos hidráulicos, así como también trabajos, tesis de grado y experiencias de ingenieros expertos en el tema, hay que aclarar que este trabajo solamente tiene el alcance de estudiar y analizar el golpe de ariete solamente en líneas de impulsión (estaciones de bombeo), y para un sistema a gravedad se tendría que analizar otro tipo de criterios y consideraciones.

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

2. OBJETIVOS Y/O FUNCIONES

2.1. Objetivo General:

Diseño de una herramienta de cálculo del golpe de ariete en tuberías a presión y simulación del fenómeno en el software Allievi para proyectos de ingeniería de la empresa pipe Grooved Solutions

2.2. Objetivos Específicos:

1. Determinar las bases teóricas del fenómeno del golpe de ariete en sistemas de tuberías a presión
2. Precisar los requisitos y parámetros de funcionamiento para el diseño de la herramienta de análisis de golpe de ariete
3. Hacer el diseño conceptual de la herramienta teniendo en cuenta las medidas de mitigación del golpe de ariete
4. Desarrollar el diseño detallado de la herramienta de cálculo de golpe de ariete
5. Simular los resultados del fenómeno del golpe de ariete en el software allievi

2.3. Funciones del practicante en la organización:

Funciones a realizar durante la práctica:

Actividades de ejecución de obra, análisis de precios, construcción de bases de datos, registros de inventarios.

- Brindar apoyo permanente al departamento.
- Brindar apoyo como practicante de ingeniería empleando los conocimientos teóricos y prácticos obtenidos en el proceso de formación académica.
- Conocer la documentación y normatividad de la empresa para los procedimientos que se llevan a cabo dentro del diseño de los proyectos hidráulicos teniendo en cuenta la importancia y utilidad que tiene en el marco legal y administrativo

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

- Brindar apoyo en el proceso de control de facturación de los proyectos, cantidades a facturar, presupuestos, cumplimiento de contratos, análisis de precios entre otros relacionados con la operación.
- Establecer cantidades aproximadas de diseño de obra.
- Dibujar y entregar planos récord
- Aportar al desarrollo, modificación y revisión de planos
- Respetar las normas de dibujo estipuladas por la empresa

3. JUSTIFICACIÓN:

El análisis del fenómeno de golpe de ariete es un problema que muchas veces no se contempla en los diseños de acometidas o redes de distribución de agua potable o residual, y es un tema muy relevante ya que la aparición de este fenómeno en los sistemas hidráulicos de nuestros proyectos, pueden ocasionar desgastes y rupturas de tuberías y accesorios, afectando la funcionalidad de las estructuras hidráulicas y ocasionando pérdidas durante la vida útil del proyecto.

Pgs dentro de sus objetivos de trabajo, no se enfoca solamente en la distribución de material para la construcción, si no que asiste a las empresas instaladoras en conceptos técnicos y de optimización de sistemas hidráulicos, brindando un acompañamiento desde la fase de diseño del proyecto hasta la parte final o entrega de la obra.

Con esta herramienta Pgs brindara un servicio al cliente a la hora de ejecutar proyectos hidráulicos, ya que la idea es poder darle a conocer de una manera temprana al cliente, los problemas y gastos que se le pueden llegar a presentar si su sistema es propenso a presentar fenómenos de golpe de ariete, así como también brindarle especificaciones técnicas de lo que podrían ser las posibles soluciones para evitar este fenómeno, lo que quiere decir que Pgs obtendría un valor agregado a la hora de recomendar soluciones para evitar este tipo de fenómeno.



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:

Pipe Grooved Solutions, es una compañía que resalta por brindar un servicio al cliente de manera rápida, la garantía de sus productos es canal directo con fabricantes, de ahí donde maneja asesoría técnica de productos, en diseño y optimización de proyectos de ingeniería en conducción de fluidos, con base a los materiales que brindan solución y capacitación de montaje para tener la mejor experiencia en instalaciones hidráulicas.

Pipe Grooved Solutions tiene como objetivo presentar la satisfacción del cliente instalador de proyectos de una manera rápida de esta forma todos sus clientes pueden realizar más proyectos y aumentar su productividad, desde el ahorro no en precio de producto si no en otros gastos directos o indirectos que le pueden generar una instalación más difícil. El objetivo de la compañía entre otros es generar un crecimiento no solo a nivel Colombia si no en toda Latinoamérica.



Ilustración 1. Ubicación de la empresa en Google Maps



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO

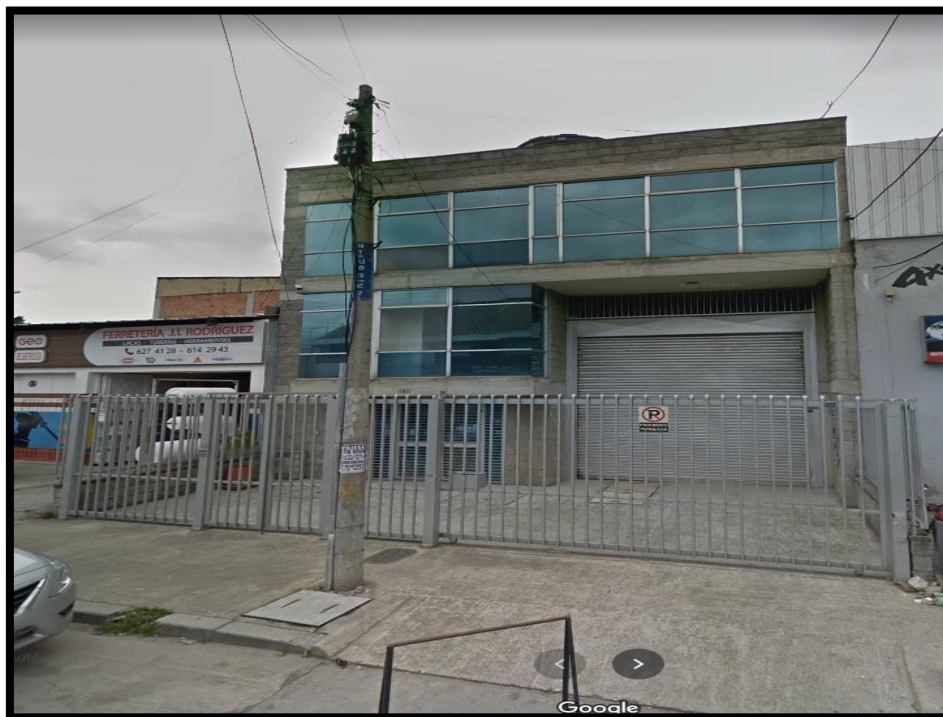


Ilustración 2. Imagen de la empresa en Google Maps

Pipe Grooved Solutions es una empresa que se encuentra ubicada en la zona norte de la ciudad de Bogotá, en la carrera 46 Numero 132-38, Barrio prado Veraniego, con coordenadas $4^{\circ}43'10''$ N y $74^{\circ}03'07''$ W. (tomadas de Google earth)



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



ORGANIGRAMA.

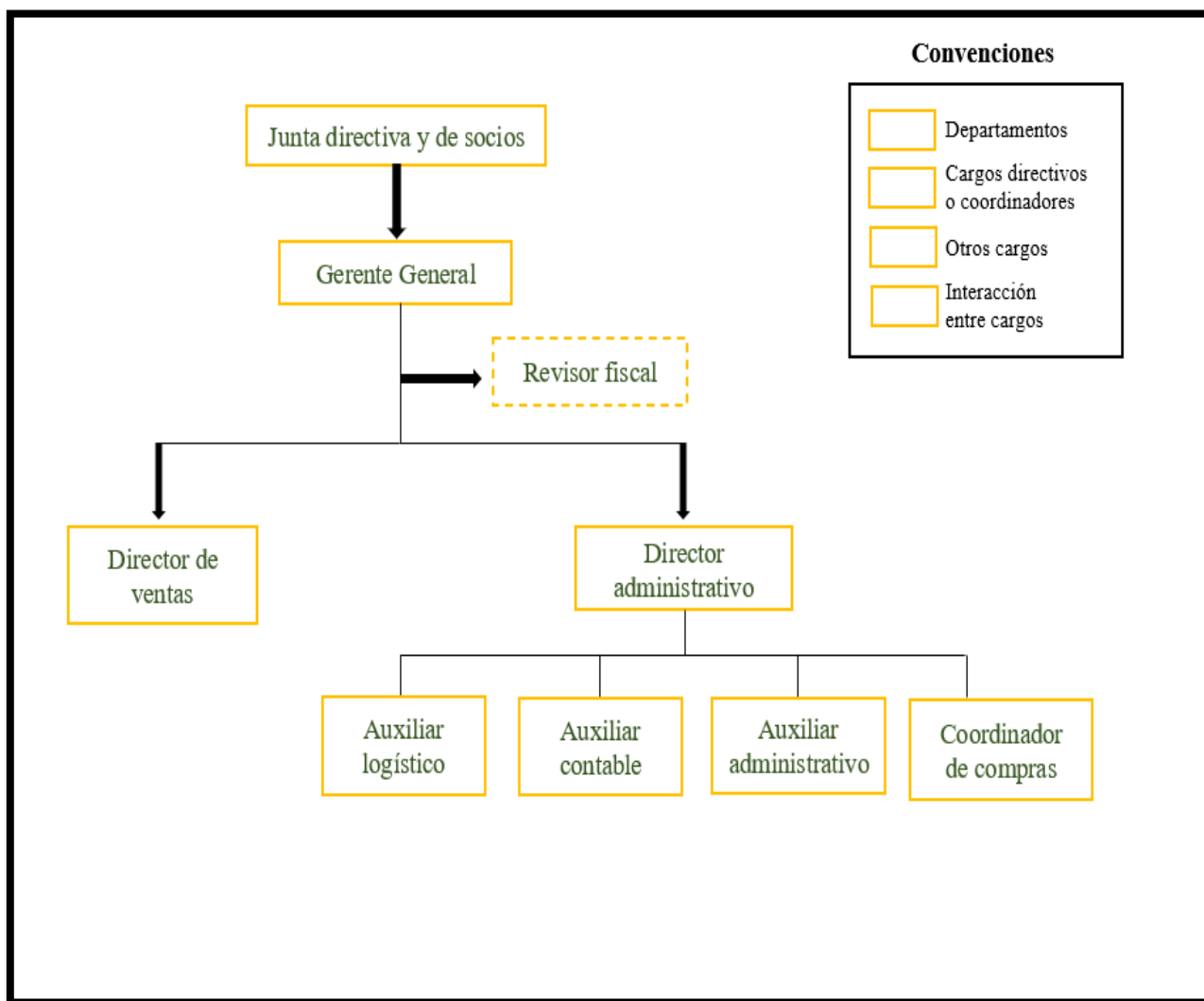


Ilustración 3. Organigrama de Pgs

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

Actualmente en la empresa laboran 10 personas

SERVICIOS.

Pipe Grooved Solutions, se enfoca en brindar una solución integral a su proyecto, desde el inicio en diseño, suministro, asesoría técnica y comercial para lograr el éxito en su desarrollo, materiales de primera calidad acompañados de fábrica.

Se enfoca en el suministro de soluciones para válvulas, sistemas de conexión para tuberías de todo tipo de material como; Acero Carbón, Cobre, Hierro Dúctil, Hierro Fundido y tuberías en polímeros, basados desde el soporte técnico en la asesoría de materiales para brindar mejoramiento y correcta instalación. (los productos son tan fáciles de instalar que los usuarios por lo general cometen errores por desconocimiento de cómo usar el producto

La compañía se resalta por brindar servicio al cliente de manera rápida, la garantía de nuestros productos es canal directo con fabricantes, he ahí donde se maneja asesoría técnica de productos, en diseño de proyectos con base a los materiales que brindan solución y capacitación de montaje para tener la mejor experiencia en instalaciones.



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



PRODUCTOS.

MARCAS	TIPO DE PRODUCTOS	PRODUCTOS	IMAGEN
	Accesorios Ranurados	Codos, tee, acoples, rociadores, valvulas	
	Accesorios contraincendios	Rociadores, valvulas	
	Accesorios hierro ductil, C900	Tuberias, codos, transiciones	
	Accesorios C900	transiciones	
	Control de flujo	valvulas	
	Control de flujo	Valvulas, mangueras	
	Soportes sismoresistentes	Cables, anclajes, herramientas	
	Control de flujo	valvulas, hidrantes	
	control de flujo	valvulas	
	Accesorios roscados	soportes, codos, tee, uniones	
	Extinción de incendio	Extintores de portatiles	

Ilustración 4. Productos de Pgs

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

5. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la empresa distribuye válvulas de control de flujo de la marca Claval, como reductoras de presión, válvulas de alivios y sostenedoras de presión, válvulas anticipadoras de golpe de ariete, válvulas angulares para gabinetes entre otras.

Para mitigar la cavitación se cuenta con un software especializado de fábrica, que con ingresarle unos datos de entradas como caudal, presión de entrada y presión de salida, arroja valores que indican si las condiciones dentro de la válvula están dadas para que un momento dado la válvula o el sistema presente el fenómeno de la cavitación, ocasionando daños en el sistema o en el interior de la válvula.

La empresa también distribuye válvulas de alivio que disipan en el momento el golpe de ariete, o anticipadoras de este como lo mencionado anteriormente, pero el problema puntual es que la empresa no cuenta con una herramienta o con un recurso que pueda calcular o analizar dicho fenómeno, para poderle dar soporte a los clientes que se enfrentan a estos fenómenos en sus sistemas de instalaciones, y dado que la empresa se esta enfocando en brindar acompañamiento y asesorías antes, durante y después de la instalaciones hidráulicas, es necesario conocer en profundidad el fenómeno del golpe de ariete y contar con una herramienta de cálculo, donde se puedan hacer las especificaciones técnicas del proyecto con seguridad, para que así los clientes sientan un mayor confianza y se motiven en escoger la empresa para resolver este tipos de problemas típicos en una instalación hidráulica a presión.

6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS

Describa las áreas temáticas o asignaturas que sirvieron para el desarrollo de su proyecto o funciones y actividades durante su práctica profesional

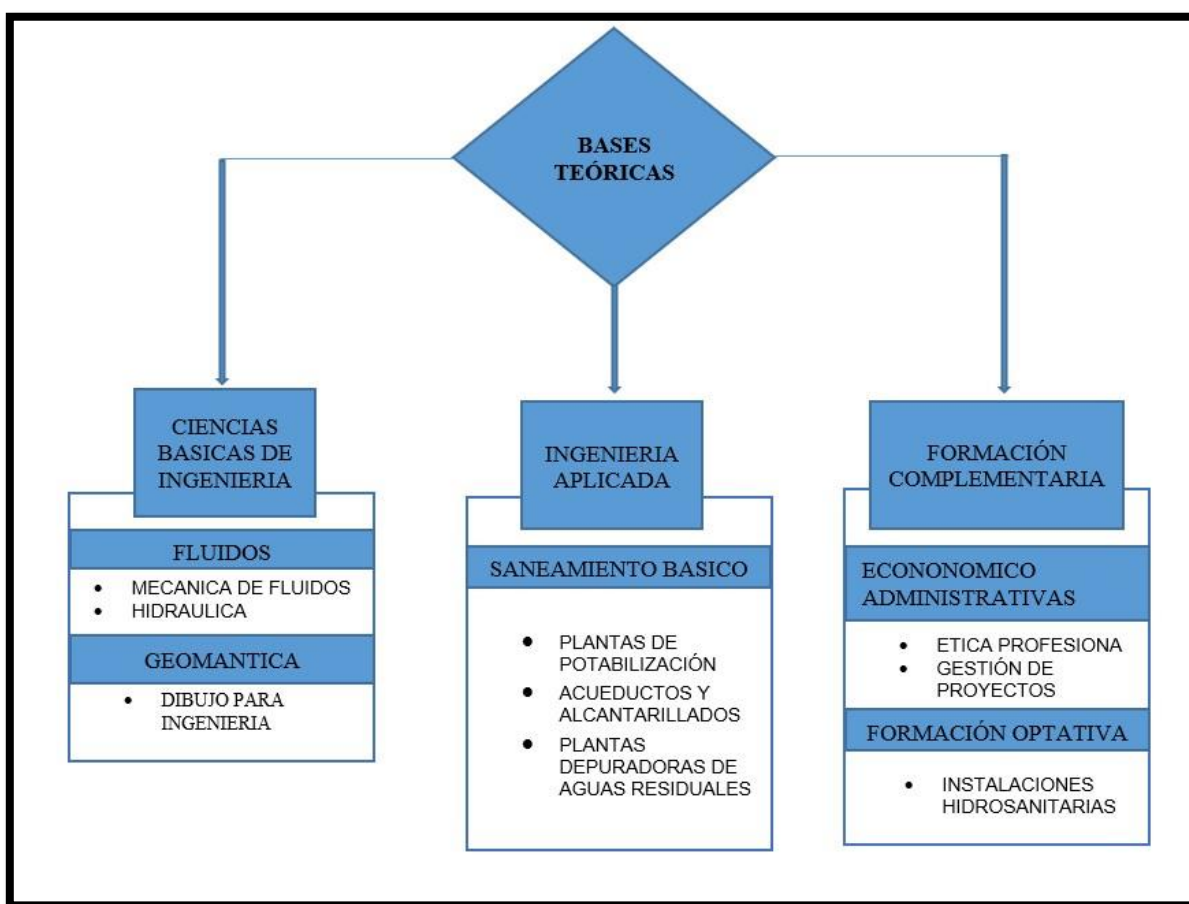


Ilustración 5. Bases teóricas utilizadas

7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES:

A continuación, se describen las actividades desarrolladas durante la etapa de prácticas según los compones que se relacionan con las áreas de diseño, cotizaciones y presupuestos con el fin de poder cumplir con las funciones establecidas.

PLANTEAMIENTO DE LA ACTIVIDAD	
1	Realizar cotizaciones de presupuestos
2	Modificación y optimización de planos
3	Asesoría técnica
4	Creación de base de datos de productos
5	Participaciones en reuniones
6	Participaciones en capacitaciones de fabrica
7	Creación de base de datos de familias en Revit
8	Capacitaciones de formación en software Autodesk Revit
9	Visita en campo de Instalaciones

1. Cotizaciones:

La empresa es conocida en el mercado por ser distribuidora de distintos materiales hidráulicos de importación en el país, los diferentes clientes o constructoras enviaban las cantidades de obra de sus proyectos y se gestionaba un presupuesto de los materiales que manejaba la empresa (ver Anexo 2), en estos presupuestos se cotizaron tuberías, accesorios para redes contra incendios, válvulas de control de flujo, soportes, entre otros (ver Imagen).



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



Artículos	FECHA	NÚMERO DE LA COTIZACIÓN	NÚMERO DE REFERENCIA	NOMBRE DEL CLIENTE	ESTADO
Ventas	02 jul 2021	EST-006919	Vic-300	Valveco SAS NIT 800.065.855-1	ENVIADO
Cientes	02 jul 2021	EST-006918	Válvulas 2 - PRO13921	Isan S.A.	ENVIADO
Presupuestos	02 jul 2021	EST-006917	Válvulas - PRO13921	Isan S.A.	ENVIADO
Seguimiento del tiempo	02 jul 2021	EST-006916	PPTO Edificio calle 73	ADKA INGENIERIA Y ARQUITECTURA SAS Nit: 901287744-1	ENVIADO
Informes	02 jul 2021	EST-006915	PPTO PPTO Edificio calle 73 GALVANIZADO	ADKA INGENIERIA Y ARQUITECTURA SAS Nit: 901287744-1	ENVIADO
Documentos 97	02 jul 2021	EST-006914	Ranurado Victaulic	INCOLDEX SAS NIT: 860.051.227-3	ENVIADO
Pestañas web	02 jul 2021	EST-006913	ROTAREX - SISTEMAS FM 200	Ingsecol	ENVIADO
Configurar lista de características	02 jul 2021	EST-006912	ROTAREX - NOVEC 1230	Ingsecol	ENVIADO
	02 jul 2021	EST-006911		Fire Protección Colombia Nit: 800.031.781-9	ENVIADO
	01 jul 2021	EST-006910	ACOPLES	CLIENTE	ENVIADO
	01 jul 2021	EST-006909	SO ENERGY INTERNATIONAL	CLIENTE	ENVIADO
	02 jul 2021	EST-006908	Válvula de Alivio	Ingsecol	ENVIADO
	01 jul 2021	EST-006907	Sopoteria	Hidroyunda SAS	ENVIADO
	01 jul 2021	EST-006906	Tee Mecanica	Osho Ingenieria - NIT 900068557	ENVIADO
	01 jul 2021	EST-006905	Válvula de Alivio	INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS WC SAS Nit: 800.250.926-9	ENVIADO

Ilustración 6. Ejemplo de Cotización



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



2. Modificación y optimización de planos:

Los planos de diseños hidráulicos para suministro de agua, desagüe, y redes contra incendios proporcionados por los clientes, eran realizados por el ingeniero o arquitecto especialista, luego eran enviados al ingeniero residente de obra, este último hacia las diferentes observaciones resultantes de la comparación de los planos con las condiciones de la obra, estas observaciones fueron analizadas y se realizaron las respectivas correcciones, actualizaciones y modificaciones al diseño en los planos. Estas observaciones se daban por diferentes motivos, cambios del diseño arquitectónico, disponibilidad de materiales en obra, cambios de tamaño de tubería o cambios de dimensiones de ductos, cajas de inspección o cuartos de bombas en la obra. Cuando se daban estos casos se le informaba al departamento de diseño y durante la práctica se realizaron las modificaciones a los planos con la respectiva asesoría y revisión del arquitecto responsable del diseño original. Con estas actividades el pasante adquirió experiencia y reforzó sus competencias en el área de diseño en instalaciones hidráulicas y de protección contra incendios.

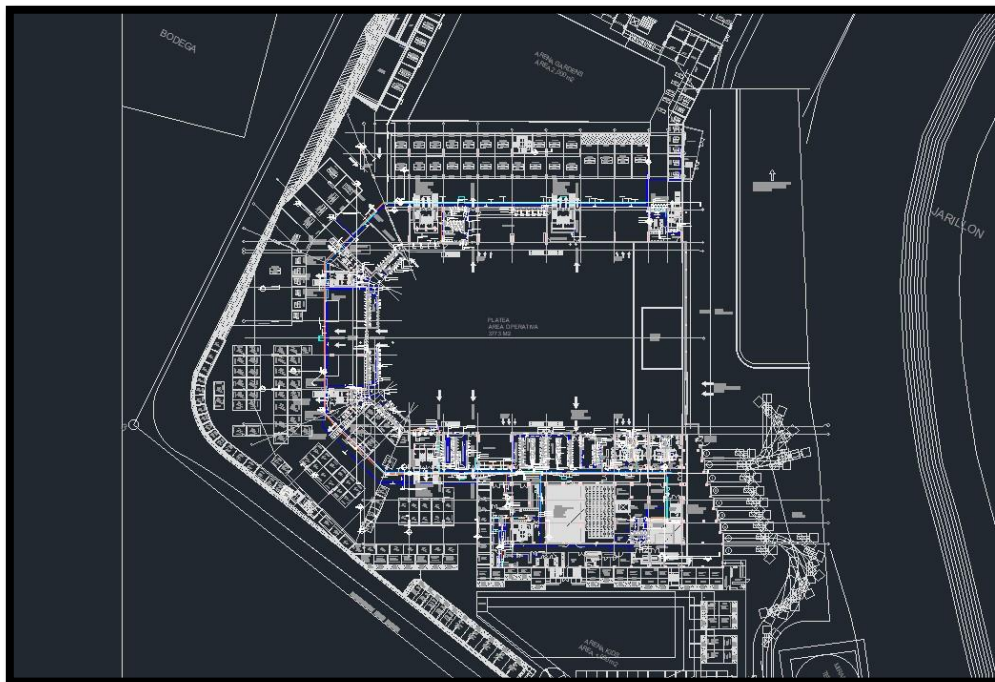


Ilustración 7. Ejemplo de plano de una instalación Hidrosanitaria



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



3. Asesoría técnica:

El cliente se comunicaba con la empresa vía correo electrónico o telefónica, en busca de asesoría en aspectos de soluciones para la instalación de sus sistemas hidráulicos, en productos tales como; acoples, codos, tee, T-mecánica, tee reducidas, válvulas de control de flujo, entre otros; y posteriormente se hacía la revisión de fichas técnicas de fabricantes, para revisar características como; diámetros, referencias y características de material, parámetros hidráulicos (presión, velocidad, temperatura), funciones del producto en la aplicación hidráulica etc., y luego de ello se comunicaba nuevamente con el cliente brindándole toda la asesoría correspondiente para poder ofrecerle la solución.

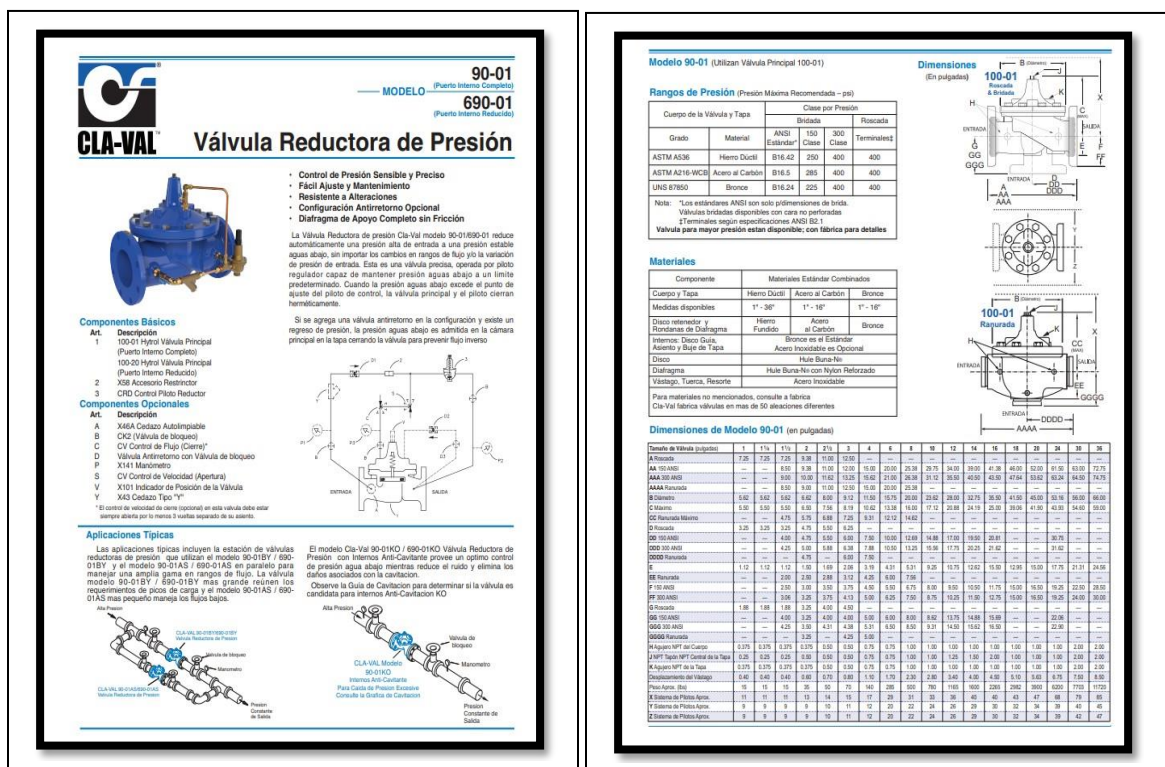


Ilustración 8. Ficha técnica de una válvula reductora de presión de la marca Claval

4. Creación de base de datos de productos:

Organización de matrices en Excel de especificaciones de productos; tales como registro de pesos de los materiales, organizándolos por diámetros, marcas, referencias y pesos; con el fin de que la parte de importaciones y despachos tuvieran una referencia del peso de la materia según las cantidades a la hora de importar y despachar material; esta matriz se hizo con la revisión de fichas técnicas de fabricantes:

Valvula de Prueba y drenaje N.720T	CENTRO DE CONTROL					
	ITEM	DIAMETRO	PESO LIBRA UNITARIO	PESO KILO UNITARIO	CANTIDAD ENVIO	PESO TOTAL EN KILO
	Valvula de Prueba y drenaje N.720T ORIF 1/2" NPT UL/FM Victaulic Refer to publication 10.22	1"	8,0	3,6	0,0	0,00
		1 1/4"	7,7	3,5	0,0	0,00
		1 1/2"	11,2	5,1	0,0	0,00
		2"	10,7	4,9	0,0	0,00
					TOTAL PESO	0,00
Valvula Diluvio 769N	CENTRO DE CONTROL					
	ITEM	DIAMETRO	PESO LIBRA UNITARIO	PESO KILO UNITARIO	CANTIDAD ENVIO	PESO TOTAL EN KILO
	Valvula Diluvio 769N GRV NXT VQR 24V DC Victaulic C0 - Ficha Técnica 31.81	1 1/2"	43,0	19,5	0,0	0,00
		2"	43,0	19,5	0,0	0,00
		2 1/2"	65,0	29,5	0,0	0,00
		3"	65,0	29,5	0,0	0,00
		4"	95,0	43,2	0,0	0,00
		6"	116,0	52,7	0,0	0,00
		8"	158,0	71,8	0,0	0,00
					TOTAL PESO	0,00
Valve GXG Handed with control valve and hose UMC GLOBE	CENTRO DE CONTROL					
	ITEM	DIAMETRO	PESO LIBRA UNITARIO	PESO KILO UNITARIO	CANTIDAD ENVIO	PESO TOTAL EN KILO
	Refer to Globe publication GFV-120	1 1/4"	24,0	10,9	0,0	0,00
		1 1/2"	24,0	10,9	0,0	0,00
		2"	26,0	11,8	0,0	0,00
		2 1/2"	31,0	14,1	0,0	0,00
		3"	59,0	26,8	0,0	0,00
		4"	87,5	39,8	0,0	0,00
		6"	124,5	56,6	0,0	0,00
		8"	177,0	80,5	0,0	0,00
					TOTAL PESO	0,00

Ilustración 9.Registro de pesos en Kg y lb de válvulas para sistemas contra incendio de la marca Victaulic.

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

5. Participación en reuniones:

En esta actividad la función fue asistir a reuniones programadas por la empresa, en donde los encargados del área comercial de la empresa, con la ayuda de los ingenieros expertos de fábrica exponían las soluciones que brinda la empresa en cuanto a temas de instalación, se tuvo la oportunidad de estar en reuniones con ingenieros de la empresa triple AAA barranquilla, Edospina, en donde un ingeniero de fábrica de la marca Victaulic expuso la innovadora solución de acoplamientos rápidos de tuberías para las redes de distribución de aguas municipales y plantas de tratamientos de aguas residuales y potables.

6. Participación en capacitaciones de fábrica:

Esta actividad consistía en asistir a las capacitaciones que hacen los ingenieros de fábrica, en donde explican paso a paso el funcionamiento de sus productos, características funcionales, aplicaciones, software de cálculos, soluciones a fenómenos hidráulicos (cavitación, golpe de ariete); estas reuniones se llevaron a cabo vía presencial y virtual, en donde se tuvo la oportunidad de asistir a una conferencias virtuales en válvulas de control de flujo de la marca CLAVAL, como reductoras de presión, válvulas de alivio de presión, software de cálculos de la cavitación en válvulas de control de hidráulico entre otras.



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO

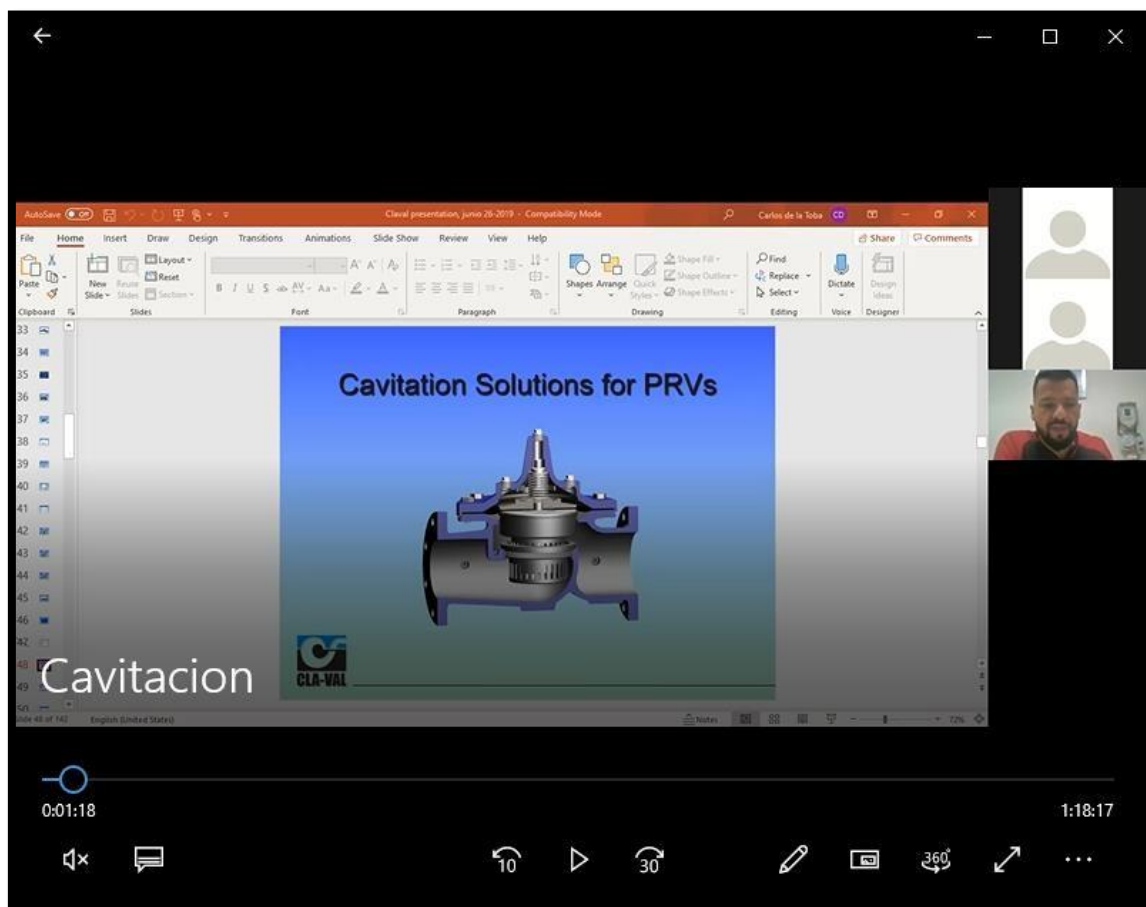


Ilustración 10. Capacitación con ingeniero de la empresa CLAVAL, en válvulas anti-cavitation



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO

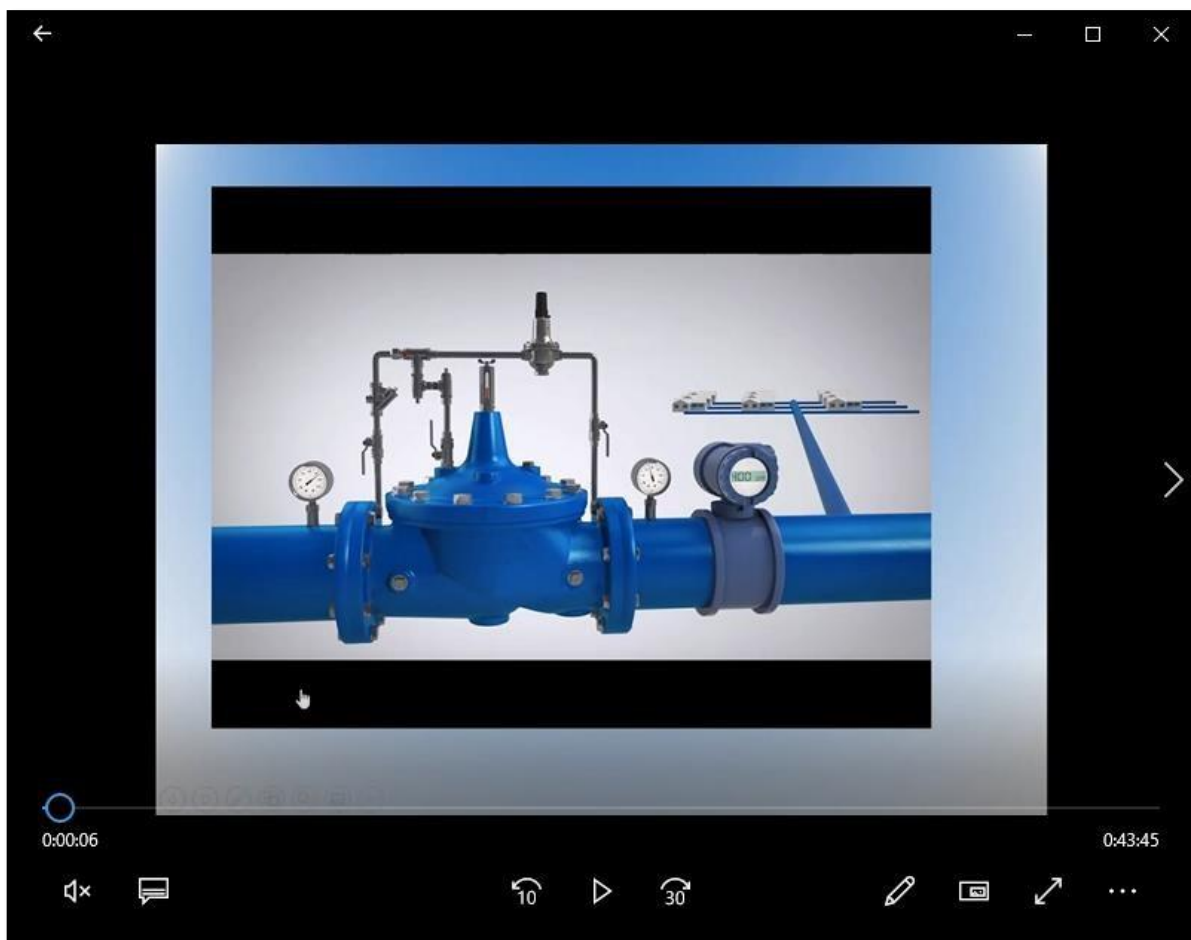


Ilustración 11. Capacitación con ingeniero de la empresa CLAVAL, en válvulas reductoras de presión



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO

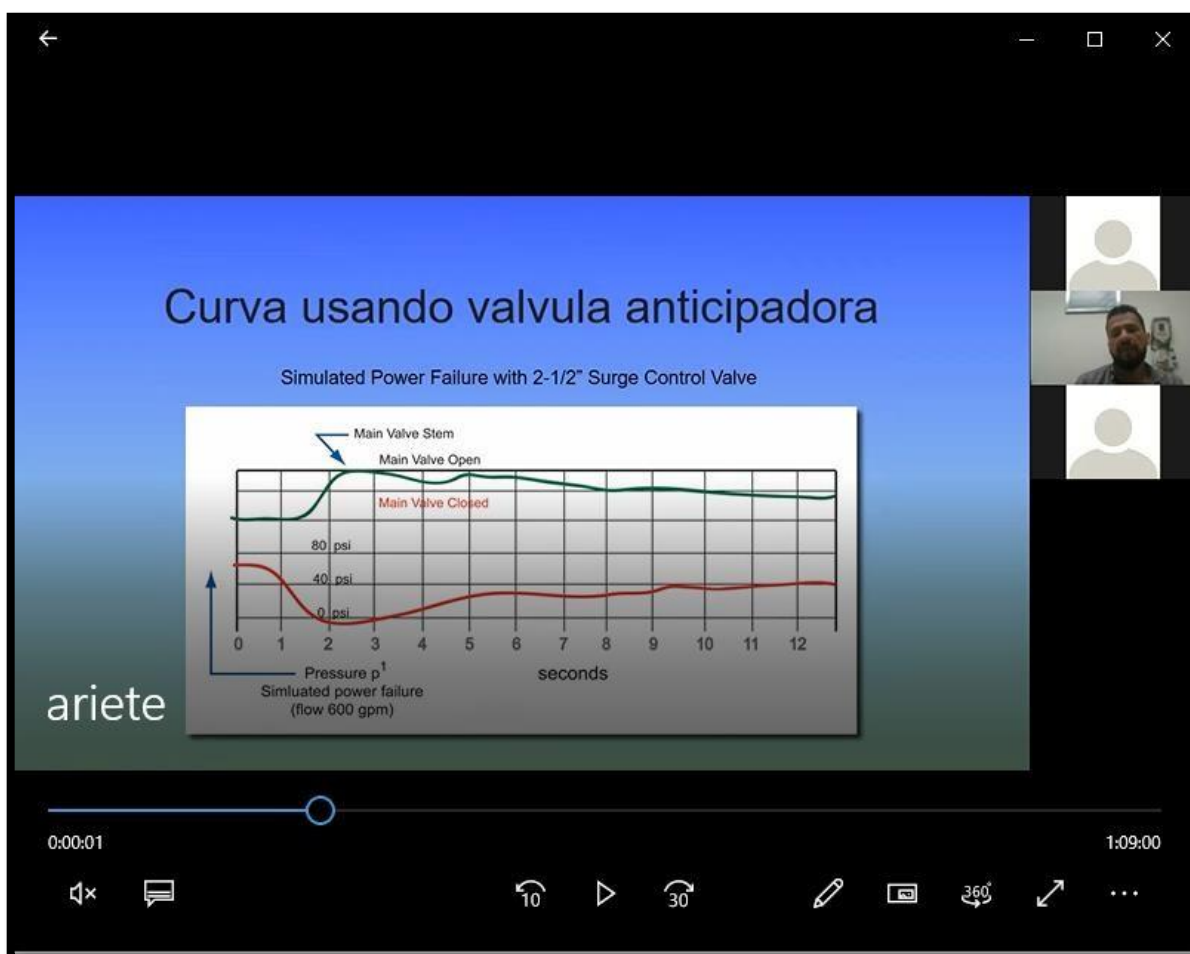


Ilustración 12. Capacitación con ingeniero de la empresa CLAVAL, en válvulas anticipadoras del golpe de ariete



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



7. Creación de base de datos de familias en Revit:

La transición del CAD (planos en 2D) al modelado 3D, es un tema que a través de los años ha cogido fuerza a nivel de diseño de ingeniería, es muy útil a la hora de cuantificar cantidades de material, cantidades de obra, tiempos de entrega entre otras muchas ventajas, es por ello que en Pgs, se me dio la tarea de organizar las familias en Revit de los modelos en 3D de algunos proveedores que maneja la empresa, ya que desde hace algún tiempo los clientes y las empresas constructoras manifiestan su interés en estas familias para incluirlas dentro de sus diseños.

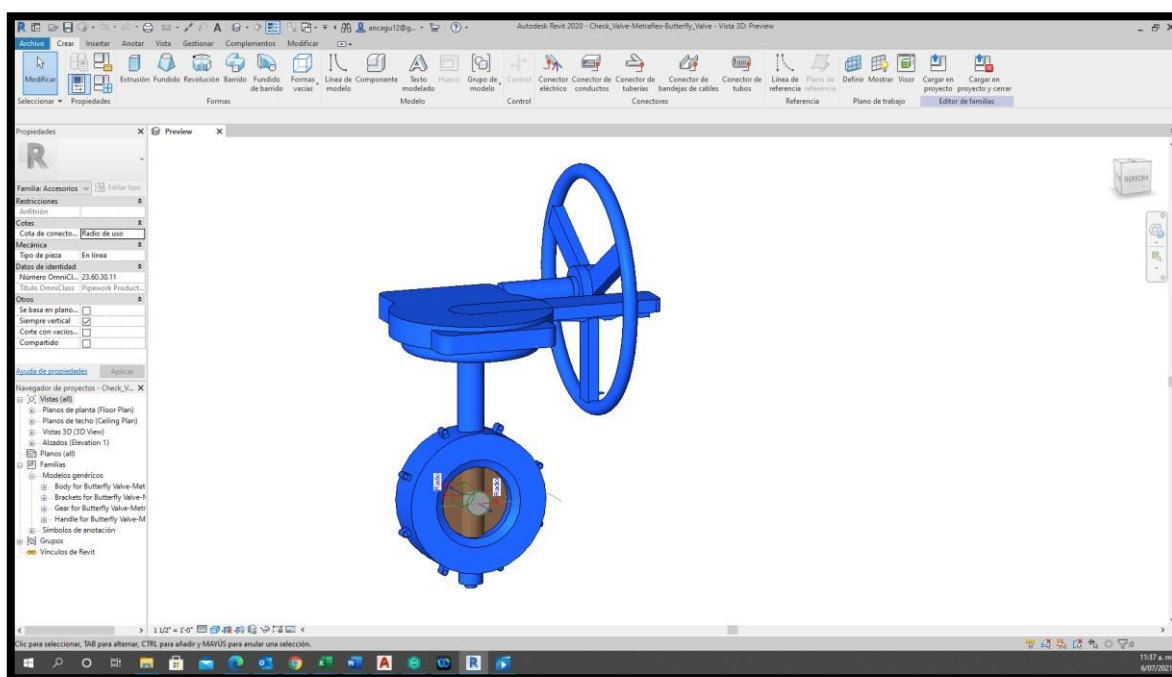


Ilustración 13. Familia de una válvula mariposa de la marca viking

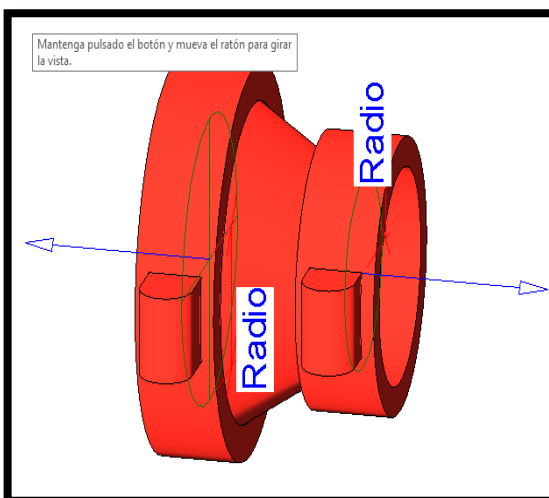
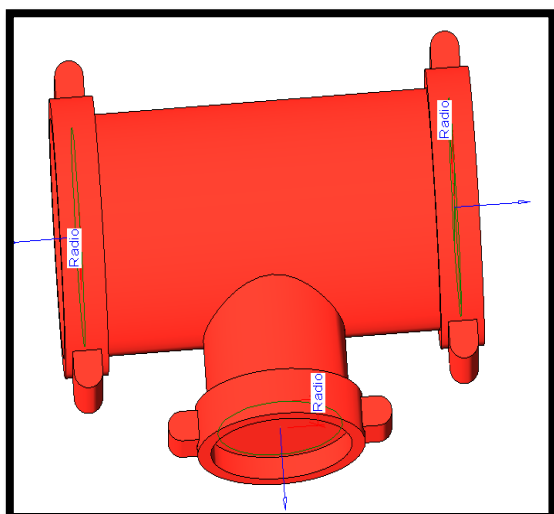
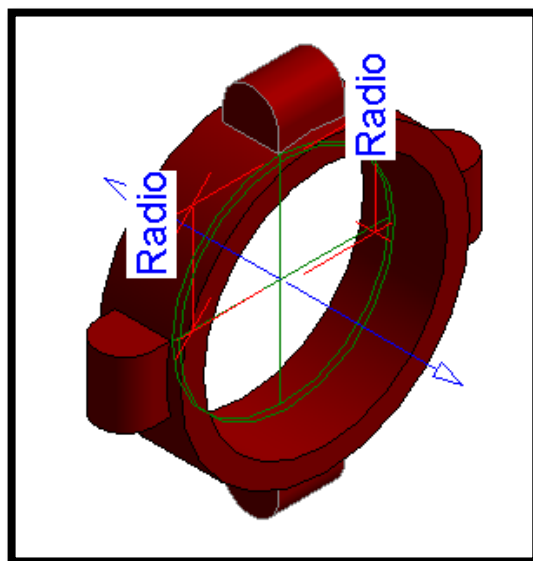
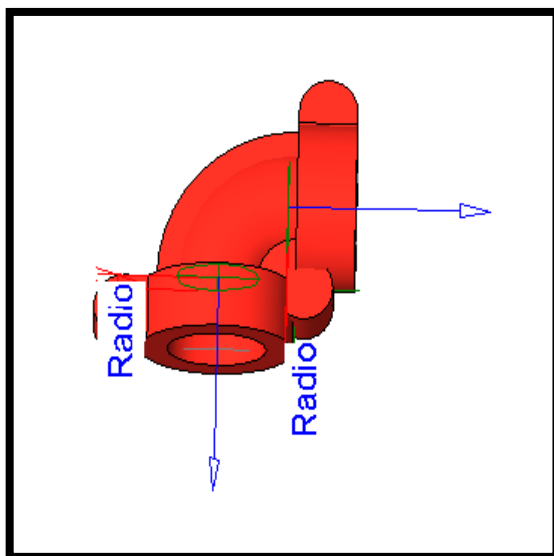


Ilustración 14. Familias de accesorios de la marca victaulic



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



8. Capacitaciones de formación en software Autodesk Revit:

Se recibieron pequeñas capacitaciones los días sábados con las personas expertas en el software Autodesk Revit de la empresa Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias W.C. sas, para poder aprender el manejo básico de esta herramienta.

9. Visitas en campo:

Durante las prácticas en la empresa se hizo una visita de un proyecto de una instalación de una red contra incendios (sistema de rociadores), en donde se pudo evidenciar con claridad como este tipo de instalaciones y cuáles son los elementos que las componen, se visitó la bodega de mercado libre en la zona de franca de Funza Cundinamarca, la cual Pgs distribuyo toda la solución ranurada de accesorios y rociadores automáticos.



Ilustración 15. Visita en campo

CRONOGRAMA:

De acuerdo a las funciones y las actividades realizadas se ubican en el siguiente diagrama de Gantt.

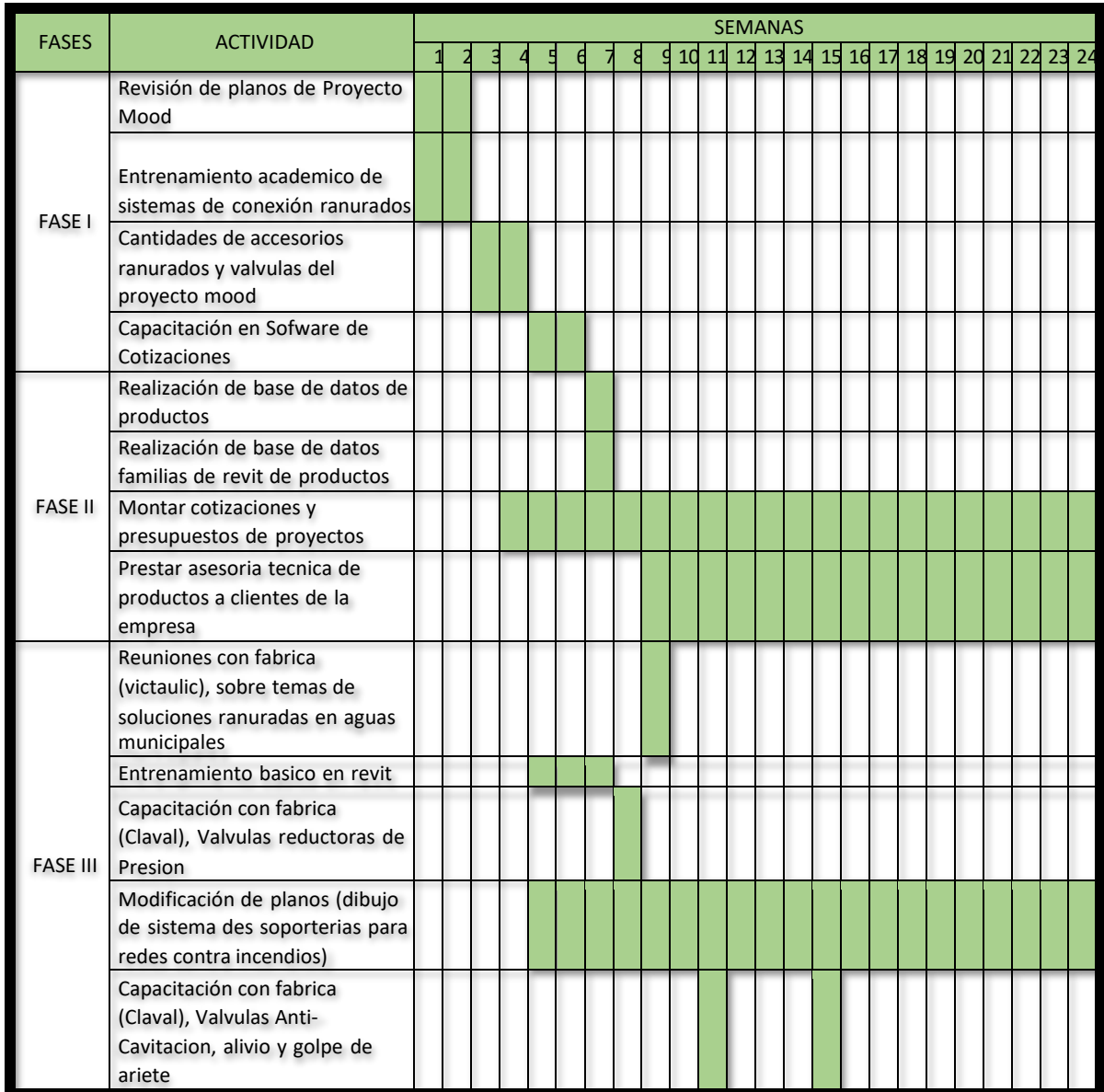


Ilustración 16.Cronograma de Actividades

8. PRESUPUESTO:

PRESUPUESTO DEL PROYECTO			
ACTIVIDADES	CANTIDAD DE HORAS	VALOR UNITARIO	TOTAL
Academicas			
Capacitaciones técnicas	6	\$ 1.500.000	\$ 9.000.000
Investigación bibliográfica	12	\$ 250.000	\$ 3.000.000
Realización del modelo	0	\$ -	\$ -
Creación del modelo teorico	4	\$ 350.000	\$ 1.400.000
Creación del modelo digital en Excel	3	\$ 400.000	\$ 1.200.000
Simulación y comprobación del modelo	5	\$ 500.000	\$ 2.500.000
		COSTO TOTAL DEL PROYECTO	\$ 17.100.000

Ilustración 17. Presupuesto

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Enumere las principales conclusiones del informe con respecto a los resultados obtenidos y logros alcanzados, describa el apoyo de la empresa. Y menciones las líneas futuras (posibles trabajos o investigaciones que se podrían dar en el área de trabajo a partir del presente documento)

En las funciones y actividades realizadas en la empresa en cuanto a conceptos de mecánica de fluidos e hidráulica, se obtuvo un gran conocimiento del funcionamiento hidráulico de los sistemas de protección contra incendio con rociadores y gabinetes, aunque la empresa no se dedica propiamente a realizar los cálculos y diseños, en cuanto a la parte técnica se pudo obtener un gran conocimiento para reforzar en lo académico este tipo de diseños hidráulicos, además fue muy interesante conocer toda esa información que muchas veces no se encuentra contenida en las especificaciones técnicas de un proyecto que un futuro pueden ser útiles en el momento en que exista la participación en obra de este tipo de proyectos, ya que se aprendieron conceptos muy prácticos que se aplican en este tipo de instalaciones hidráulicas.

Durante las practicas uno de los mayores aprendizajes es que se pudo visitar un proyecto real donde se pudo evidenciar en obra la instalación de una red contraincendios, así como también se pudo participar en muchas cotizaciones presupuestos de proyectos muy importantes de la ciudad de Bogotá y el país, fueron temas que quizás no pude ver en mi vida académica y que de alguna manera fueron interesantes para reforzar esa parte en el momento de que en un futuro se participe en la licitación de algún proyecto.

En un principio de las practicas se buscaba adentrarse mas en lo que era todo el tema de cantidades de obra, cotizaciones, presupuestos y planos, pero al pasar el tiempo se fue encaminando mas hacia la parte de válvulas de control automático, y con el fin de aportar a la empresa los conocimientos adquiridos durante mi vida académica, fue que asumí el reto de poder analizar uno de los fenómenos hidráulicos presentados en muchos proyectos de sistemas hidráulicos a presión, como lo son los transitorios hidráulicos, ya que en la empresa se distribuyen las válvulas que pueden contrarrestar este tipo de fenómenos.



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



10. BIBLIOGRAFÍA

- <http://pgsolutions.com.co/>
- <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14518/1/INSTRUMENTACI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20F%C3%8DSICO%20DE%20GOLPE%20DE%20ARIETE%20INSTALADO%20EN%20EL%20LABORATORIO%20DE%20HIDRAULICA%20DE.pdf>
- <https://www.hidroing.com/como-calcular-el-golpe-de-ariete/>
- <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/563/analisis%20teorico%20experimental%20del%20fenomeno%20del%20golpe%20de%20ariete%20por%20el%20cierre%20rapido%20de%20una%20valvula%20en%20tuberias.pdf;jsessionid=E6135F0E0F1CA7C79B4F6A7C7FFBA74A?sequence=3>
- <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14518/1/INSTRUMENTACI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20F%C3%8DSICO%20DE%20GOLPE%20DE%20ARIETE%20INSTALADO%20EN%20EL%20LABORATORIO%20DE%20HIDRAULICA%20DE.pdf>
- <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14518/1/INSTRUMENTACI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20F%C3%8DSICO%20DE%20GOLPE%20DE%20ARIETE%20INSTALADO%20EN%20EL%20LABORATORIO%20DE%20HIDRAULICA%20DE.pdf>

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

ANEXOS

CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA
BRECHACIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN
CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA
SOBREPRESION POR GOLPE DE ARIETE
EN SISTEMAS DE BOMBEO



	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

1. INTRODUCCIÓN

El golpe de ariete es denominado como un choque violento producido al interior de las paredes de una tubería, este efecto se produce por cambios bruscos de flujo (variaciones de velocidad). En el caso de los suministros hidrosanitarios, se han evidenciado sobrepresiones y depresiones generadas por el cierre de las válvulas, que puede ser ocasionado por cierres rápidos o lentos.

Este fenómeno también se puede presentar en los sistemas de bombeo cuando se presentan paradas de bombas, ya sea por fallo de energía o por cualquier fallo en el sistema, esto lo que puede ocasionar es una sobre carga hidráulica en las tuberías de conducción que puede incurrir en daños a lo largo del sistema, por lo que se deberían tener dispositivos de control que se activen de manera inmediata para poder mitigar este tipo de problemas.

El valor de la sobrepresión por golpe de ariete depende del tiempo de cierre de válvulas y del material de que este elaborado la tubería, en Colombia la aparición de este fenómeno de golpe de ariete se presenta principalmente en el sector del agua, en los sistemas de abastecimiento de agua potable y en líneas de distribución.

En este trabajo lo que se pretende es elaborar una herramienta de cálculo en el software Excel que arroje el valor de la sobrepresión causada por este fenómeno hidráulico, introduciéndole valores de entrada que serán obtenidos de los diseños realizados de los sistemas de bombeos, el valor que arrojara esta herramienta de cálculo estará dado de acuerdo a una serie de ecuaciones matemáticas que han sido estudiadas y probadas experimentalmente a lo largo de la historia del estudio de este fenómeno por científicos como Michaud y Allievi.

Adicionalmente se simularán los valores obtenidos de esta herramienta en el software Allievi, para analizar el comportamiento del fenómeno hidráulico e identificar si es necesario contemplar medidas de control que puedan disipar el golpe de ariete, con el fin de evitar posibles daños en el sistema hidráulico.

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

2. Objetivo General:

Diseño de una herramienta de cálculo del golpe de ariete en tuberías a presión y simulación del fenómeno en el software Allievi para proyectos de ingeniería de la empresa pipe Grooved Solutions

3. Objetivos Específicos:

- Determinar las bases teóricas del fenómeno del golpe de ariete en sistemas de tuberías a presión
- Precisar los requisitos y parámetros de funcionamiento para el diseño de la herramienta de análisis de golpe de ariete
- Hacer el diseño conceptual de la herramienta teniendo en cuenta las medidas de mitigación del golpe de ariete
- Desarrollar el diseño detallado de la herramienta de cálculo de golpe de ariete
- Simular los resultados del fenómeno del golpe de ariete en el software allievi

	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO	
---	---	---

Definición de Golpe de Ariete:

Un transitorio hidráulico o también denominado “golpe de ariete”, es un aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad de caudal de la tubería. Este fenómeno se denomina "golpe de ariete" porque los aumentos repentinos de la presión suelen ir acompañados de un ruido semejante al que haría la tubería si se golpease con un martillo.

Línea de conducción: La línea de conducción tiene la función de conducir o llevar el agua captada de la fuente hasta el lugar de su almacenamiento, tratamiento o distribución.

Longitud de la conducción (L): Medida en metros (m), de la longitud de la línea de conducción que va ser motivo de análisis para el cálculo de la sobrepresión por golpe de ariete

Altura Geométrica (Hg): Desnivel en metros (m), que debe vencer el fluido desde la lámina de agua más baja, hasta el punto más alto de la conducción.

Caudal (Q): Cantidad o volumen del fluido (agua) que conduce la tubería por unidad de tiempo.

Diámetro interior (Di): Corresponde al diámetro interno de la tubería.

Velocidad del Agua (V): Velocidad del régimen de agua en (m/s).

Perdida de carga (Δh): corresponde a las pérdidas de carga por fricción en toda la línea de la tubería.

Altura manométrica (Hm): Es la suma de la altura geométrica (Hg), más las pérdidas de carga de energía.

Celeridad de la onda (a): Es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería.

Pendiente hidráulica (m): Diferencia en elevación de la superficie libre por unidad de longitud, medida horizontalmente en el sentido del flujo.



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



4. ECUACIONES PARA EL CALCULO DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE

Datos de entrada:

Longitud de la conducción (L)

Altura Geométrica (Hg)

Caudal (Q)

Diámetro interior (Di)

- velocidad del agua

$$Q = AV$$

Ecuación 1

Donde:

Q= Caudal en (L/s)

A= Área de la sección en (m²)

V= Velocidad del fluido (m/s)

Despejamos,

$$V = \frac{Q}{A}$$

Nota:

$$\text{Área de un círculo} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$V = \frac{Q}{\pi D^2}$$



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Hallamos pérdida de carga con la fórmula de Hazen Williams

$$V = 0.36CD^{0.63}J^{0.54}$$

Ecuación 2

Donde:

V= velocidad en m/s

D= Diámetro interior de la tubería en mm

J= pérdida de carga

C= coeficiente de Hazen-Williams

Despejamos J,

$$J = \left(\frac{V}{0.36CD^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

- Pérdida de carga (Δh)

$$\Delta h = JL$$

Ecuación 3

- Altura manométrica (H_m)



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



$$H_m = H_g + \Delta h$$

Ecuación 4

- Celeridad de la onda (a)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K_c \frac{D_i}{e}}}$$

Ecuación 5

Donde:

e = espesor de la tubería

K_c=coeficiente función del módulo de elasticidad © del material constitutivo de la tubería expresado Kg/m², cuyo valor es:

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

E=Modulo de elasticidad expresado en Kg/m²

- Pendiente hidráulica (m)

$$m = \frac{H_m}{L}$$

Ecuación 6

- Tiempo de parada (T) de bombas según Mendiluce

$$T = C + \frac{K + L + v}{gH_m}$$



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



Ecuación 7

Donde:

C Y K= coeficientes de ajustes empíricos
g=aceleración de la gravedad

El coeficiente ©, es función de la pendiente hidráulica (m)

C=1, para pendientes hidráulicas crecientes de hasta el 20%
C=0, para pendientes hidráulicas mayores o iguales al 40%
C=0,60 para pendientes hidráulicas iguales al 30%

El coeficiente K, depende de la longitud de la conducción y puede obtenerse de acuerdo a la siguiente tabla propuesta por Mendiluce:

L	K
L<500	2
L=500	1,75
500<L<1500	1,5
L=1500	1,25
L>1500	1

- Tiempo critico (T_c)

$$T_c = \frac{2L}{a}$$

Ecuación 8

- Longitud critica (L_c)

$$L_c = \frac{aT}{2}$$



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



Ecuación 9

- Sobrepresión por golpe de ariete

Cierre lento:

Michaud propone la siguiente ecuación para valorar el golpe de ariete por cierre lento;

$$\Delta p = \frac{av}{g}$$

Ecuación 10

Cierre rápido:

Allievi propone para el valor máximo del golpe de ariete la siguiente expresión;

$$\Delta p = \frac{av}{g}$$

Ecuación 11

Concepto de longitud crítica (L_c) para escoger el tipo de impulsión:

- Si $L < L_c$, se trata de una impulsión (conducción) es corta que se correspondería con un cierre lento, calculándose el golpe de ariete con la fórmula de Michaud.

- $L > L_c$, entonces la impulsión(conducción) es larga y el cierre rápido, siendo el valor del golpe de ariete el dado por Allievi desde la válvula hasta al punto crítico y por Michaud en el resto.

5. Construcción del modelo de cálculo en Excel.

- Ubicar los parámetros de entrada

Longitud (L)	m	3000
Altura Geometrica (Hg)	m	70
Caudal (Q)	L/s	90
Diametro interior (Di)	mm	300

Los valores mostrados son de ejemplo,

- Para el cálculo de velocidad (V), formular en Excel

=REDONDEAR (Q/1000/(PI () *(Di/1000)^2/4);2)

- Para el cálculo de las pérdidas de carga
Insertar el coeficiente de Hazem según sea el caso,

Coeficiente de hazen wiliams (C)		150
----------------------------------	--	-----

- Para el cálculo de la perdida de carga (J), formular en Excel

=REDONDEAR(POTENCIA(V/(0,36*C*POTENCIA(Di/1000;0,63));1/0,5

- Para el cálculo de la perdida de carga (Δh), formular en Excel

=REDONDEAR(J*I/1000;2)



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Para el cálculo de la altura manométrica (H_m), formular en Excel

$$=H_g + \Delta h$$

- Para el cálculo de celeridad de la onda (a), formular en Excel

$$=\text{REDONDEAR} (9900/\text{RAIZ} (48,3+K_c*(D_i/e));2)$$

- Para el cálculo de la pendiente hidráulica (m), formular en Excel

$$=\text{REDONDEAR}(H_m/L;3)$$

- Coeficiente (c), Mendiluce, formular en Excel

$$=\text{SI} (J_{21}<0,2;1; \text{SI}(J_{21}\geq 0,4;0; \text{SI}(J_{21}=0,3;0,6;"")))$$

- Coeficiente (K), Mendiluce, formular en Excel

$$=\text{SI} (J_5<500;2;$$

- Para el cálculo del tiempo de parada (T), formular en Excel

$$=\text{REDONDEAR}(C+K*L*V/(9,81*H_m);2)$$

- Para el cálculo del tiempo critico (T_c), formular en Excel

$$=\text{REDONDEAR}(2*L/a;2)$$



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Para el cálculo de la longitud critica

=REDONDEAR(a*T/2;2)

- Tipo de conducción, formular en Excel

=SI(L>Lc;" Larga"; "Corta")

- Tipo de cierre, formular en Excel

=SI (Tipo de conducción="Larga";"Rápido";"Lento")

- Formula a utilizar, formular en Excel

=SI (Tipo de conducción ="Larga";"Allievi";"Michaud")

- Cálculo de golpe de ariete (Δh) en mca, formular en Excel

=REDONDEAR(a*V/9,81;2)

•

- Cálculo de golpe de ariete (Δh) en psi, formular en Excel

=REDONDEAR.MAS (1,422* Δh ;2)



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



Resultado,

CÁLCULO DE SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO		
DATOS DE ENTRADA		
Longitud (L)	m	3000
Altura Geométrica (Hg)	m	70
Caudal (Q)	L/s	90
Díámetro interior (Di)	mm	300
Velocidad (V)	m/s	1,27
PERDIDA DE CARGA CON HAZEN WILIAMS		
Coeficiente de hazen wiliams (C)		150
Perdida de carga (J)	m/km	3,93
Perdida de carga (Δh)	mca	11,79
Altura Manométrica (Hm) ($H_g + \Delta h$)	mca	81,79
SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE		
velocidad del agua (V)	m/s	1,27
espesor e	mm	6,2
módulo de elasticidad	Kg/m ²	4,00E+08
coeficiente (Kc)		25
celeridad de la onda (a)	m/s	279,13
pendiente hidráulica (m)		0,027
coeficiente (C) Mendiluce		1
coeficiente (K) Mendiluce		1
Tiempo de parada (T)	s	5,75
Tiempo crítico (Tc)	s	21,5
Longitud crítica (Lc)	m	802,5
Tipo de conducción		Larga
Tipo de cierre		Rápido
Fórmula		Allievi
Golpe de ariete (Δh)	mca	36,14
Golpe de ariete (Δh)	psi	51,4

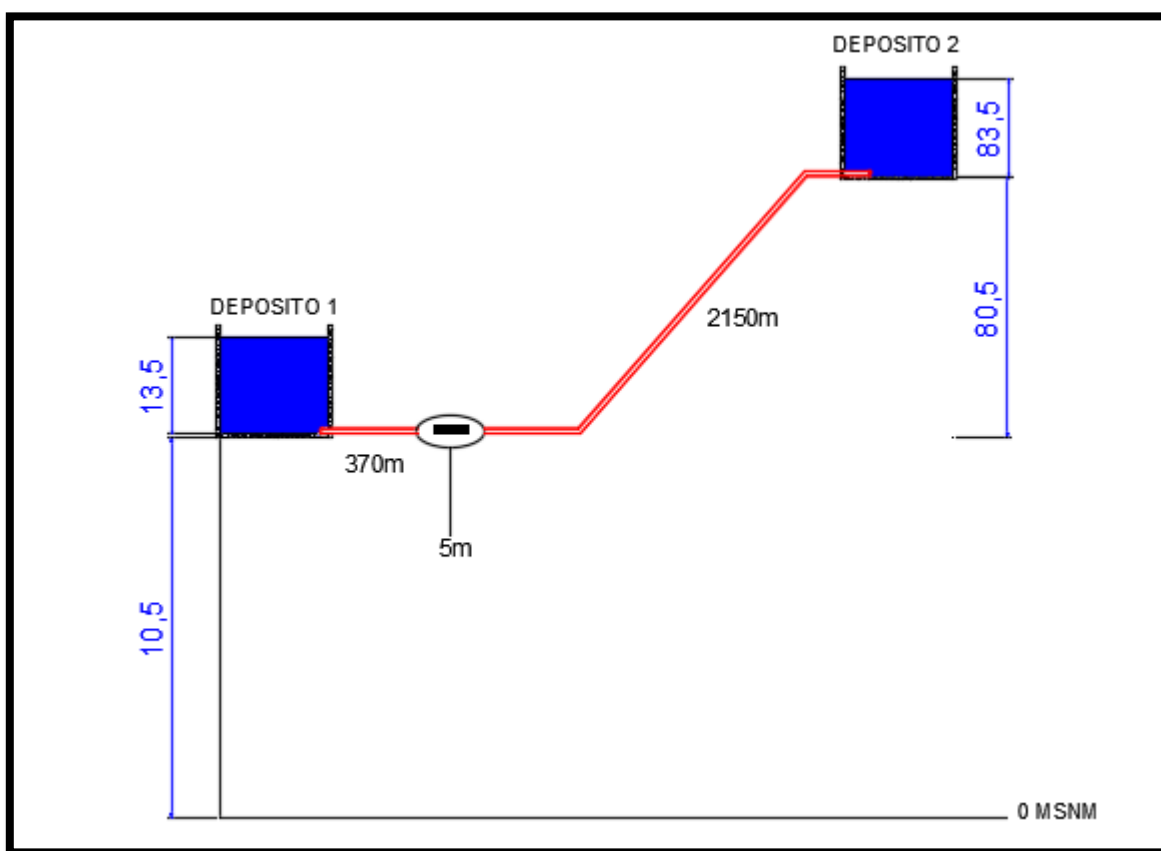


CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



6. EJEMPLO DE CÁLCULO Y SIMULACIÓN DEL GOLPE DE ARIETE.

- Calcular la sobrepresión por golpe de ariete de la siguiente configuración de un sistema de bombeo.



FUENTE PROPIA



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Utilizando la calculadora en Excel, nos arroja los siguientes valores;

CALCULO DE SOBREPRESION POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO		
DATOS DE ENTRADA		
Longitud (L)	m	2150
Altura Geometrica (Hg)	m	80,5
Caudal (Q)	L/s	97
Diametro interior (Di)	mm	309,57
Velocidad (V)	m/s	1,29
PERDIDA DE CARGUE CON HAZEN WILIAMS		
Coeficiente de hazen wiliams (C)		140
Perdida de carga (J)	m/km	4,43
Perdida de carga (Δh)	mca	9,52
Altura Manometrica (Hm) ($H_g + \Delta h$)	mca	90,02
SOBREPRESION POR GOLPE DE ARIETE		
velocidad del agua (V)	m/s	1,29
espesor e	mm	7,14
modulo de elasticidad	Kg/m ²	2,81E+09
coeficiente (Kc)		4
celeridad de la onda (a)	m/s	695,54
pendiente hidraulica (m)		0,042
coeficiente (C) Mendiluce		1
coeficiente (K) Mendiluce		1
Tiempo de parada (T)	s	4,14
Tiempo critico (Tc)	s	6,18
Longitud critica (Lc)	m	1439,77
Tipo de conduccion		Larga
Tipo de cierre		Rápido
Formula		Allievi
Golpe de ariete (Δh)	mca	91,46
Presion maxima	mca	181,48
Presion maxima	psi	258,07



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Valores de ficha técnica del manual de tuberías a presión de PAVCO utilizados para el cálculo,

Diámetro interior y espesor en mm,

Presión Nominal o de Trabajo a 23°C PR160 psi (RDE 46)*								
Referencia	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Espesor de Pared	Diámetro Interior	Peso Aprox	Longitud		Rigidez Tubería
	pulg.	mm	mm	mm	Kg/m	Tubo	Campaña	psi
2905080	3	88.90	2.76 (RDE 32.5)*	83.38	1.14		105.3	58
2900110	4	114.30	2.52	109.26	1.25		139.2	
2900112	6	168.28	3.71	160.86	2.70		161.7	20
2900114	8	219.08	4.83	209.42	4.58	6.0	179.8	
2900106	10	273.05	6.02	261.01	7.12		203.4	
2900108	12	323.85	7.14	309.57	10.02		220.5	
2900523	14	355.60	7.85	339.90	13.18		211.4	
2905387	16	406.40	8.97	388.46	17.17		232.7	
2905392	18	457.20	10.07	437.06	21.54		265.0	
2905394	20	508.00	11.19	485.62	26.81		295.0	

Módulo de elasticidad,

Fórmula:

$$h_m = k_m \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- h_m : Pérdida menor
- k_m : Coeficiente de pérdidas menores
- v : Velocidad
- g : gravedad

En la Tabla 1 se presentan los valores de los coeficientes encontrados experimentalmente en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de los Andes.

Tabla 1	
Accesorio	k_m
Unión	0.15
Codo 45°	0.5

Fórmula:

$$P = \frac{aV}{g} \quad \text{con:}$$
$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + (K/E)}} \quad (\text{RDE-2})$$

Donde:

- P : Sobrepresión máxima en metros de columna al cerrar bruscamente la válvula.
- a : Velocidad de la onda (m/s).
- V : Cambio de velocidad del agua (m/s).
- g : Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²
- K : Módulo de compresión del agua = 2.06 x 10⁹
- E : Módulo de elasticidad de la Tubería (2.81 x 10⁸ Kg/cm² para PVC Tipo 1, Grado1)
- RDE: Relación diámetro exterior/espesor mínimo.

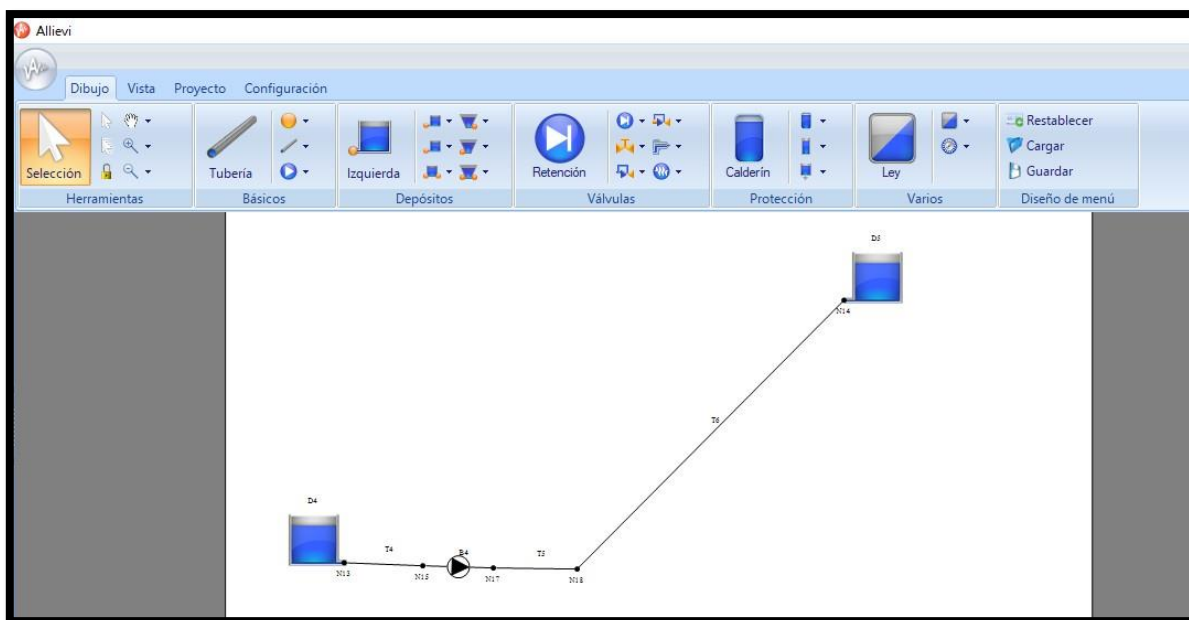


CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



7. SIMULACIÓN DEL FENOMENO EN ALLIEVI.

- Dibujamos la configuración del sistema en el software





CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Ingreso datos básicos de tuberías y depósitos

The screenshot shows the Allievi software interface. The top menu bar includes 'Dibujo', 'Vista', 'Proyecto', and 'Configuración'. Below the menu is a toolbar with icons for 'Selección', 'Tubería', 'Depósitos', 'Válvulas', 'Protección', 'Varios', and 'Diseño de menú'. The main workspace displays a hydraulic network diagram with a reservoir (N13) connected to a pipe (T4) leading to a valve (V1), which is then connected to a pipe (T5) leading to a reservoir (N14). The bottom panel shows a table with the following data:

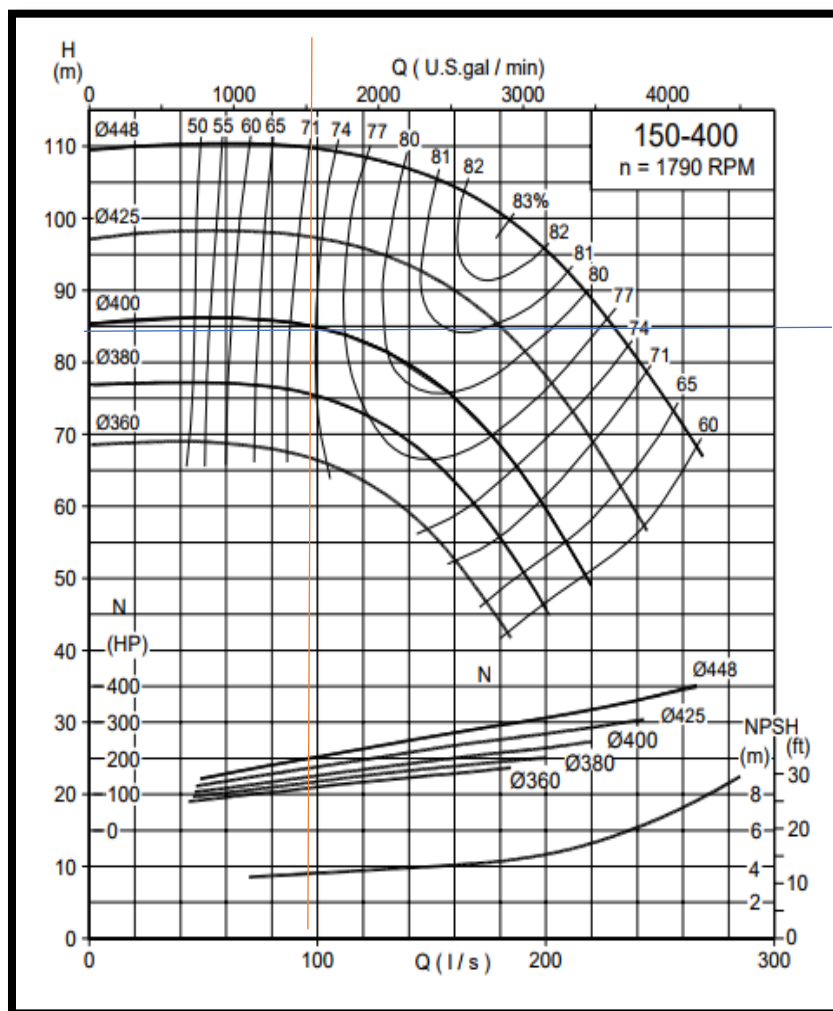
Tuberías - Datos básicos										Pérdidas		Caudal nulo	
Nombre	Ni	Zi (m)	Nf	Zf (m)	Dint (mm)	L (m)	e (mm)	a (m/s)	Perfil	Rug (mm)	k	Qin=0	H Imp
T4	N13	10,5	N15	5	309,57	370	7,14	695,54	Calc.	0	0		
T5	N17	5	N18	0	309,57	5	7,14	695,54	Calc.	0	0		
T6	N18	0	N14	80,5	309,57	2145	7,14	695,54	Calc.	0	0		



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Valores de eficiencia de la bomba

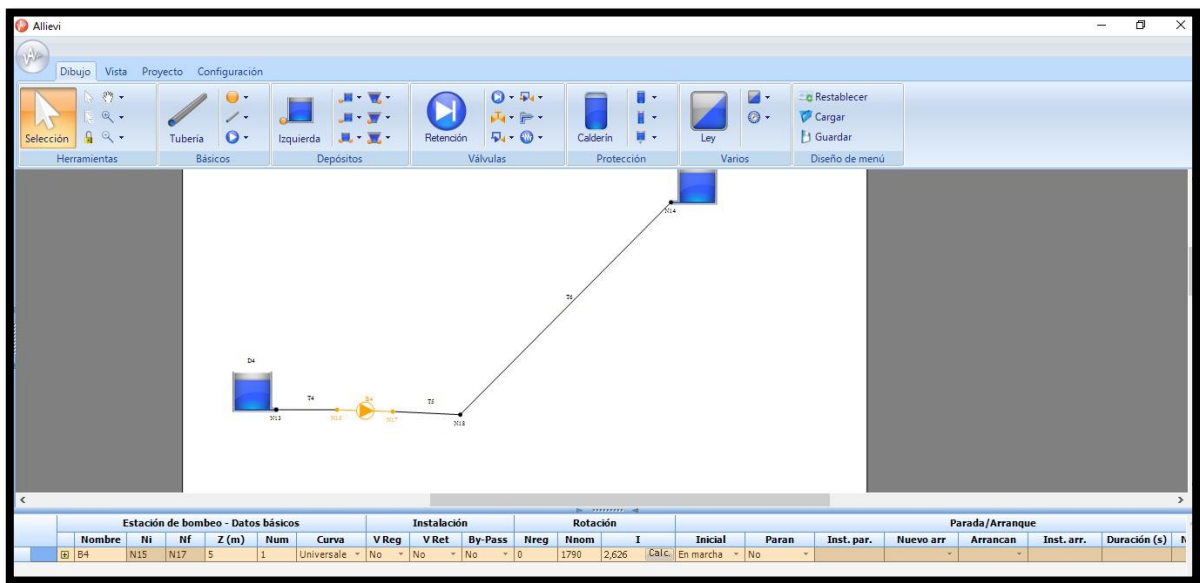




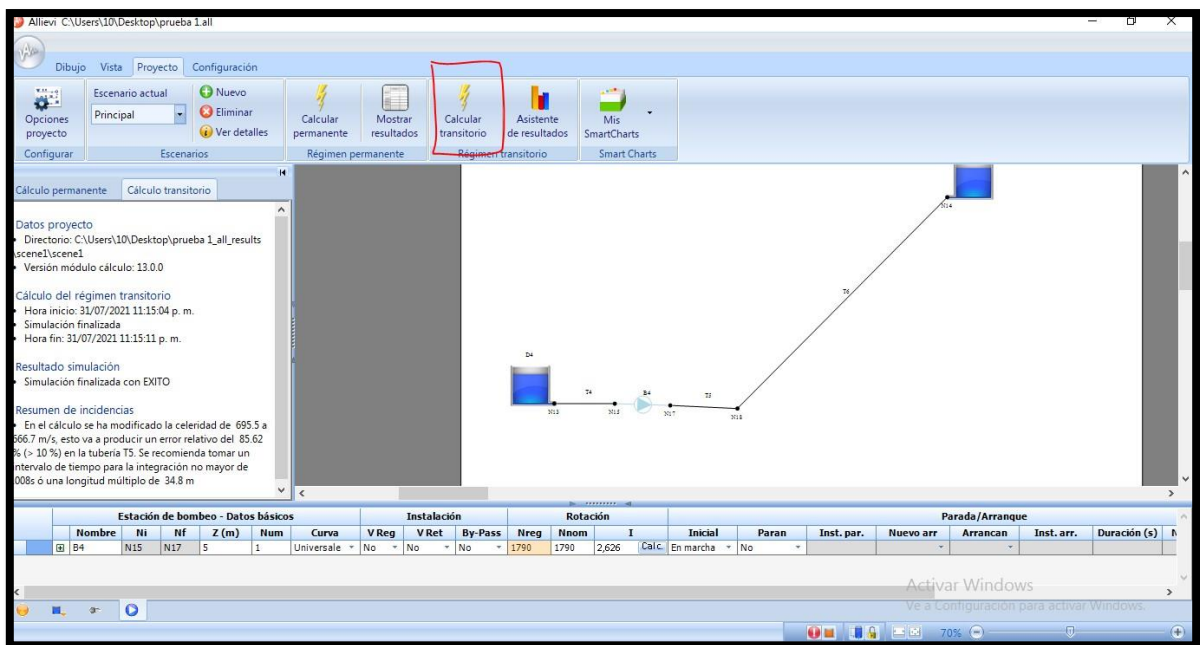
CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Ingreso valores de la bomba en allievi



- Calculamos transitorios en la opción cálculo de transitorio,

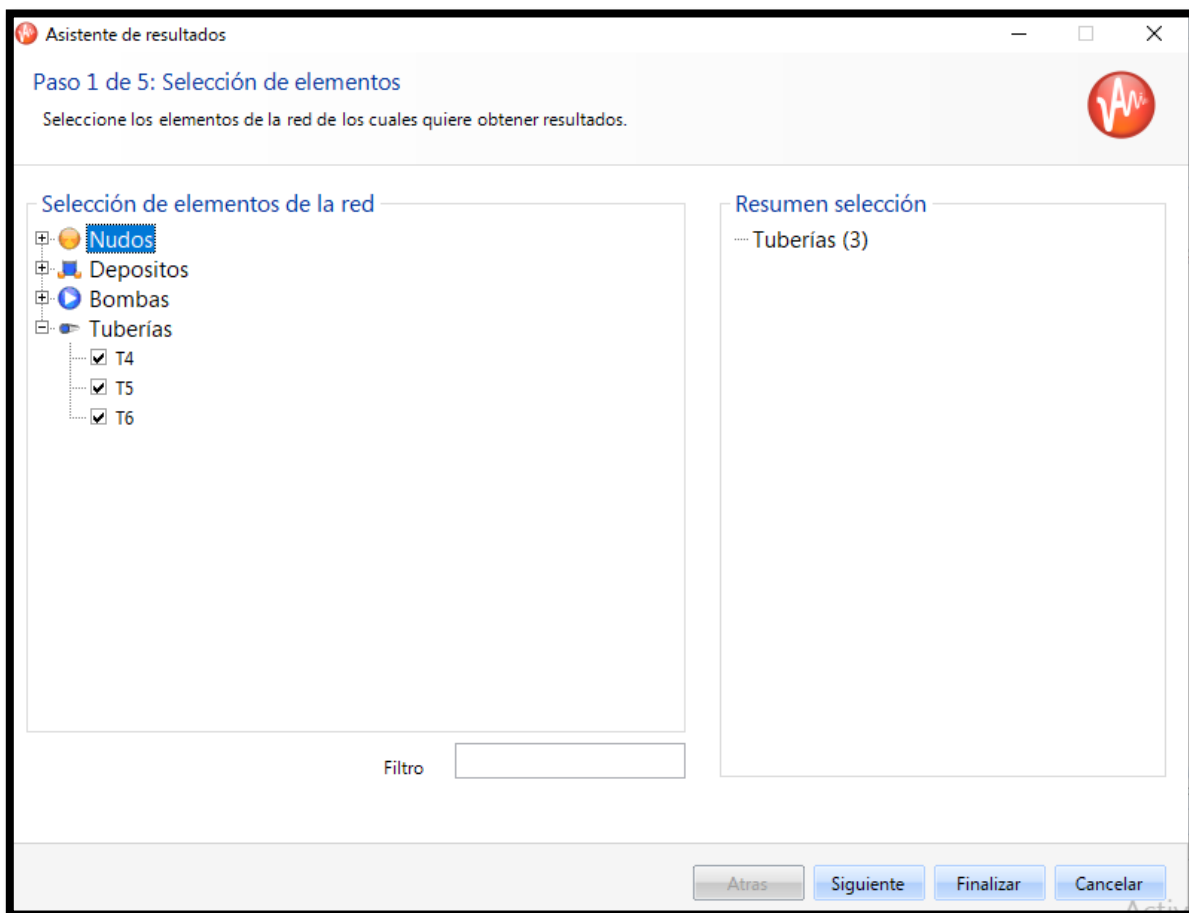




CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Modelar solo las tuberías,





CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



- Opción animaciones,

Asistente de resultados

Paso 2 de 5: Selección del tipo de resultados

Seleccione uno de los cuatro tipos de resultados que produce Allievi; Gráficas en elementos, gráficas en un punto, gráficas de envolventes o animaciones.

Tipo de resultados

☐ Mostrar gráficas en función del tiempo en elementos

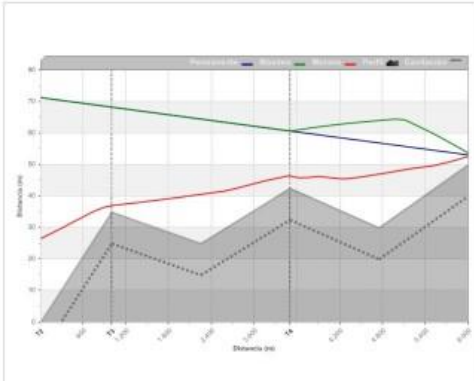
☐ Curvas en función del tiempo para un punto determinado

☒ Gráficas de envolventes

☐ Animaciones

Descripción

Permite generar las graficas que dependen de la distancia



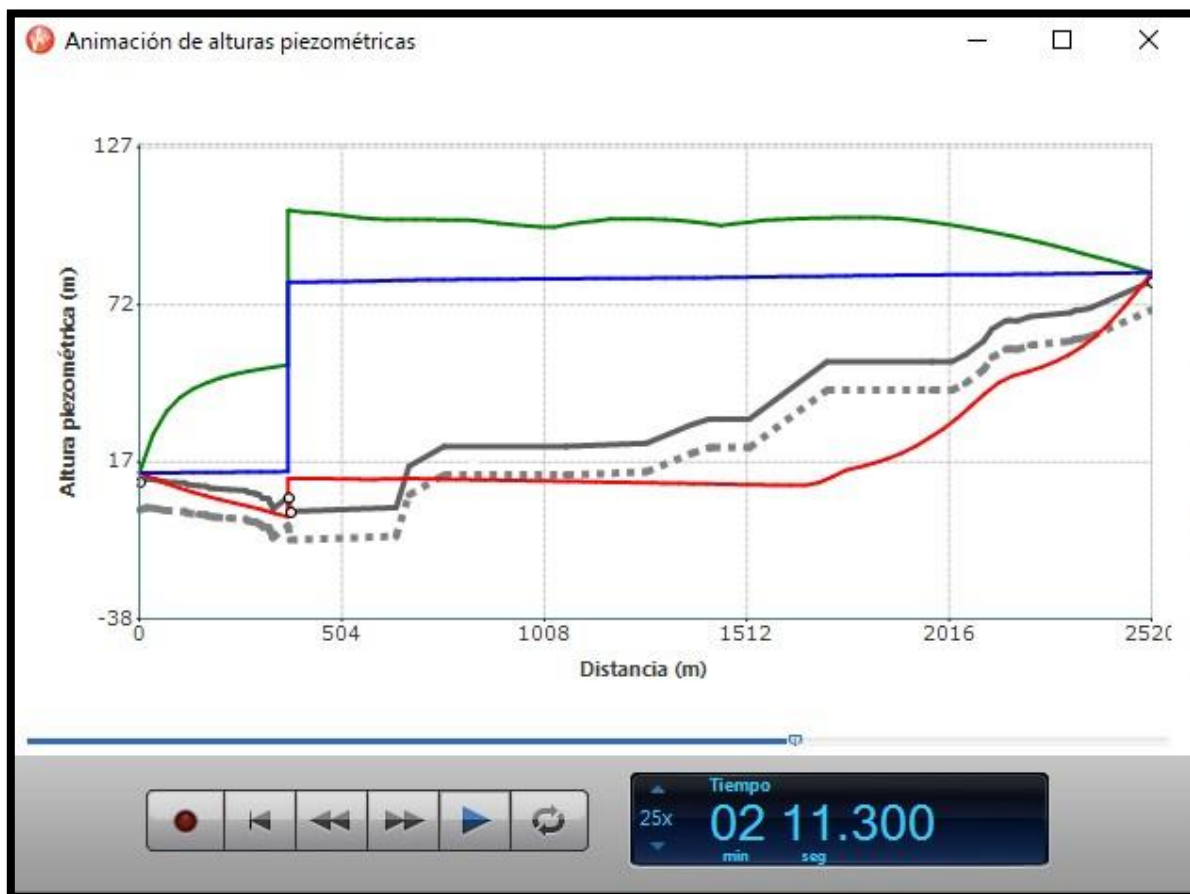
Atras **Siguiente** Finalizar Cancelar



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO

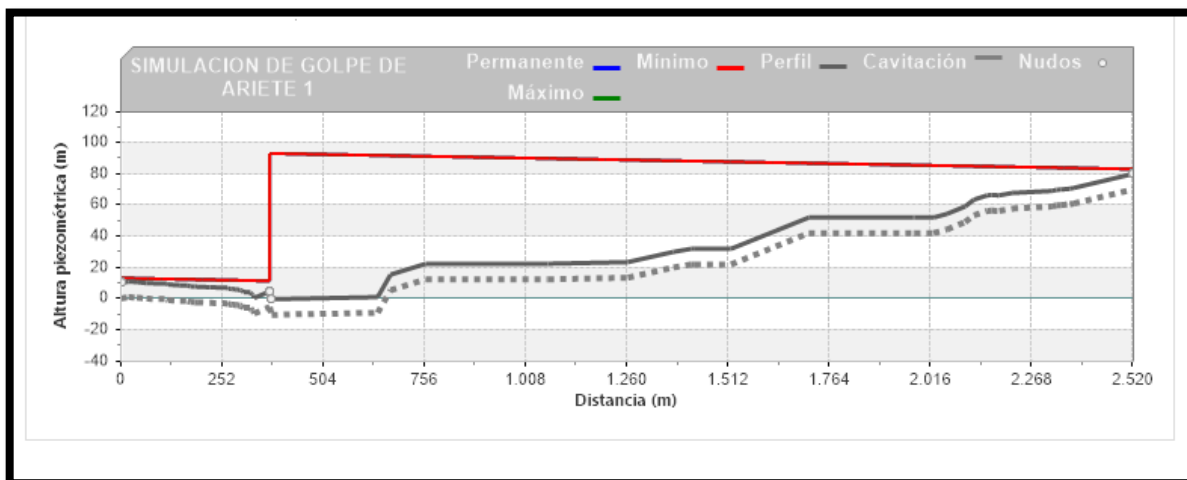


- Resultado de la simulación,





CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



8. Análisis de resultados.

Los resultados mostrados por la calculadora de ariete diseñada en este proyecto, muestra que la máxima presión que puede alcanzar este fenómeno son de 258 psi, que es un valor que según los datos de las fichas técnicas de tubo sistemas biaxial de Pavco puede ser soportado por la tubería, mas sin embargo en la grafica se observa que la presión negativa (la curva verde), esta por debajo de la zona de cavitación, lo que significa que la tubería puede llegar a sufrir daños graves debido a esa depresión, por eso es recomendable buscar una medida de mitigación a la salida de la bomba, y de ser necesario colocar ventosas en las zonas mas críticas de la conducción.

Como conclusión final, lo mejor en estos casos es colocar una válvula anticipadora de golpe de ariete, ya que en estos casos una válvula de alivio solamente disiparía el exceso por presión positiva, pero no contrarresta el vacío o la presión negativa.



CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE BOMBEO



9. BIBLIOGRAFÍAS

- <http://pgsolutions.com.co/>
- <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14518/1/INSTRUMENTACI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20F%C3%8DSICO%20DE%20GOLPE%20DE%20ARIETE%20INSTALADO%20EN%20EL%20LABORATORIO%20DE%20HIDRAULICA%20DE.pdf>
- <https://www.hidroijng.com/como-calcular-el-golpe-de-ariete/>
- <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/563/analisis%20teorico%20experimental%20del%20fenomeno%20del%20golpe%20de%20ariete%20por%20el%20cierre%20rapido%20de%20una%20valvula%20en%20tuberias.pdf;jsessionid=E6135F0E0F1CA7C79B4F6A7C7FFBA74A?sequence=3>
- <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14518/1/INSTRUMENTACI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20F%C3%8DSICO%20DE%20GOLPE%20DE%20ARIETE%20INSTALADO%20EN%20EL%20LABORATORIO%20DE%20HIDRAULICA%20DE.pdf>
- <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14518/1/INSTRUMENTACI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20F%C3%8DSICO%20DE%20GOLPE%20DE%20ARIETE%20INSTALADO%20EN%20EL%20LABORATORIO%20DE%20HIDRAULICA%20DE.pdf>