



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica**

**Estudio de circuitos alternativos,  
para el abastecimiento de agua en  
emergencias complejas, atendidas por el  
Cuerpo de Bomberos de Concepción.**

**Seminario de Título presentado en  
conformidad a los requisitos para  
obtener el título de Ingeniero de  
Ejecución en Mecánica.**

**Profesor Guía: Sr. Vicente Pita Vives**

Alfredo Eduardo Ascencio Contreras

2015

## RESUMEN

El tema del presente seminario, nace ante un requerimiento presentado por el Cuerpo de Bomberos de Concepción, en adelante CBC y asociado a una de las experiencias de esta organización durante el terremoto del año 2010. En este desastre, se dañaron importantes sistemas y redes de agua potable que suministraban el servicio a toda la ciudad, incluyendo la red de grifos para uso de Bomberos en caso de incendio. Nuestra ciudad, como ninguna otra en el país tiene la singularidad de contar con una importante cantidad de fuentes naturales de agua como son lagunas urbanas, ríos y esteros, que pueden ser utilizadas para la extinción de grandes incendios como se registraron en el 2010.

El equipamiento que posee actualmente el CBC, tiene capacidades limitadas para aspirar e impulsar el agua por líneas de mangueras a través de largas distancias. En este sentido y con el objeto de mejorar el desempeño de estas fundamentales y estratégicas operaciones contra incendio, es significativamente relevante conocer y desarrollar técnicas de implementación de un circuito apropiado de abastecimiento de agua, de manera de hacer más eficiente el despliegue de recursos disponibles, específicamente las bombas de los camiones, los sistemas de manguera y las destrezas del recurso humano.

Para lograr los objetivos propuestos, se estudiará el equipamiento disponible, se describirá brevemente las características de las fuentes de aguas naturales y se estudiarán casos hipotéticos de posibles emergencias utilizando un determinado cuerpo de agua, para finalmente lograr un procedimiento que pueda servir como base para cualquier caso que sea necesario construir un circuito alternativo de transporte y abastecimiento de agua para dar soporte apropiado a las operaciones contra incendio.

## INTRODUCCION

El pasado Terremoto vivido en nuestra zona el año 2010, dejó a la vista las falencias en los sistemas de emergencias y uno de ellos es la red pública de agua para la extinción de incendios.

Durante los primeros minutos después del sismo, dos grandes incendios se inician en la ciudad, en el edificio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción y en las instalaciones de la empresa SGS, en calle Rodríguez esquina Aníbal Pinto. Luego de unas horas más tarde, se reporta otro incendio en el Centro Penitenciario El Manzano. El día domingo 28 de febrero, durante la tarde se desata un incendio en el supermercado Unimarc de calle Chacabuco y el día lunes 1 de marzo, cerca del medio día comienza a arder el supermercado Alvi, ubicado en Av. Los Carrera esquina Caupolicán. Ese mismo día en la tarde se reporta un gran incendio en la multitienda La Polar, ubicada en calle Freire esquina Lincoyán, el edificio ardió violentamente por sus 4 costados generando una radiación calórica y columna de humo tan intensos, que los edificios ubicados al frente de esta instalación (calle freire y lincoyan) debieron ser evacuados.

En todos estos enormes incendios, la mayor dificultad fue el suministro constante de agua a los carros, ya que las redes que alimentaban los grifos habían sido dañadas por el terremoto y el agua debió ser suministrado con camiones aljibes y carros bomba que captaban el líquido desde las fuentes naturales de agua en nuestra ciudad, como el Río Bío Bío, Río Andalien, Laguna Las Tres Pascualas, Laguna Lo Méndez, Laguna Lo Galindo, entre otras.

Es por esto que en este trabajo de título, se aborda el estudio de un circuito alternativo de suministro de agua, utilizando fuentes de aguas abiertas con que cuenta nuestra Ciudad, para grandes emergencias, como en las descritas anteriormente o cuando la red no es suficiente para satisfacer el requerimiento de agua en una determinada emergencia de envergadura.

## OBJETIVOS

### Objetivo General:

Estudiar circuitos alternativos de suministro de agua, para emergencias atendidas por el Cuerpo de Bomberos de Concepción, cuando falla la red de grifos o el volumen de agua disponible en ellas no es suficiente para determinadas emergencias con fuego.

### Objetivos Específicos

- a) Estudiar equipamientos y accesorios disponibles en el Cuerpo de Bomberos de Concepción.
- b) Estudiar las fuentes de agua naturales disponibles en la comuna de Concepción.
- c) Elaborar una propuesta de procedimiento ante emergencias, cuando falla el suministro de agua a base de grifos o esta no es capaz de entregar lo necesario.

## CONTENIDOS

		Página
Resumen		2
Introducción		3
Objetivos		4
<b>Capítulo I Estudio del Material y Equipos Existentes</b>		<b>7</b>
1.1	Introducción	7
1.2	Carros Bomba Urbanos	8
1.2.1	Especificaciones de los vehículos	8
1.2.2	Cantidad de material transportado	9
1.2.3	Estanque de agua	10
1.3	Bomba Centrífuga y Bomba de Cebado	11
1.3.1	Bomba de 90 m <sup>3</sup> /hora	12
1.3.2	Bomba de 180 m <sup>3</sup> /hora	14
1.3.3	Bomba de Cebado	15
1.4	Características más importantes del material de transporte de agua	16
1.4.1	Pérdidas de carga en ductos portátiles de transporte de agua	16
1.4.2	Características pitón monitor Protek 622-2	18
1.4.3	Características pitón Protek 369	19
<b>Capítulo II Estudio de las fuentes de aguas naturales dentro del límite comunal</b>		<b>21</b>
2.1	Introducción	21
2.2	Identificación y datos de las fuentes de agua	21
2.2.1	Laguna Lo Méndez	22
2.2.2	Laguna Redonda	23
2.2.3	Laguna Las Tres Pascualas	24
2.2.4	Laguna Lo Galindo	25
2.2.5	Laguna Lo Custodio	25
2.2.6	Río Bío Bío	26
2.2.7	Río Andalién	27
2.2.8	Conclusión Capitulo	28
<b>Capítulo III Estudio de circuitos alternativos</b>		<b>29</b>
3.1	Introducción	29
3.2	Algunas distancia entre fuentes de aguas naturales y grandes Centros Comerciales	30
3.2.1	Distancia entre Río Bío Bío y Mall Plaza Mirador	30
3.2.2	Distancia entre Laguna redonda y Vega Monumental	31
3.2.3	Distancia entre Laguna Las Tres Pascualas y Mall del Centro de Concepción	32
3.3	Estudio de caso hipotético en la Ciudad de Concepción	33
3.3.1	Definición de casos a estudiar	33
3.3.2	Estimación de caudales de agua	34
3.4	Perdidas de carga	36
3.4.1	Introducción	36
3.4.2	Pérdida de carga regulares (Hf)	37
3.4.3	Pérdida de carga singulares (HS)	39
3.5	Ecuaciones de circuitos considerados	40
3.6	Evaluación técnica de las estrategias propuestas	43
3.6.1	Introducción	43
3.6.2	Gráficos, ecuaciones y tablas de la bomba CB-90, para RPM mínimas y máximas	44
3.6.3	Gráficos, ecuaciones y tablas de la bomba CB-180, para RPM mínimas y máximas	45



3.6.4	Curva Característica CB-90 y CCC considerados	46
3.6.5	Curva Característica CB-180 y CCC considerados	46
3.6.6	Curva Característica varias bombas CB-90 en serie y los circuitos considerados	47
3.6.7	Curva Característica varias bombas CB-180 en serie y los circuitos considerados	48
3.6.8	Análisis de resultados	49
3.6.8.1	Solución caso A	49
3.6.8.2	Solución caso B	50
	Conclusiones	54
	Bibliografía	56
	Anexos	57

## CAPITULO I

### ESTUDIO DEL MATERIAL Y EQUIPOS EXISTENTES

#### 1.1) INTRODUCCION

*La Asociación denominada “Cuerpo de Bomberos de Concepción” tiene por objeto proteger las vidas y propiedades contra los riesgos de incendio u otros casos de emergencia. (Art. 1° de los estatutos de la institución), constituyéndose en la actualidad por diez Compañías ubicadas estratégicamente en la Comuna de Concepción. Estas unidades tienen dos especialidades, el ataque al fuego; el cual lo abordan siete Compañías de Agua, y las Salvadoras y Guardias de Propiedad; que es desarrollado por tres Compañías de Escalas, las que conjuntamente, operan un trabajo coordinado en cada emergencia.*

Las operaciones contra incendio, en esencia, considera maniobras destinada a controlar y suprimir el fuego evitando de esta forma la propagación a estructuras que no han sido alcanzadas por las llamas. Todos estos esfuerzos deberán estar soportados, desde un principio, en circunscribir el avance del incendio con un número suficiente de líneas de manguera y pitones (boquillas), desplegados lo más cerca del foco del fuego. Sin olvidar, que los principales objetivos prioritarios al enfrentar el fuego son: seguridad para la vida de las personas en peligro, controlar el incendio y reducir los daños a la propiedad por los efectos de las llamas, el humo y el agua.

En el presente capítulo, se revisará el equipamiento y accesorios existentes de las Compañías de Agua, para conocer sus características técnicas, cantidades que transporta cada carro bomba, capacidades de sus bombas y estanques, y todo lo relacionado con los dispositivos y procesos destinados al transporte de agua.

## 1.2) CARRO BOMBA

### 1.2.1 ESPECIFICACIONES DE LOS VEHICULOS



*Fig. 1.1 Carro bomba urbano*

La mayoría de los vehículos destinados al combate de incendio en el Cuerpo de Bomberos de Concepción, son de origen Francés, marca Renault, con carrozado y bomba marca Camiva. Dentro de sus especificaciones más importantes destacan las siguientes:

- Rango potencia motor; 150 a 300 ( cv) Diesel turboalimentados
- Transmisiones mecánicas de 5 o 6 velocidades
- Bomba de incendio incorporada, accionada por toma fuerza
- Doble cabina, 4 puertas.
- Capacidad de transporte de 6 a 10 Bomberos
- Capacidad de 4 a 9 m<sup>3</sup> de volumen para transporte de material
- Poseen alarmas luminosas, sonoras y equipo de radio comunicaciones en Vhf.



### 1.2.2 CANTIDAD DE MATERIAL TRANSPORTADO

En la siguiente tabla se muestra el material relacionado con el transporte de agua en los carros bombas urbanos.

*Tabla 1.1 Material estándar carro bomba urbano*

*(Fuente: Instructivo técnico Cuerpo de Bomberos de Concepción)*

<b>MATERIAL</b>	<b>MEDIDA mm</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>MANGUERAS B</b>	70	20
<b>MANGUERAS C</b>	50	15
<b>MANGUERAS D</b>	38	10
<b>CHORIZO A</b>	110	4
<b>CHORIZO B</b>	70	2
<b>GEMELO B-C-C</b>	70-50-50	1
<b>TRIFURCA B-C-B-C</b>	70-50-70-50	2
<b>PITON 366</b>	50	4
<b>PITON 368</b>	70	1
<b>TRASPASO B-C</b>	70-50	2
<b>TRASPASO A-B</b>	110-70	1
<b>PIEZA COLECTORA</b>	110-70-70	1
<b>PITON MONITOR</b>	70-70	1

En el Cuerpo de Bomberos de Concepción, existen 14 carros bombas, por lo que se puede considerar un total de 4200 metros de manguera de 70 mm. Esta información es de mucha importancia para determinar la estrategia de transporte de agua que se verá en el capítulo III.

Además de equipamiento indicado en la tabla anterior, los vehículos cuentan con generadores, motobombas, escalas, equipos de entrada forzada, moto sierras, Etc. En el presente trabajo, solo nos referiremos al material relacionado con el transporte de agua, considerando las bombas incorporadas de los carros bomba.

### 1.2.3 ESTANQUE DE AGUA

Los Carros Bomba están equipados con un estanque de agua para la primera intervención que en promedio tienen una capacidad de 3 m<sup>3</sup>, están contruidos en fibra de vidrio, polipropileno o acero inoxidable y están conectados de forma permanente a la bomba del mismo Carro mediante un ducto metálico con válvula de paso manual. Los estanques generalmente tienen una entrada de alimentación directa desde el exterior y una tapa superior para registro y limpieza.

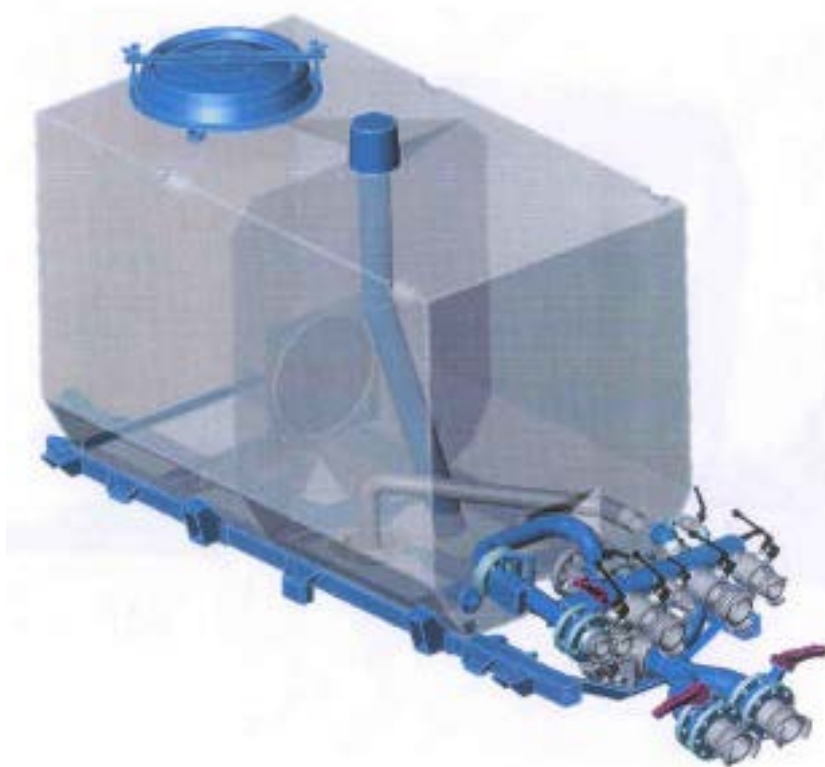


Fig. 1.2 Estanque de agua, bomba y semi chasis Camiva



### 1.3) BOMBA CENTRIFUGA Y BOMBA DE CEBADO

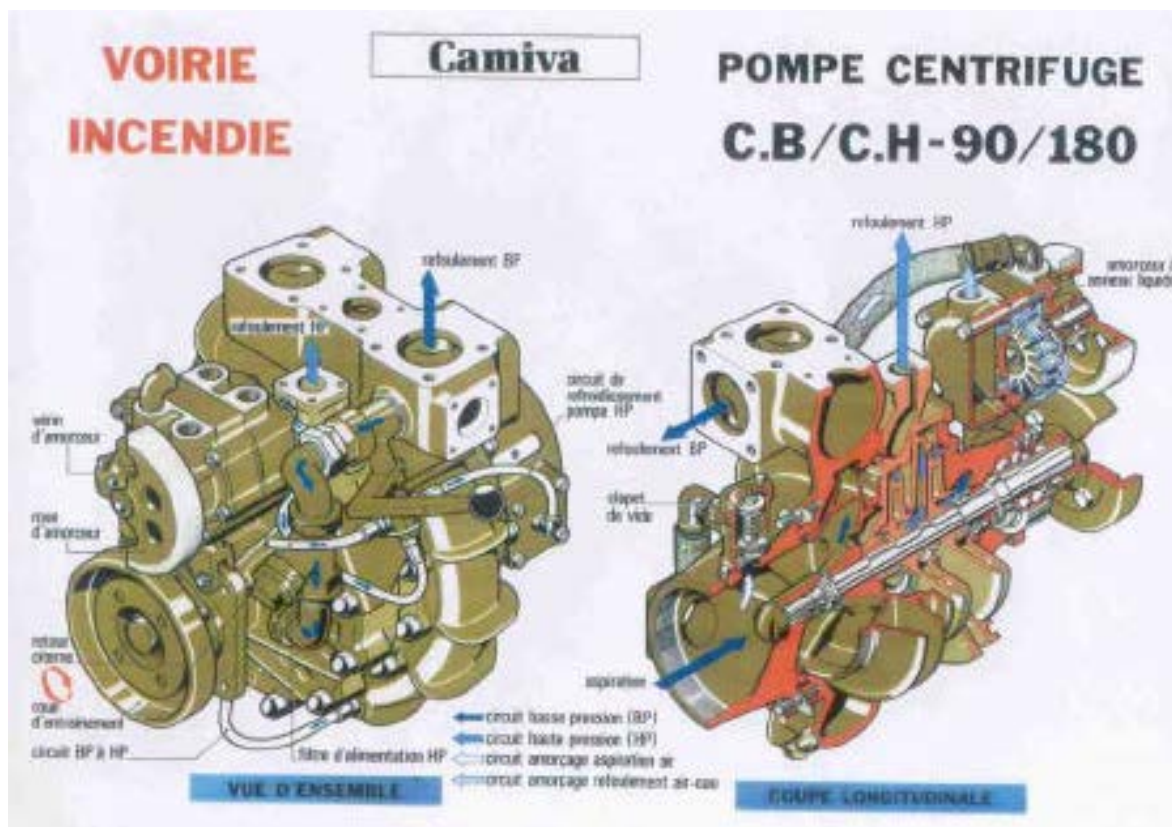


Fig. 1.3 Diagrama de bombas centrífugas Camiva

Los vehículos están equipados con una bomba, accionada por el mismo motor propulsor, mediante una toma de fuerza desde la caja de transmisión del camión que gira a velocidad regulable por el operador. Se dispone de un panel de instrumentos y testigos que indican los parámetros de operación y alarmas de todo el sistema.

### 1.3.1 BOMBA 90 m<sup>3</sup>/h, BOMBA CAMIVA TIPO CB 90

Bomba centrífuga monocelular de árbol horizontal, el colector de salida está integrado en el cuerpo de la bomba. El cuerpo, la caja de aspiración, el difusor, el cojinete y el rodete son construidos en bronce, para nuestro país por la dureza de nuestras aguas, en Europa también se fabrican en aluminio. El árbol es de acero inoxidable de calidad superior y está montado sobre rodamientos de bolas y rodamientos de agujas, reduciendo de esta forma, los rozamientos y el mantenimiento. La estanqueidad está asegurada por una junta mecánica de compensación automática de desgaste, posee una sola alimentación de 110 mm.

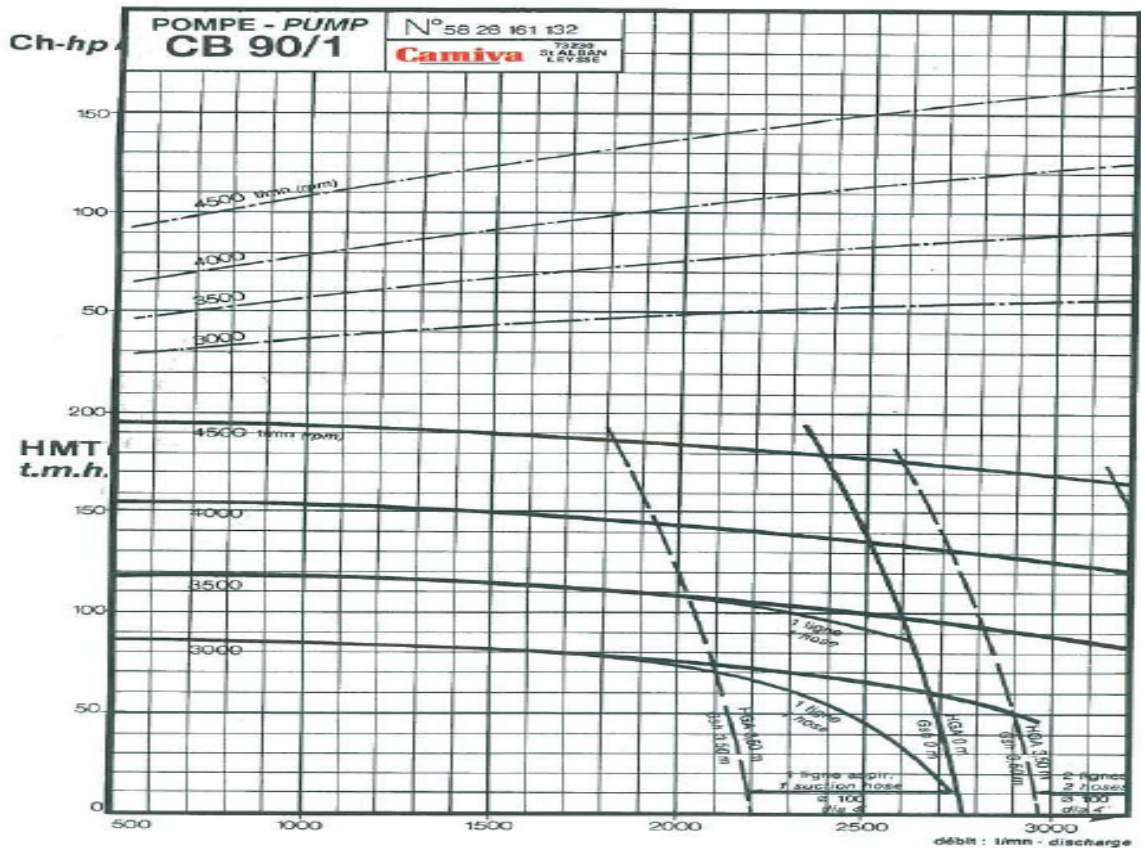


Fig. 1.4, Curva característica de la bomba CB-90 Camiva

Punto de Operación Nominal 90 m<sup>3</sup>/h a 15 bar o 1500 L/min a 15 bar 3 m altura de succión.



*Fig. 1.5 Bomba CB 90 para uso de Bomberos*



*Fig. 1.6 Carro Norteamericano usando manguera de alimentación de 125 mm de diámetro*

### 1.3.2 BOMBA 180 m<sup>3</sup>/h, BOMBA CAMIVA TIPO CB 180

La bomba CB-180, de Camiva, es de similar construcción a la CB-90, pero cambia su geometría, a fin de aumentar su capacidad hasta 180m<sup>3</sup>/h, ambas bombas tienen la opción de incluir una segunda etapa para aumentar la presión para trabajos específicos.

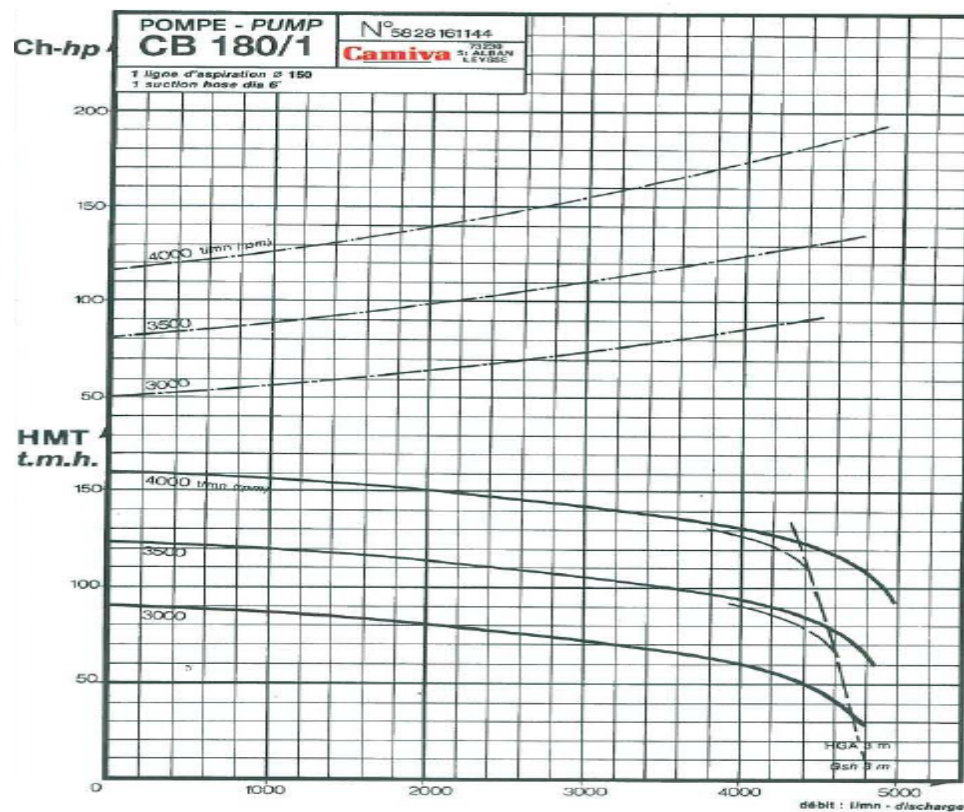


Fig 1.7, Curva característica bomba Camiva CB-180

Punto de Operación Nominal 1800 m<sup>3</sup>/h a 15 Bar o 3000 L/min a 15 bar, 3 m altura de succión

### 1.3.3 BOMBA DE CEBADO

Las bombas centrífugas están dotadas de un dispositivo de cebado automático, su construcción también es de bronce y tiene accionamiento y desacoplamiento automáticos mediante émbolo hidráulico, que actúa con agua de la bomba principal, cuando existe una presión inferior a 2 bar, se junta la polea de transmisión conductora que viene del toma fuerza, con la polea conducida de la bomba de cebado, como muestra la figura N°6.1. Cuando se logra el cebado de la bomba principal, la presión supera los 2 bar y se separan las poleas de transmisión. En la figura N°7.1 se esquematiza los componentes del sistema de cebado.



*Fig. 1.8 Bomba de cebado Camiva*

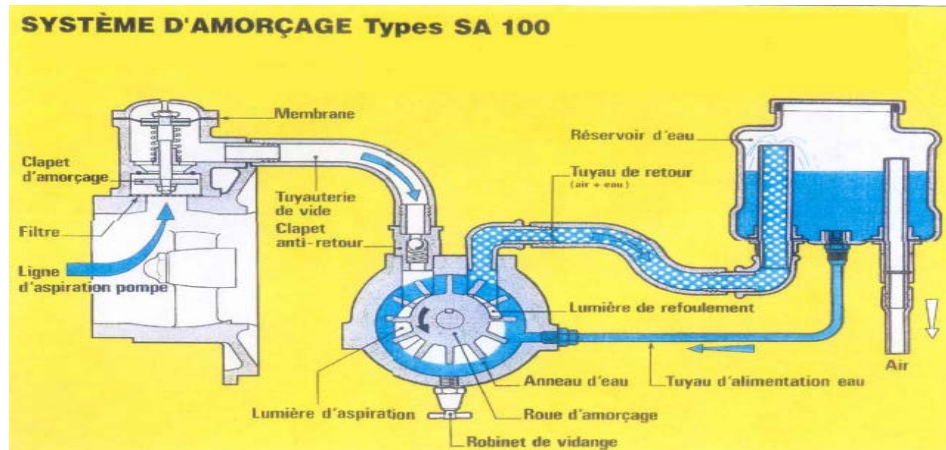


Fig. 1.9, Diagrama de cebado Camiva

En la figura N°1.8 se esquematiza los componentes del sistema de cebado.

#### 1.4 CARACTERÍSTICA MÁS IMPORTANTES DEL MATERIAL DE TRANSPORTE DE AGUA.

Es importante conocer las características técnicas del material de agua para decidir la estrategia a utilizar al momento de atacar un incendio estructural, sabiendo que ningún incendio es igual a otro por las características constructivas del inmueble, diseño, carga ocupacional, carga combustible, la geografía, factores climáticos, disposición de agua, etc. Es necesario que todos los miembros de la institución estén familiarizados con ellas, esto permitirá la aplicación del método más eficaz en el control de las llamas.

##### 1.4.1 PÉRDIDAS DE CARGA EN DUCTOS PORTÁTILES DE TRANSPORTE DE AGUA



Fig. 1.10, Dibujo de ducto Portátil



Dependiendo del caudal de agua que se esté bombeando y diámetro de la manguera utilizada se tendrá diferentes valores para la pérdida de carga en cada línea. En la tabla 1.2, a continuación se indican los valores esperados por cada 15 metros de manguera en función de estas variables (fuente: Instructivo técnico material de agua, Cuerpo de Bomberos de Concepción).

TABLA 1.2 Pérdida de Carga en mangueras por cada 15 m, ocupada por el Cuerpo de Bomberos de Concepción

<b>Pérdida de Carga por cada 15 m (bar)</b>				
<b>GPM</b>	<b>l/min</b>	<b>38mm(D)</b>	<b>50mm(C)</b>	<b>70mm(B)</b>
40	152	0,16	0,03	
60	227	0,34	0,09	
95	360	0,76	0,17	
100	379	0,86	0,21	0,04
125	474	1,27	0,34	0,06
150	569	1,86	0,47	0,09
175	663		0,62	0,13
200	758		0,83	0,18
225	853		1,03	0,20
250	948		1,29	0,27
275	1042		1,55	0,31
300	1137		1,86	0,36
325	1232		2,24	0,42
350	1327		2,69	0,42
400	1516		3,31	0,62
450	1706			0,78
500	1895			0,93
550	2085			1,13
600	2274			1,34

# Por Roce

La pérdida de presión por Roce la encontramos en todas las armadas de agua que bomberos realiza, depende de 3 variables o factores principales:

- 1.- El caudal a desalojar
- 2.- La distancia o largo de la armada
- 3.- El diámetro de las Tiras.

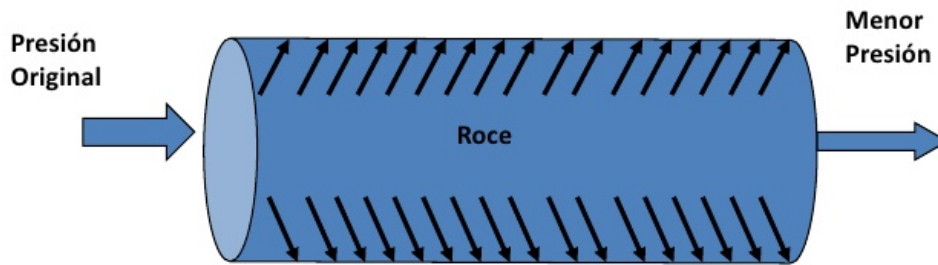


Fig. 1.11, Dibujo de pérdida por Roce

## 1.4.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PITÓN MONITOR PROTEK 622-2

Dentro del equipamiento estándar de los Carros Bomba, se considera un pitón Monitor portátil de piso, el cual tiene dos entradas Storz de 70 mm. tipo B, boquilla tipo Protek 845 con especificaciones según se indica a continuación.

Tabla 1.3 Especificaciones Piton Monitor Protek 622-2

Tipo	Presión de Trabajo		Setting de Desalojo		Desalojo Real		Alcance Chorro Directo			
	PSI	BAR	GPM	LPM	GPM	LPM	Efectivo		Total	
							Pies	Metros	Pies	Metros
845	75	5	300	1140	260	984	150	46	160	48
			500	1900	425	1646	175	53	185	56
			800	3030	693	2623	200	60	210	64
			1000	3800	866	3278	220	67	230	67
	100	7	300	1140	300	1140	170	51	180	54
			500	1900	500	1900	200	60	210	64
			800	3030	800	3030	230	70	240	73
			1000	3800	1000	3800	265	80	275	83
	125	8.2	300	1140	335	1268	190	58	200	60
			500	1900	560	2120	220	67	230	70
			800	3030	894	3384	250	76	260	79
			1000	3800	1118	4232	280	85	290	88



Fig. 1.12 Pitón Monitor de piso 1900-3800 LPM

### 1.4.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PITÓN PROTEK 369

Pitón de uso común en el ataque de incendios, con entrada Storz de 50 mm, está fabricado para trabajar a una presión nominal de 7 bar (100 psi), con caudal regulable según se indica en tabla a continuación.

Tabla 1.4 CARACTERISTICAS PITON PROTEK 369

Largo (mm)	Peso (kg)	l/min	GPM
248.9	2.72	115	30
		230	60
		360	95
		475	125
		550	150
		750	200



Fotografía 1.13, Pitón Protek 369, 115-750 lpm



Fig. 1.14 Trifurca 70 - 50/70/50, Corte rápido

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIO DE LAS FUENTES DE AGUA NATURALES DENTRO DEL LÍMITE COMUNAL DE CONCEPCIÓN.**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

El asegurar una apropiada fuente de abastecimiento y oportuno transporte de agua desde sus puntos de origen, es un procedimiento primordial para dar soporte las operaciones contra incendio, ya que al no disponer de estas fuentes, solo se dispondrá de los volúmenes limitados que poseen los estanques de los camiones en el lugar. Esto implica que una vez agotado este suministro inicial, la intensidad del incendio podrá verse considerablemente perturbada y por defecto amenazar significativamente los esfuerzos de control y supresión desplegados en el incidente.

Habitualmente los Bomberos utilizan para el suministro de sus bombas, la red pública de grifos y en muchos casos, es suficiente la cantidad de agua y presión que proporcionan estos sistemas. Sin embargo han ocurrido incendios muy complejos, en las que ha sido necesario el uso fuentes alternativas de agua, ya sea por insuficiencia de la red de grifos o porque no se encontraba operativa la red, producto de cortes programados, reparaciones o daños provocados por el terremoto del 27 de Febrero del 2010. En ese contexto, Concepción dispone de grandes fuentes naturales de agua dulce que se revisarán en este capítulo.

#### **2.2 IDENTIFICACIÓN Y DATOS DE LAS FUENTES DE AGUA DULCE.**

La captación de agua a utilizar será desde fuentes abiertas o cerradas, siendo identificadas como abiertas las lagunas urbanas, ríos, esteros y como cerradas las piscinas o estanques. La utilización de estas fuentes permite abastecer de agua a los equipos de ataque de incendio mediante el transporte a través de mangueras o almacenamiento en camiones cisternas, siendo dirigidos a lugares donde la presión y caudal de agua es escasa.

Concepción, es una ciudad que tiene un patrimonio hídrico natural único, asociado a un conjunto de lagunas urbanas como Laguna Redonda, Lo Méndez, Lo Galindo, Lo Custodio y Tres Pascuales, en conjunto con los caudales del río Biobío, Río Andalién y Estero Nonguén, otorgan a la capital de la Región del Biobío características ambientales no encontradas en otras ciudades del resto del país.



*Fig. 2.1 lagunas de la ciudad de Concepción.*

### 2.2.1.- LAGUNA LO MÉNDEZ:

Está situada en el límite norte de la ciudad de Concepción ( $36^{\circ}48'03''$  S,  $73^{\circ}03'03''$ W), en el inicio de la autopista que une esta ciudad con el Puerto de Talcahuano (sector Barrio Norte). Ocupa un valle perpendicular a la serranía baja que se extiende entre el cerro Chepe y los cerros situados al noroeste de la laguna Lo Galindo. Esta laguna tiene las siguientes características. (Fig. 2.2).

Superficie	52.000 m <sup>2</sup>
Profundidad máxima	6.41 m
Volumen Líquido	87.000 m <sup>3</sup>
Forma circular-ovalada	400 m aproximado.



*Fig. 2.2 Laguna Lo Méndez*

### **2.2.2.- LAGUNA REDONDA:**

La laguna Redonda es de forma circular y se encuentra aproximadamente a 1 km del río Biobío ( $360^{\circ} 48' 50''$  S,  $730^{\circ} 02'40''$  W), al oeste de la serranía baja que se extiende entre el cerro Chepe y los cerros situados al noroeste de la laguna Lo Galindo, en el sector de Lorenzo Arenas. Por ser la más profunda es la única laguna que presenta estratificación térmica en primavera y verano. Esta laguna tiene las siguientes características (Fig.3.2).

Superficie	41.000 m <sup>2</sup>
Profundidad máxima	19 m
Volumen Líquido	410.000 m <sup>3</sup>



*Fig. 2.3 Laguna Redonda*

**2.2.3.- LAGUNA LAS TRES PASCUALAS:**

Se localiza junto al Cerro Isla de la Pólvora (36°48'50" S, 73°02'30" W). Es la laguna de mayor tamaño, posee forma arriñonada. En sus riberas se ubica un área verde que colinda con la avenida Paicaví y también la casa central de la Universidad San Sebastián. El origen del nombre está ligado a una leyenda. "Las Tres Pascualas". Esta laguna tiene las siguientes características (Fig.4.1)

Superficie	58.950 m <sup>2</sup>
Profundidad máxima	8 m
Volumen Liquido	300.135 m <sup>3</sup>



*Fig. 2.4 Laguna Las Tres Pascualas*



### 2.2.4 LAGUNA LO GALINDO:

Esta laguna se encuentra ubicada en las faldas del cerro la Pólvora ( $36^{\circ}48'01''$  S,  $73^{\circ}02'31''$ W). La laguna Lo Galindo descarga en un colector que termina en el río Andalién. Este colector también recoge aguas lluvias que llegan a la laguna Lo Custodio y las descargadas durante su trayecto entre la laguna y el río Andalién. Esta laguna tiene las siguientes características (Fig 5.1)

Superficie	40.000 m <sup>2</sup>
Profundidad máxima	3 m
Volumen Líquido	55.000 m <sup>3</sup>



*Fig. 2.5 Laguna Lo Galindo*

### 2.2.5.- LAGUNA LO CUSTODIO:

Esta laguna se localiza en las cercanías del cerro La Pólvora ( $36^{\circ}48'26''$ S,  $73^{\circ}02'29''$ W). Con respecto a las otras lagunas urbanas, es la de menor tamaño, de forma subcircular, es la única laguna que posee un fondo arenoso. Esta laguna tiene las siguientes características (Fig.6.2)

Superficie	34.000 m <sup>2</sup>
Largo	80 m
Profundidad máxima	1.5 m



*Fig. 2.6 Laguna Lo custodio.*

### 2.2.6. RÍO BÍO BÍO:

El Río Bío Bío se encuentra ubicado paralelo al lado sur de la ciudad de Concepción, provocando una condición de límite natural de la Comuna.

Se caracteriza por ser de régimen mixto con crecidas en invierno y primavera. Nace en la Cordillera de los Andes en la Región de la Araucanía, siendo el desaguadero de dos lagos cordilleranos: Icalma y Galletué. En su curso medio recibe el aporte de Duqueco y Bureo. En el paso por el valle longitudinal, el río Bío Bío cambia de curso al encontrarse con la Cordillera de la Costa y en la confluencia con el río Vergara vuelve a su curso normal. En la costa el río recibe al río Laja, su mayor afluente con un caudal medio de 173 m<sup>3</sup>/seg y desemboca en el río Bío Bío. En el curso inferior, desde la ciudad de Concepción, el río cambia de dirección para desembocar en el mar al sur de los cerros de Hualpén.(Fig.7.2)

Longitud	380 Km
Caudal medio	899 m <sup>3</sup> /seg
Profundidad máxima	Irregular



*Fig. 2.7 Río Bío Bío.*

### **2.2.7. RIO ANDALIÉN:**

El río Andalién nace de la unión de los esteros Poñén, que viene de la línea del norte y Curapalihue, que viene del sur. Esta cuenca forma parte del Bío Bío describe innumerables vueltas entre las cerrilladas de la cordillera costera, la última de las cuales es un arco abierto al sur que bordea la ciudad de Concepción, donde en plena llanura aluvial suele dividirse en dos o más brazos antes de vaciarse en un gran ensanchamiento de la costa sur de la bahía de Concepción. Su gasto es muy variable y sensible a las lluvias que caen en la cordillera de la Costa.

Tiene su desembocadura inmediatamente al norte de la del río Biobío, pero en la Bahía de Concepción, específicamente en Playa Negra de la comuna de Penco. (Fig.2.8)

Longitud	130 Km
Caudal medio	10- 300 m <sup>3</sup> /seg
Profundidad máxima	Irregular



*Fig.2.8 Rio Andalien.*

## **2.2.8 CONCLUSION CAPITULO**

El estudio relacionado sobre las lagunas y ríos que se encuentran en la comuna de Concepción, pueden ser de gran utilidad, ya que estas fuentes disponen de un gran volumen de agua que puede ser utilizado para operaciones contra incendio en caso de que las redes públicas de grifos se dañen por efectos de un desastre o por pérdida de presión del circuito. Una de las particularidades de estas fuentes naturales, es que pueden ser autos restablecidos en el tiempo y no provocan daño al ecosistema.

## CAPITULO III

### ESTUDIO DE CIRCUITOS ALTERNATIVOS



*Fig. 3.1 Incendio Multitienda La Polar en Concepción, 1 Marzo de 2010*

#### 3.1 INTRODUCCION

De las lagunas y ríos detallados en el capítulo II, hemos tomado como ejemplo, posible casos de incendio en centros comerciales y se han identificado las distancias desde la fuente de agua abierta más conveniente de ocupar en un posible caso de emergencia, la referencia de medición es entregada por el programa google maps, por lo cual sería de forma práctica, sabiendo que en una catástrofe las vías de tránsito vehicular son cortadas o desviadas para obtener un mejor despliegue de líneas de mangueras utilizando las distancias mas cortas entre el punto de alimentacion y la emergencia. Es importante recordar que en esta condición las redes públicas se encuentran con baja presión, obstruidas,

con rotura de circuitos o simplemente no cumplen con los caudales requeridos, por la envergadura del siniestro.

## 3.2 ALGUNAS DISTANCIAS ENTRE FUENTES DE AGUA NATURALES Y GRANDES CENTROS COMERCIALES

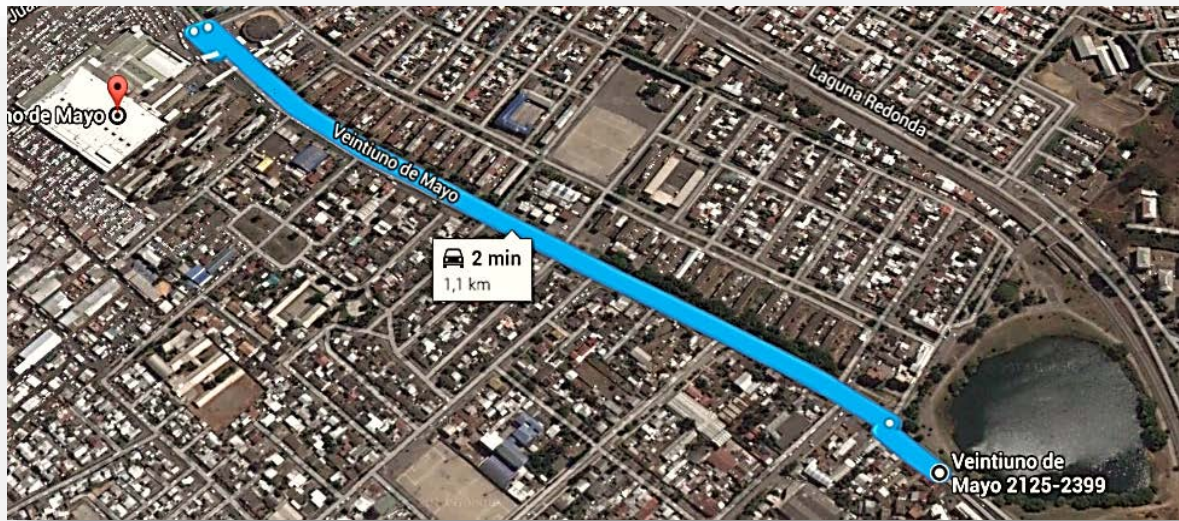
### 3.2.1 DISTANCIA DE RIO BIO BIO HASTA MALL PLAZA MIRADOR



*Fig. 3.2 Distancia desde el Río Bío Bío hasta mall Mirador*

El centro comercial mall plaza mirador, consta de una edificación aproximada de 30.000 m<sup>2</sup>. Para un ataque de incendio mostrada en la figura, (fig. 3.2 ) existe un suministro de agua cercano como es el río Bío Bío, encontrándose a una distancia aproximada de 550 metros, desplegando las líneas de mangueras desde la avenida Nueva Costanera hasta llegar al puente Llacolén, con dirección norte hasta llegar a la calle Zañartu y posterior al Mall Plaza.

### 3.2.2 DISTANCIA DE LAGUNA REDONDA HASTA VEGA MONUMENTAL.



*Fig. 3.3 Distancia de laguna redonda hasta Vega Monumental*

En caso de un incendio de gran magnitud, como fue ocurrido en enero de 2010, podemos obtener los recursos naturales de dos fuentes, como son la laguna redonda y el Río Bío Bío. La distancia comprendida entre la laguna redonda y la vega monumental, es aproximadamente 1100 metros, desde la succión desplegando las líneas de mangueras en forma directa hasta llegar al centro comercial.

### 3.2.3 DISTANCIA COMPRENDIDA ENTRE LAGUNA LAS TRES PASCUALAS Y MALL DEL CENTRO CONCEPCION.

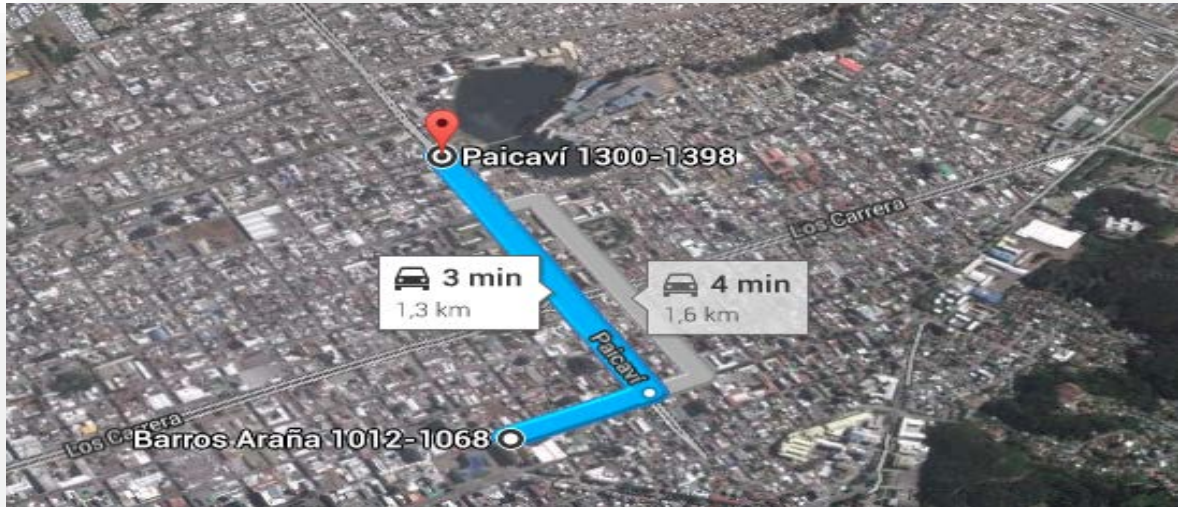


Fig. 3.4 Distancia desde Laguna Las Tres Pascualas hasta Mall del Centro

Uno de los grandes proyectos de construcción que está ubicado en pleno corazón de la comuna de Concepción es el Mall del Centro, situado en las calles Barros Arana y Tucapel, tiene un área de construcción aproximado de 80.000 m<sup>2</sup> de los cuales se subdividen en 5 niveles comerciales, 98 locales, una multitienda, 7 salas de cine, un patio de comida y restaurantes, además de 3 niveles subterráneos de estacionamientos y un edificio de un total de 23 pisos, destinado al uso de oficinas.

La fuente de aguas abiertas más cercana para alimentación en caso de emergencia, es la laguna Las Tres Pascualas que se encuentra ubicada a una distancia de 1300 metros.



### **3.3 ESTUDIO DE CASO HIPOTÉTICO EN LA CIUDAD DE CONCEPCION**

#### **3.3.1 DEFINICION DE CASOS A ESTUDIAR**

Ningún incendio es igual a otro, es una premisa básica, que se enseña a todos los Bomberos cuando ingresan a la Institución y, bajo ese prisma, en este capítulo se basarán los cálculos necesarios del protocolo de suministro de agua de circuitos alternativos en caso de falla de la red de grifos. Al respecto, se considera dos casos hipotéticos, pero que pueden ocurrir en variadas situaciones con distintas categorías de emergencia, con el propósito de poder concluir en forma más simple y rápida para su aplicación a la hora de una emergencia real, por parte de los Voluntarios del Cuerpo de Bomberos de Concepción, sin olvidar que la seguridad del personal y de los equipos y máquinas operando en un incendio es la primera prioridad.

Dichos casos hipotéticos se supondrá que podrían suceder en la estructura del Mall del Centro Concepción y son los siguientes:

**A) Incendio en un local comercial con 100 m<sup>2</sup> de superficie (10 m de lado) con tabiques estructurales cortafuegos.**

**B) Incendio en un sector de multitienda involucrando 400 m<sup>2</sup> de superficie (20 m de lado) en planta abierta.**

Ambos casos tienen requerimientos de caudal de agua diferentes, lo que permitirá crear una estrategia que podrá aplicarse a cada caso.

Bomberos cuando se ve enfrentado a cualquier emergencia, debe estimar la cantidad de agua que es necesaria para el control del incendio. En base a la superficie y la disposición del agua, se emplean dos estrategias designadas como, ofensiva o defensiva, para esto se analizará los caudales de agua.

### 3.3.2 ESTIMACION DE CAUDALES DE AGUA

El sentido común muchas veces puede ser el punto de partida para determinar la cantidad de agua que se necesita. Alan Brunacini, actual Comandante del Departamento de Bomberos de la ciudad de Phoenix, Arizona, EEUU y escritor del libro “Fire Command” sugiere simplemente, “**mucho fuego = mucha agua; poco fuego = poca agua**”.

Un método de prueba y error puede ser implementado inicialmente durante el incendio. Este método se basa un poco en lo dicho por Brunacini. Si se comienza utilizando 2 líneas de agua de 70 mm, con un flujo de 600 litros por minuto por cada uno y después de unos minutos no se ven resultados, entonces se requiere de más agua. Métodos más precisos utilizan fórmulas matemáticas para determinar la cantidad de agua. Una de estas fórmulas es la definida por la National Fire Academy de EEUU. La que utiliza el área afectada por el fuego. Estas fórmulas y estimaciones determinan la cantidad de agua (o flujo de agua) necesaria para controlar el fuego y lograr que este baje en intensidad.

Muchas veces el incendio es demasiado grande para la cantidad de agua que se tiene y por lo tanto, se deberá atacar defensivamente con énfasis en proteger estructuras expuestas y esperar a que el fuego consuma el combustible hasta el punto en que el caudal de agua es suficiente para su extinción. Esto es lo que se ve en la gran mayoría de los casos de grandes incendios como bodegas y edificios antiguos.

El conocimiento del material de agua en el carro bomba es primordial para que junto con el cálculo del caudal de agua necesario permita que el ataque al fuego se realice en forma óptima. Se necesita saber los caudales de los diferentes pitones que la máquina posee y las presiones en las que operan.

Es necesario también que el operador de la bomba (conductor/maquinista) conozca las presiones necesarias que debe suministrar a las distintas líneas de agua. Para esto debe estar preparado y entrenado en el manejo de la bomba y estar en conocimiento de las pérdidas de presión por fricción en las distintas líneas (50 y 70 mm) y el efecto de la distancia y diferencia de altura sobre estas. Si la distancia es muy grande inevitablemente se deberá establecer un convoy.

Los ataques defensivos intrínsecamente necesitan de muchas armadas de agua. El fuego se extingue si se logra inundarlo con una cantidad de agua suficiente como para revertir la gran producción de calor.

Para poder determinar las cantidades de agua que hay que aplicar a un fuego, existen varias fórmulas usadas en el mundo actualmente.

Todas están orientadas a aplicar la cantidad de agua necesaria para absorber la suficiente cantidad de energía para evitar el incremento del incendio (cortar propagación) y luego extinguirlo.

Esto dependerá principalmente del tamaño del lugar afectado y la calidad pirógena del combustible, vale decir, cuanta energía entrega por unidad de peso un material al quemarse completamente.

En este estudio se usará el método "Tactical Flow-Rate (TFR) o Caudal Táctico de Paul Grimwood, (escritor del libro Euro Fire Fighter 2009) donde la superficie del lugar afectado ( $m^2$ ), se multiplica por 4, en una estructura compartimentada y se multiplica por 6 en una estructura abierta o cuando el fuego compromete estructuras, este resultado se homologará a la cantidad de litros por minuto de flujo total empleado.

En el caso de los ejemplos que se estudian, se obtiene de esta forma:

$$\text{CASO A)} \quad 10 \times 10 = 100 \times 4 = 400 \text{ LPM}$$

$$\text{CASO B)} \quad 20 \times 20 = 400 \times 6 = 2400 \text{ LPM}$$

Según las características del equipamiento de agua ya indicadas en el capítulo I se tiene que:

En el caso A se podrá ocupar **un pitón del tipo 369**, que tiene un rango desalojo de 115 a 750 LPM a 7 bar.

En el caso B, se podrá trabajar con un **mínimo de 4 pitones del tipo 369 o un pitón monitor del tipo 622-2**, con rango de desalojo entre 1140 y 3800 LPM o alternando ambos equipos según la estrategia para el caso particular.

## 3.4 PERDIDAS DE CARGA

### 3.4.1 INTRODUCCION

Dos de las ciencias que estudian los fluidos (líquidos y gases) son la Termodinámica y la Mecánica de Fluidos. El agua (H<sub>2</sub>O), en su forma líquida, es un fluido con características propias y su comportamiento es controlado por las leyes de la física y la química. La tensión entre las moléculas de agua no es suficiente para permitir que se les pueda someter a tracción, de la manera que se puede hacer con un sólido, esto quiere decir que sólo se puede empujar el agua aplicando una presión mecánica para desplazarla. Se puede también crear una depresión y así usar la presión atmosférica para hacer que el agua ascienda por las mangueras hacia el lugar deseado, conocido como proceso de aspiración.

El agua es casi incompresible, es decir que no se puede acumular la presión como en un gas. Una operación de bombeo necesita un aporte constante de energía por pequeño que sea el movimiento de volumen de agua implicado.

El rozamiento que produce la velocidad de circulación del agua en las paredes interiores de la manguera, los cambios de dirección del movimiento del fluido, como en codos bruscos y accesorios que se deben usar a lo largo de la línea y el aumentar el caudal en la misma manguera supondrá mayor pérdida por rozamiento. El diámetro de la manguera, es la variable más significativa en las pérdidas de carga. Para un mismo caudal, a mayor diámetro menor será la pérdida por rozamiento

El problema impuesto consiste transportar 400 o 2400 LPM de agua, según sea el caso, desde una laguna hasta una piscina a la entrada del edificio ubicado en la esquina de las calles Orompello y Barros Arana, desde donde se abastecerán mediante aspiración las bombas que atacaran el incendio.

La figura 3.5 ilustra el uso de una piscina como la mencionada recién.

Para mover dichos caudales se debe considerar la diferencia de cotas (metros sobre el nivel del mar = m s n m) entre la superficie del agua en la piscina y la superficie del agua en la laguna y las pérdidas de carga que ocurren cuando el agua recorre el interior de las mangueras y accesorios del circuito.



Fig. 3.5 Foto que ejemplifica el trabajo con piscina, al centro, camión cisterna descargando su contenido en estanque auto soportable, a la izquierda, en primer plano, carro aspirando y bombeando hacia la armada de ataque.

### 3.4.2 PÉRDIDAS DE CARGA REGULARES ( $H_f$ ).

La pérdida de carga que tiene lugar en una conducción, representa el gasto de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma, por efecto del rozamiento.

Existe una gran diversidad métodos, ecuaciones, tablas, gráficos y software para realizar los cálculos hidráulicos de tuberías. En este capítulo se ocupará la ecuación de **Hazen Williams**, por ser una de las fórmulas más usadas en Chile para el cálculo de pérdidas friccionales en conductos de sección transversal circular.

Ecuación de **Hazen Williams**:

$$H_f = \frac{10,674 * Q^{1.85} \left(\frac{m^3}{s}\right) * l(m)}{C^{1.85} * D^{4.85}(m)}$$

Donde:

**H<sub>f</sub>** = Pérdidas regulares (m).

**D** = Diámetro interno (m).

**C** = Coeficiente de fricción (adimensional).

**Q** = Flujo volumétrico (m<sup>3</sup>/s).

**L** = Longitud del conducto (m).

Al desarrollar la ecuación de Hazen Williams con los datos de la Tabla 3.1 Elkhart, referida a ductos de 70 mm de diámetro, el coeficiente “C”, tiene un valor promedio de 108 (adimensional).

Tabla 3.1 Pérdidas de carga en mangueras de diferente diámetro. Fuente: Elkhart



Flow in U.S. Gallons Per Minute	Pressure Loss in PSI per 100' Hose									
	Hose Diameters									
	1.5"	1.75"	2.0"	2.5"	3"	3.5"	4"	5"	6"	7.25"
10										
20										
30										
40	4.5	3	1							
60	10	5	2.5							
95	22	11	5							
100	25	12	6	3	1					
125	37	21	10	4	1					
150	54	26	13.5	6	2					
175		34	18	8	3					
200		45	24	10	4	2				
225		57	30	12	4.5	2				
250		70	37.5	15	6	2.5				
275		82	45	17.5	7	3				
300		95	54	21	8	3.5	2			
325			65	24.5	9.5	4	2.5			
350			78	28	11	5	2.5			
400			96	36	14	6	3	1		
450				45	17.5	8	4	1.5		
500				55	21	9.5	5	2		
550					25.5	11.5	6	2		
600					30	13.5	7	2.5		
650					35	15.5	8.5	3		
700					40.5	18	9.5	3.5	1	
750					46	20	11.5	4	1	
800					53	23	12.5	4.5	1.5	
850						25.5	14.5	5	1.5	
900						28	16	5.5	2	
950						31	17.5	6	2	
1000						34	19	6.5	2.5	
1100						41	23	8	3	1
1200						49	27.5	9.5	4	1.2
1300						57	32.5	11	4.5	1.4
1400						66.5	38	13	5	1.5
1500						76.5	43	15	6	2
1750							59	20	8	2.5
2000							77	26.5	10.5	3

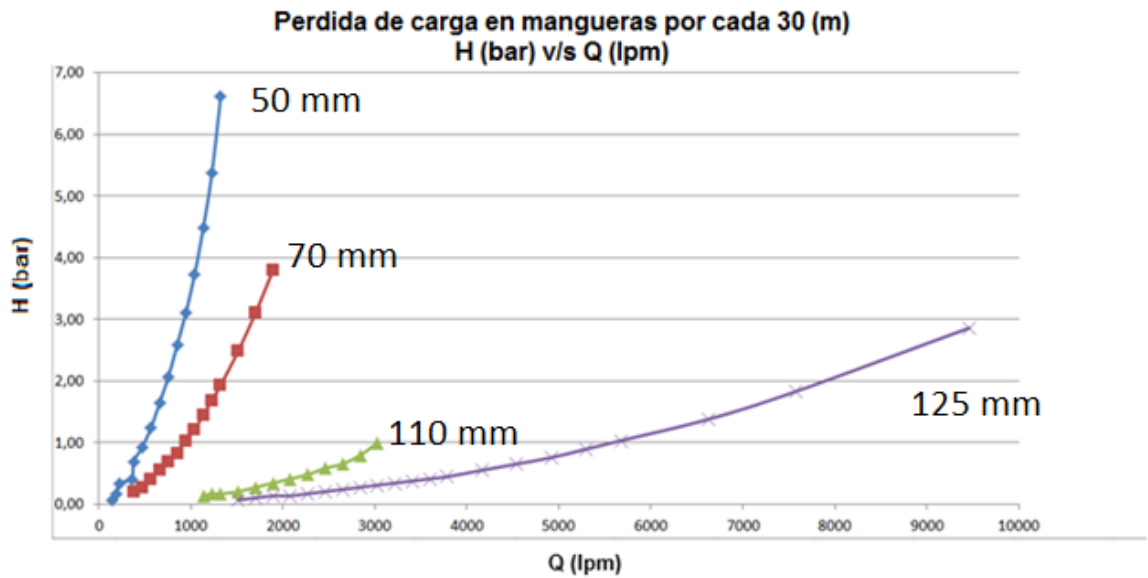


Fig. 3.6 Gráfico Pérdida de carga en función del diámetro interior de mangueras de incendios.

### 3.4.3 PÉRDIDAS SINGULARES (Hs).

Además de las pérdidas de carga por rozamiento, se producen otro tipo de pérdidas que se originan en puntos singulares de las tuberías (cambios de dirección, codos, juntas, etc.) y que se deben a fenómenos de turbulencia. La suma de estas pérdidas de carga accidentales o localizadas más las pérdidas por rozamiento dan las pérdidas de carga totales.

Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar en forma experimental y, puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura de velocidad corregida mediante un coeficiente empírico (K):

$$H_s = \sum K \cdot (v^2 / 2 \cdot g)$$

En función del caudal, la expresión queda de la siguiente forma:

$$H_s = \sum K \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2 \cdot g)]$$

Donde:

**Hs** = Pérdida de carga o de energía (m).



- K** = Coeficiente empírico (adimensional).
- V** = Velocidad media del flujo (m/s).
- g** = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).
- Q** = Flujo volumétrico (m<sup>3</sup>/s).
- A** = Superficie sección transversal de referencia (m<sup>2</sup>), **A= (π·D<sup>2</sup>)/ 4**

### 3.5 ECUACIÓN DE CIRCUITOS CONSIDERADOS.

Existen diversos circuitos posibles considerando conductos en serie y/o en paralelo con el mismo o distinto diámetro interior, con el mismo o distinto largo de conducto, con mayor o menor número y tipo de accesorios.

**Para el presente estudio se considera D = 70 mm y L = 1300 m en todas las ecuaciones y gráficos que se presenten a continuación.**

Para realizar los cálculos de pérdidas singulares producidas al **conformar UN conducto de 1300 m de longitud** se considera los accesorios y coeficientes de pérdidas singulares indicados en la Tabla 3.2.

TABLA 3.2: Accesorios y coeficientes de pérdidas singulares en un conducto de 1300 m de longitud.

SINGULARIDAD	CANTIDAD	COEFICIENTE K
Codo 45°	87	0,40
Codo 90°	4	0,63
Coplas	86	0,08
Válvula	10	5
Entrada brusca	1	1
Salida brusca	1	1

Las pérdidas calculadas para los circuitos ensayados son las siguientes:

TABLA 3.3: Pérdidas calculadas

CANTIDAD DUCTOS	PERDIDAS REGULARES		PERDIDAS SINGULARES		TOTALES	
	BAR	METRO	BAR	METRO	BAR	METRO
1	243.7	2486	33.7	344	277.5	2830
2	67.6	689.6	10.6	109.1	78.3	798.7
3	31.9	325.7	4.2	43.3	36.1	369

### Los circuitos considerados son:

**UN** conducto de longitud  $L = 1300$  m y diámetro  $D = 70$  mm

**DOS** conductos de longitud  $L = 1300$  m y diámetro  $D = 70$  mm

**TRES** conductos de longitud  $L = 1300$  m y diámetro  $D = 70$  mm

En anexos se incluye la codificación de ecuaciones que permiten obtener los gráficos y tablas de cada caso estudiado.

Se trata obviamente del mismo conducto, que tiene el mismo comportamiento en el plano energía versus caudal. No obstante, para transportar un cierto caudal total, al usar dos conductos en paralelo por cada uno de ellos circula la mitad de dicho caudal total y al usar tres conductos en paralelo, circula un tercio de dicho caudal total, con lo cual la energía y potencia necesaria para transportar el caudal total baja en forma muy significativa.

La ecuación del circuito es de la forma

$$H = (Z2 - Z1) + H_f + H_s$$

La que se puede expresar en metro que corresponde a energía/(unidad de peso de fluido) o en unidad de presión si H se multiplica por el peso específico del agua. La expresión  $(Z2 - Z1)$  es la diferencia de cota vertical entre el nivel de agua en la laguna las Tres Pascualas y la esquina de las calles Orompello y Barros Arana donde se sitúa el Mall del Centro que es de **9 m**.

A continuación se muestran fotografías relacionadas con las mediciones de altura correspondientes al caso estudiado.



*Fig. 3.7 Medición de cota en centro comercial 23 m.s.n.m.*



Fig. 3.8 Medición de cota en fuente de agua 14 m.s.n.m.

La figura 3.9 muestra la posibilidad de llegar a la rivera sur Laguna las Tres Pascualas con un vehículo de Bomberos para aspirar agua. Acceso que se puede mejorar para mayor rapidez y seguridad del procedimiento.



Fig. 3.9 Rivera sur Laguna las Tres Pascualas

Para que el tendido de conductos no impida la circulación vehicular se debe considerar soluciones como la mostrada en la figura 3.10



*Fig. 3.10 Elemento que permite la circulación de vehículos sobre las mangueras sin provocar daño y sin obstaculizar el tránsito en las calles*

### **3.6 EVALUACION TECNICA DE LAS ESTRATEGIAS PROPUESTAS.**

#### **3.6.1 INTRODUCCION**

La evaluación técnica de las estrategias propuestas, se desarrollará mediante el análisis de las curvas características de las bombas del Cuerpo de Bomberos de Concepción y de las curvas características de circuitos ya definidos y que se pueden configurar con las mangueras disponibles. Para tal efecto se usa el software SOLUCION DE ECUACIONES DE INGENIERIA (EES), el que permite generar gráficos y tablas, a partir de ecuaciones incorporadas por el usuario.

### 3.6.2 GRAFICOS, ECUACIONES Y TABLAS DE LA BOMBA CB 90 PARA RPM MINIMAS Y RPM MAXIMAS

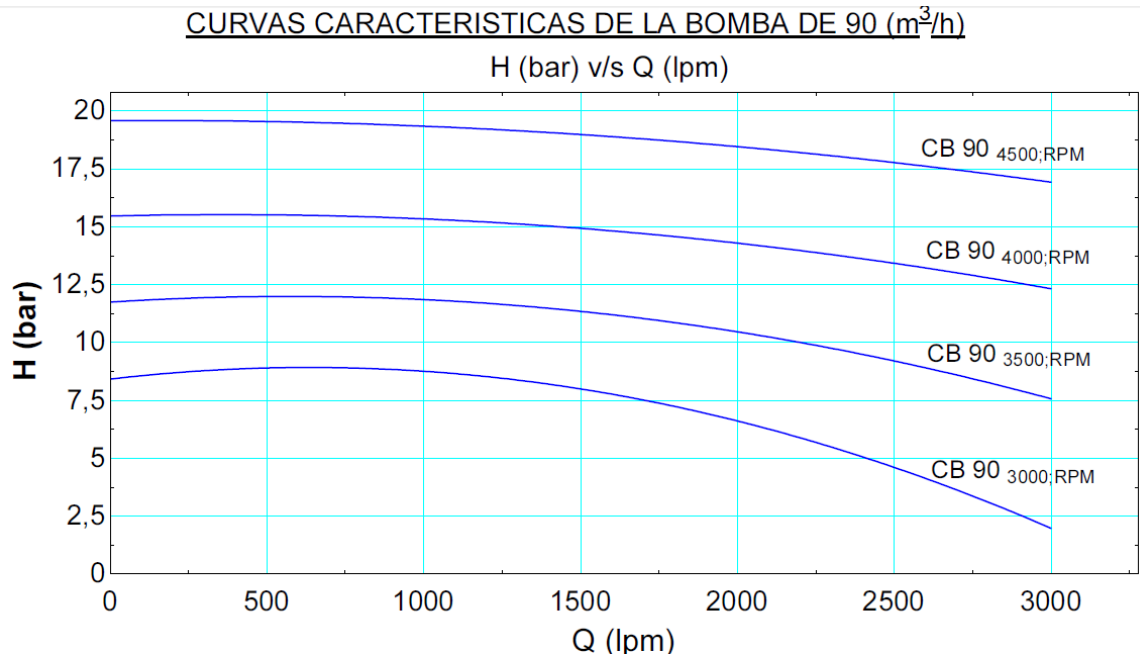


Fig. 3.11 Grafico Bombas CB 90

Ecuaciones de la Bomba CB 90

$$H_{cb90\ 3000\ RPM} = 8,42143 + 1,58143 * 10^{-3} * Q - 1,24286 * 10^{-6} * Q^2$$

$$H_{cb90\ 3500\ RPM} = 11,7464 + 8,57857 * 10^{-4} * Q - 7,5 * 10^{-7} * Q^2$$

$$H_{cb90\ 4000\ RPM} = 15,4621 + 3,3757 * 10^{-4} * Q - 4,6142 * 10^{-7} * Q^2$$

$$H_{cb90\ 4500\ RPM} = 19,581 + 8,57143 * 10^{-5} * Q - 3,2381 * Q^2$$

TABLA 3.4: Curva Característica Bomba CB 90

Q (lpm)	H <sub>cb 90 3000 RPM</sub> (bar)	H <sub>cb 90 3500 RPM</sub> (bar)	H <sub>cb 90 4000 RPM</sub> (bar)	H <sub>cb 90 4500 RPM</sub> (bar)
0	8,42	11,75	15,46	19,58
500	8,90	11,99	15,52	19,54
1000	8,76	11,85	15,34	19,34
1500	8,00	11,35	14,93	18,98
2000	6,61	10,46	14,29	18,46
2500	4,61	9,20	13,42	17,77
3000	1,98	7,57	12,32	16,92

### 3.6.3 GRAFICOS, ECUACIONES Y TABLAS DE LA BOMBA CB 180 PARA RPM MINIMAS Y RPM MAXIMAS

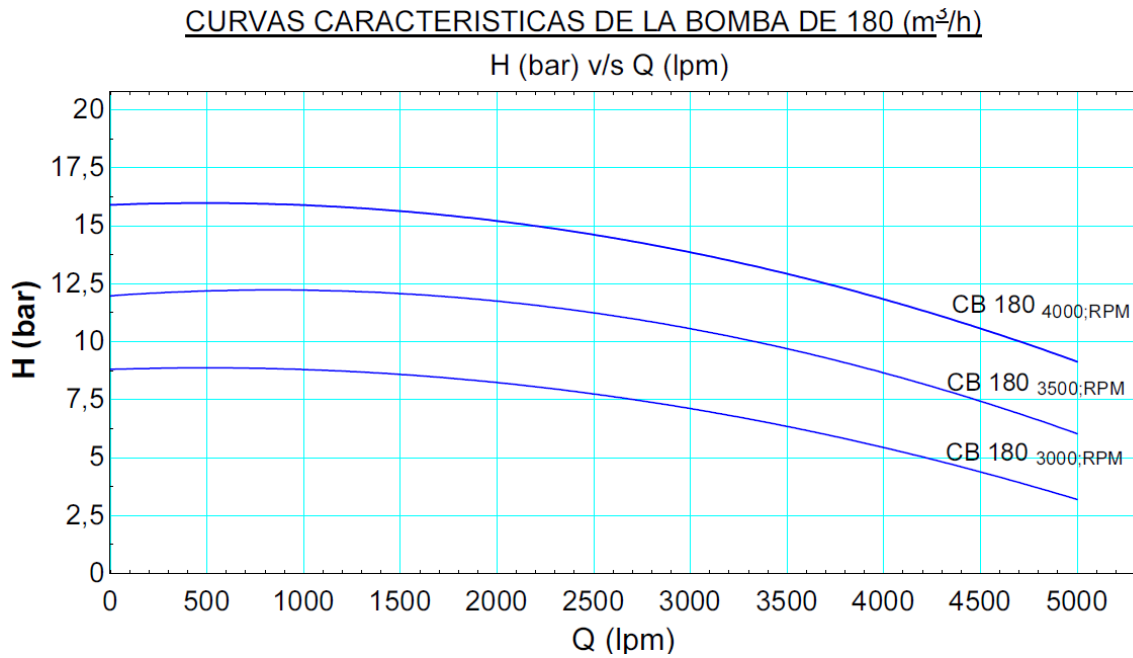


Fig. 3.12 Grafico Bombas CB 180

Ecuaciones de la bomba CB 180

$$H_{cb180\ 3000\ RPM} = 8,8028 + 2,74452 * 10^{-4} * Q - 2,79254 * 10^{-7} * Q^2$$

$$H_{cb180\ 3500\ RPM} = 11,9755 + 6,01119 * 10^{-4} * Q - 3,5804 * 10^{-7} * Q^2$$

$$H_{cb180\ 4000\ RPM} = 15,8973 + 3,219 * 10^{-4} * Q - 3,349 * 10^{-7} * Q^2$$

TABLA 3.5: Curva Característica Bomba CB 180

$Q$ (lpm)	$H_{cb\ 180\ 3000\ RPM}$ (bar)	$H_{cb180\ 3500\ RPM}$ (bar)	$H_{cb\ 180\ 4000\ RPM}$ (bar)
0	8,80	11,98	15,90
500	8,87	12,19	15,97
1000	8,80	12,22	15,88
1500	8,59	12,07	15,63
2000	8,23	11,75	15,20
2500	7,74	11,24	14,61
3000	7,11	10,56	13,85
3500	6,34	9,69	12,92
4000	5,43	8,65	11,83
4500	4,38	7,43	10,56
5000	3,19	6,03	9,13

### 3.6.4 CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA CB-90 Y DE LOS CIRCUITOS CONSIDERADOS

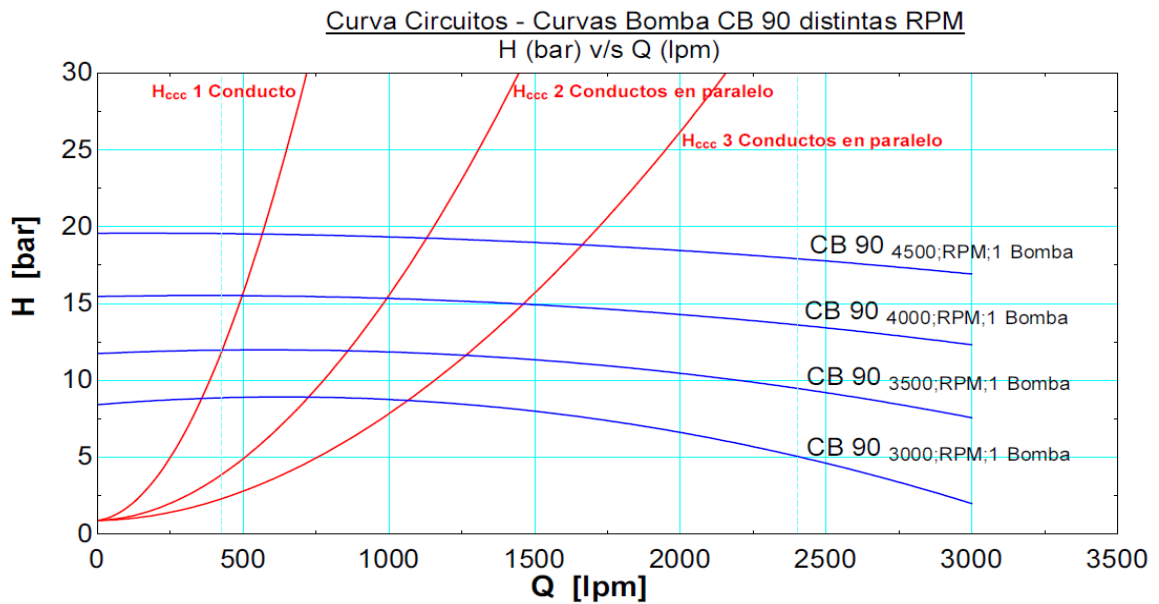


Fig. 3.13 Gráfico bomba CB 90 a distintas RPM y tres circuitos

### 3.6.5 CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA CB-180 Y DE LOS CIRCUITOS CONSIDERADOS

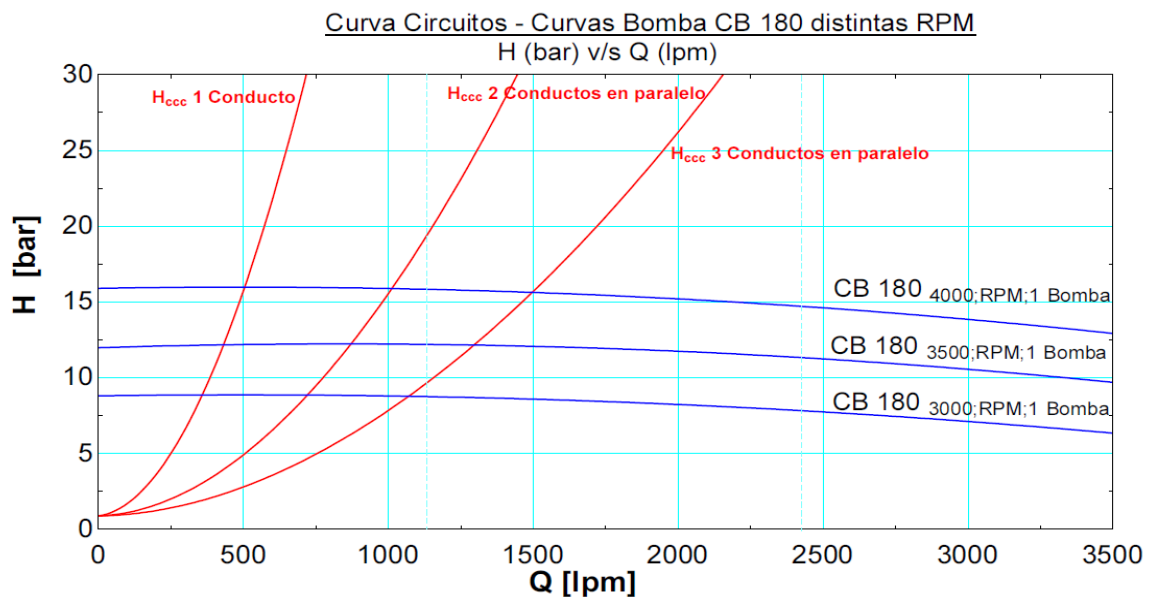


Fig. 3.14 Gráfico bomba CB 180 a distintas RPM y tres circuitos

### 3.6.6 CURVAS CARACTERISTICAS DE VARIAS BOMBAS CB90 EN SERIE Y DE LOS CIRCUITOS CONSIDERADOS

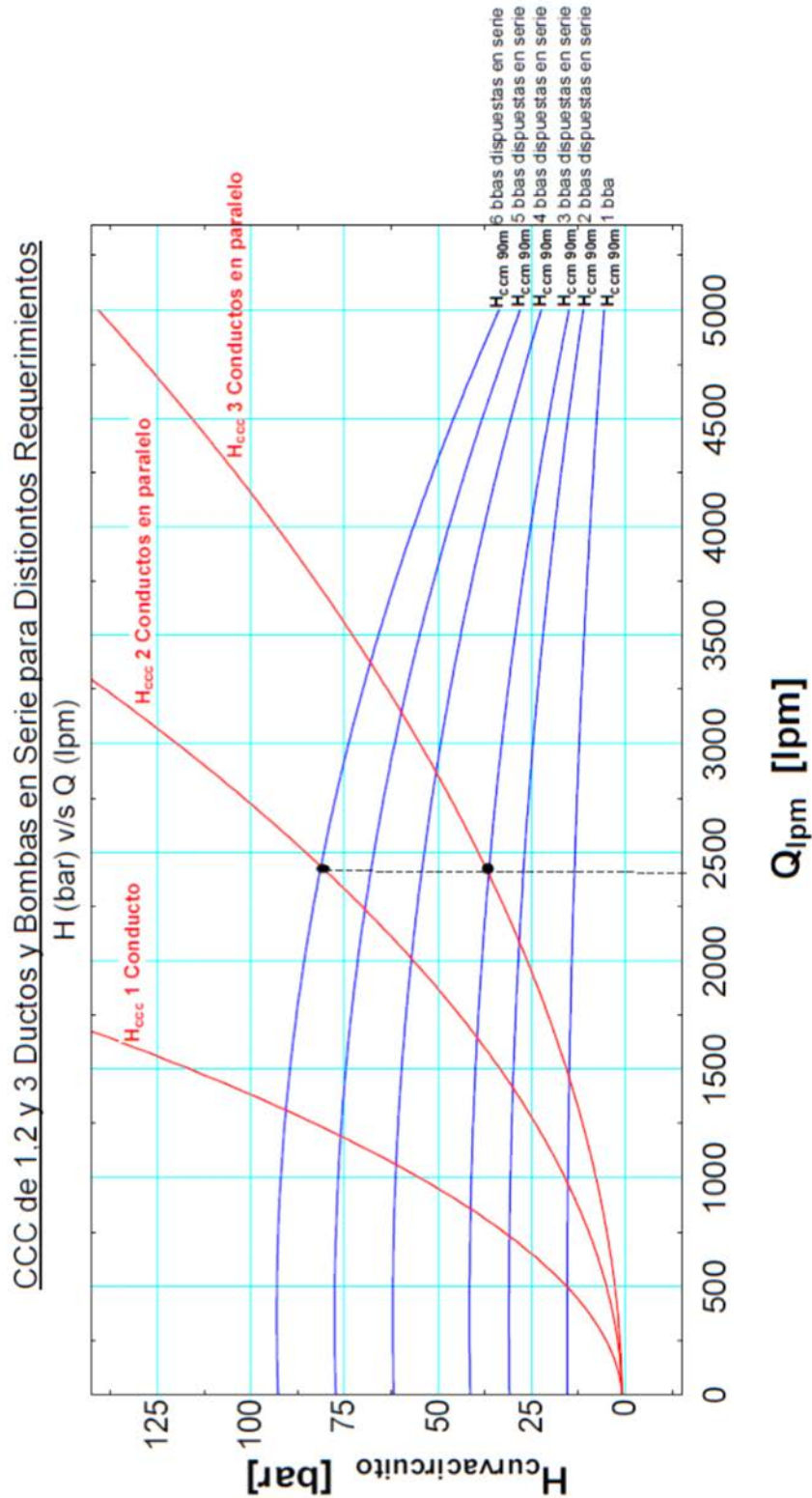


Fig. 3.15 Grafico bombas CB-90 en serie y 3 circuitos



### 3.6.7 CURVAS CARACTERISTICAS DE VARIAS BOMBAS CB180 EN SERIE Y DE LOS CIRCUITOS CONSIDERADOS

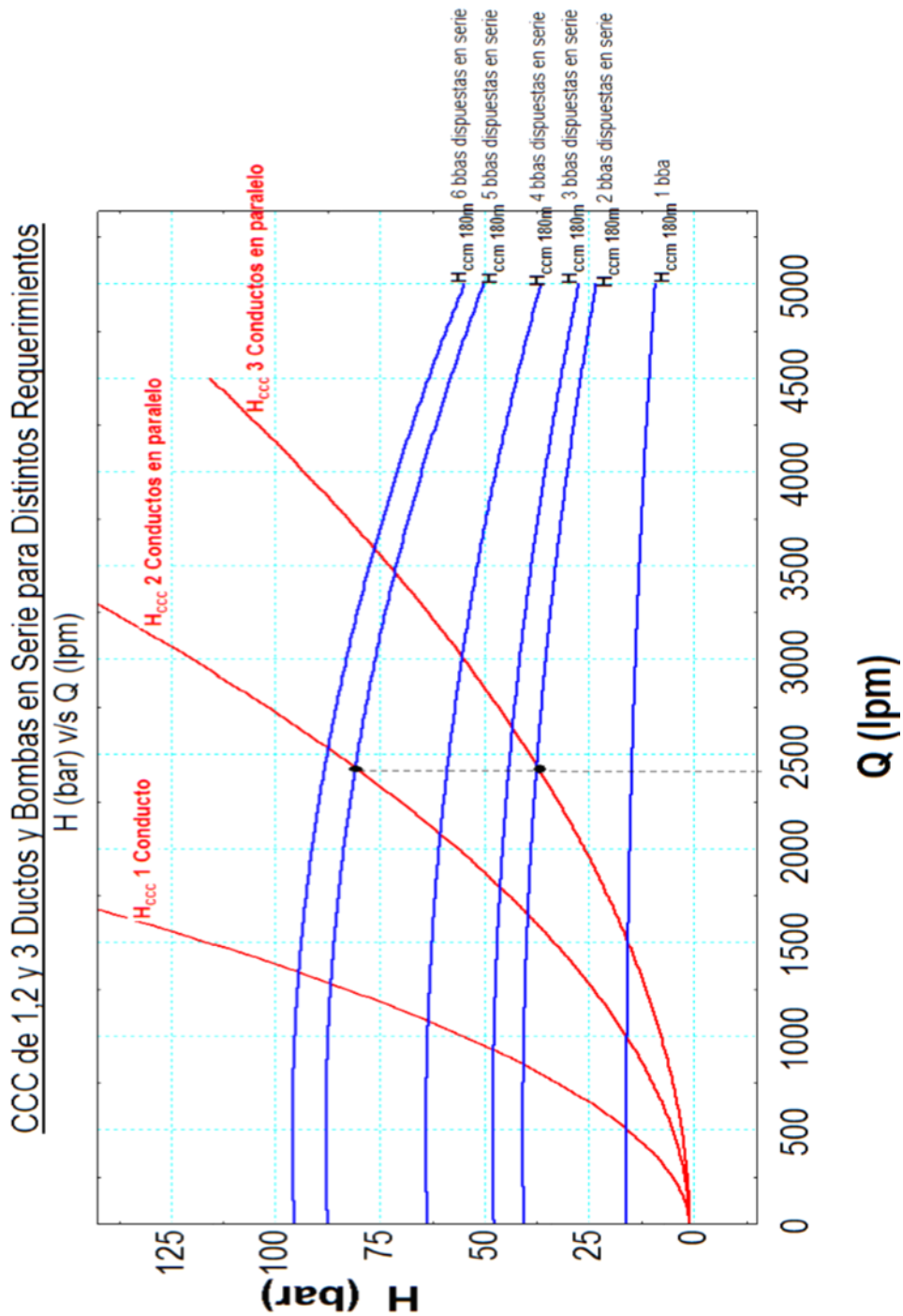


Fig. 3.16 Grafico bombas CB-180 en serie y 3 circuitos

### 3.6.8 ANALISIS DE RESULTADOS

#### 3.6.8.1 SOLUCION CASO A:

Para cumplir con el primer requerimiento de agua, 400 LPM, transportados desde la laguna las Tres Pascualas hasta el Mall del Centro, con una distancia de 1300 m y una diferencia de cota de 9 m, el gráfico de la figura 3.13, muestra que **basta con utilizar UNA Bomba del tipo CB-90. O bien UNA bomba del tipo CB-180, según figura 3.14**

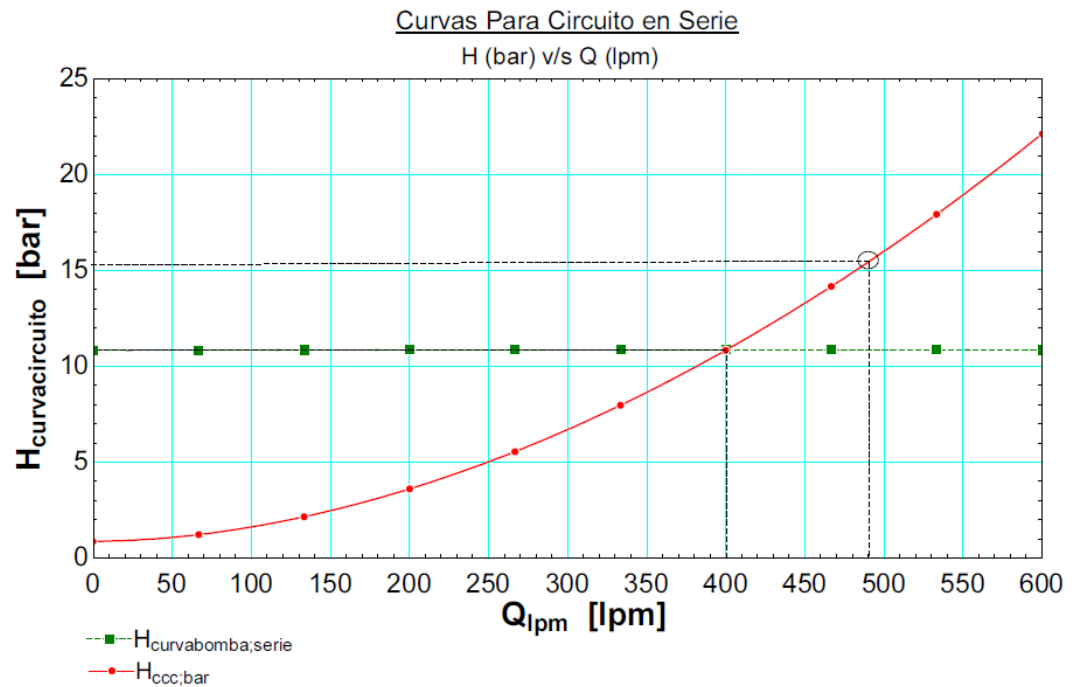


Fig. 3.17 Gráfico ajustado a rpm circuito 400 lpm

La mayoría de las bombas utilizadas por Bomberos, tienen la posibilidad de variar las revoluciones por minuto del motor y por ende, de la bomba.

Utilizando las leyes de semejanza, se pudo calcular que para cortar los 400 LPM y operar a 10,8 bar, la bomba debe girar a 3339 RPM, las que están dentro del rango posible entre las mínimas y máximas RPM de dicha bomba.

El circuito diseñado se muestra en el siguiente esquema

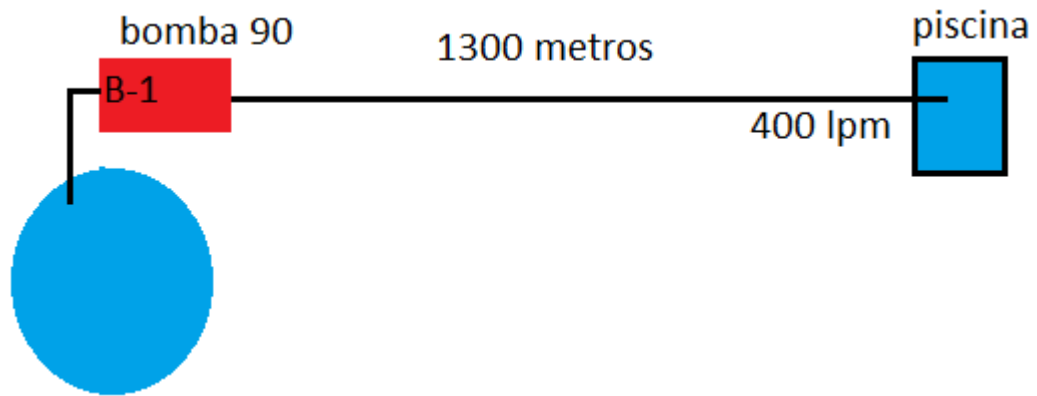


Fig. 3.18 Esquema del circuito de 400 LPM

### 3.6.8.2 SOLUCION CASO B:

Para cumplir con el segundo requerimiento de agua, 2400 LPM, transportados desde la laguna las Tres Pascualas hasta el Mall del Centro, con una distancia de 1300 m y una diferencia de cota de 9 m, existen varias soluciones.

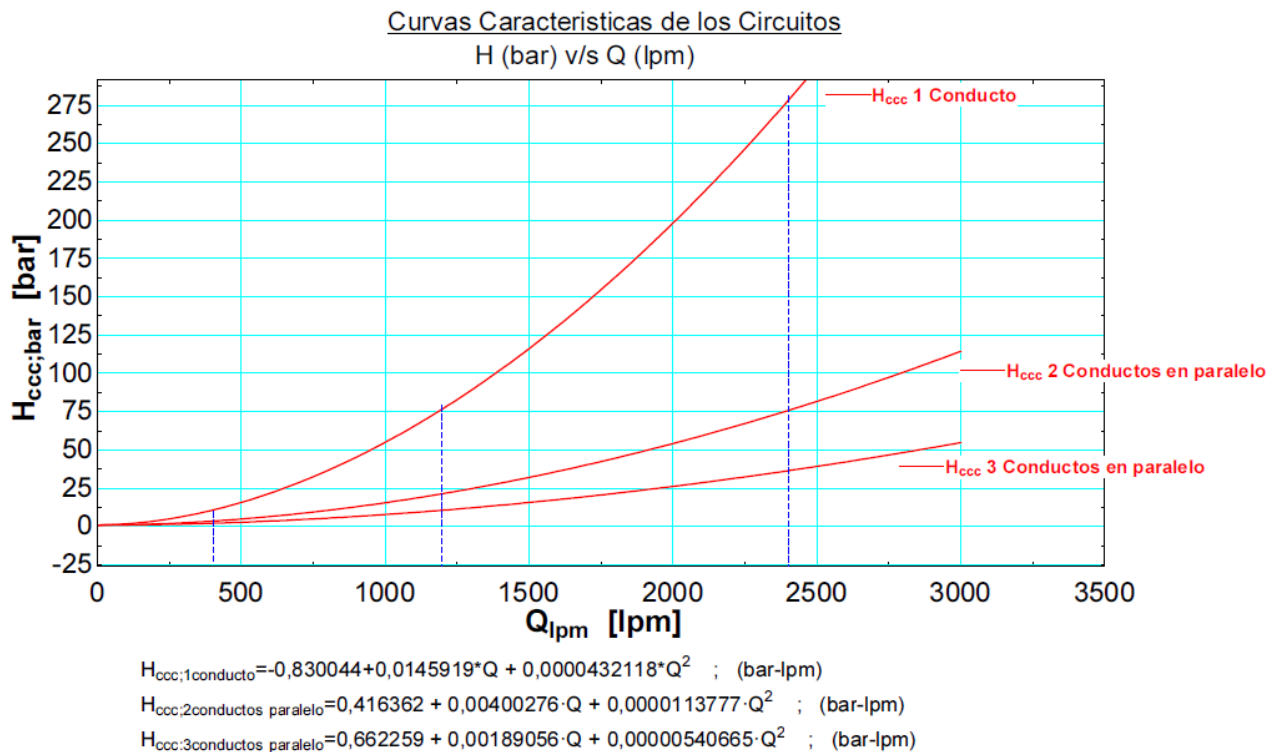


Fig. 3.19 Gráfico CCC 2400 lpm, en tres alternativas (1,2, o 3 ductos)

La figura 3.19 muestra que si se usa **un solo conducto** se requiere entregar una presión del orden de 280 bar, la que no es posible satisfacer, salvo con cerca de 20 carros bomba conectados en serie, a razón de dos carros por cuadra, para cubrir la distancia requerida, lo que a todas luces no resulta razonable.

Evidentemente, la solución del caso A se puede replicar, usando 5 carros bomba y cada uno con un conducto individual de 1300 m, lo que implica utilizar 6500 metros de manguera, material no disponible actualmente en el Cuerpo de Bomberos de Concepción. No obstante, en gráfico de la figura 3.15 se observa otras alternativas como las siguientes:

Usar 3 bombas CB90 conectadas en serie y con un tendido de 3 conductos en paralelo, lo que implica que a cada carro entran y salen los 3 conductos.

Usar 6 bombas CB90 conectadas en serie y con un tendido de 2 conductos en paralelo, lo que implica que a cada carro entran y salen los 2 conductos.

El circuito diseñado como se muestra en el siguiente esquema, considera 6 bombas en serie dispuestas cada 216 metros y un tendido doble, desde la primera bomba hasta la piscina auto soportante, ubicada en la base del centro comercial, donde se abastecerán las bombas encargadas del ataque al fuego.

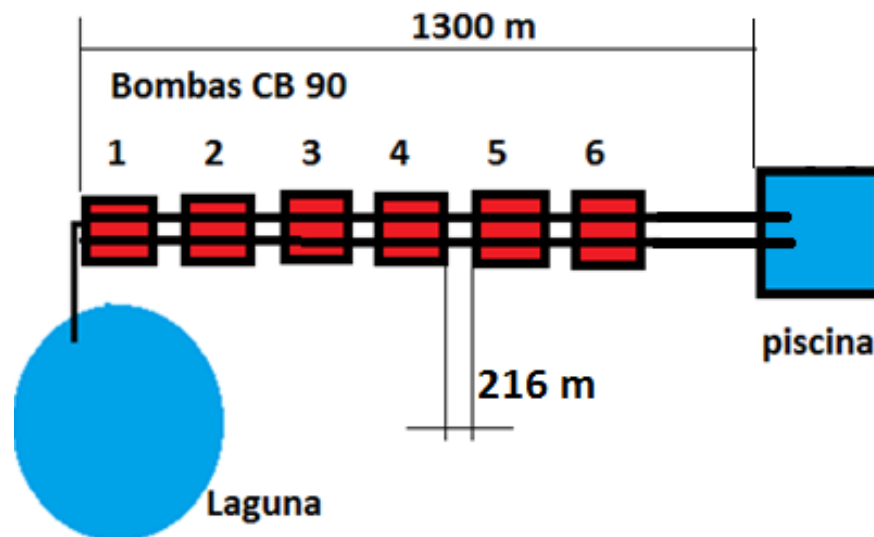


Fig. 3.14 Esquema de circuito para 2400 lpm

También se observa en la figura 3.16, que se puede satisfacer la necesidad de 2400 LPM con las siguientes alternativas:

Usar 2 bombas CB-180 conectadas en serie y con un tendido de 3 conductos en paralelo, lo que implica que a cada carro entran y salen los 3 conductos.

Usar 5 bombas CB-180 conectadas en serie y con un tendido de 2 conductos en paralelo, lo que implica que a cada carro entran y salen los 2 conductos.

Con una mirada de mayor proyección, se observa que a futuro se debería adquirir mangueras de mayor diámetro, que generan bastante menos pérdida de carga para igual caudal volumétrico y se podría satisfacer esta demanda con menos carros y/o menos conductos.

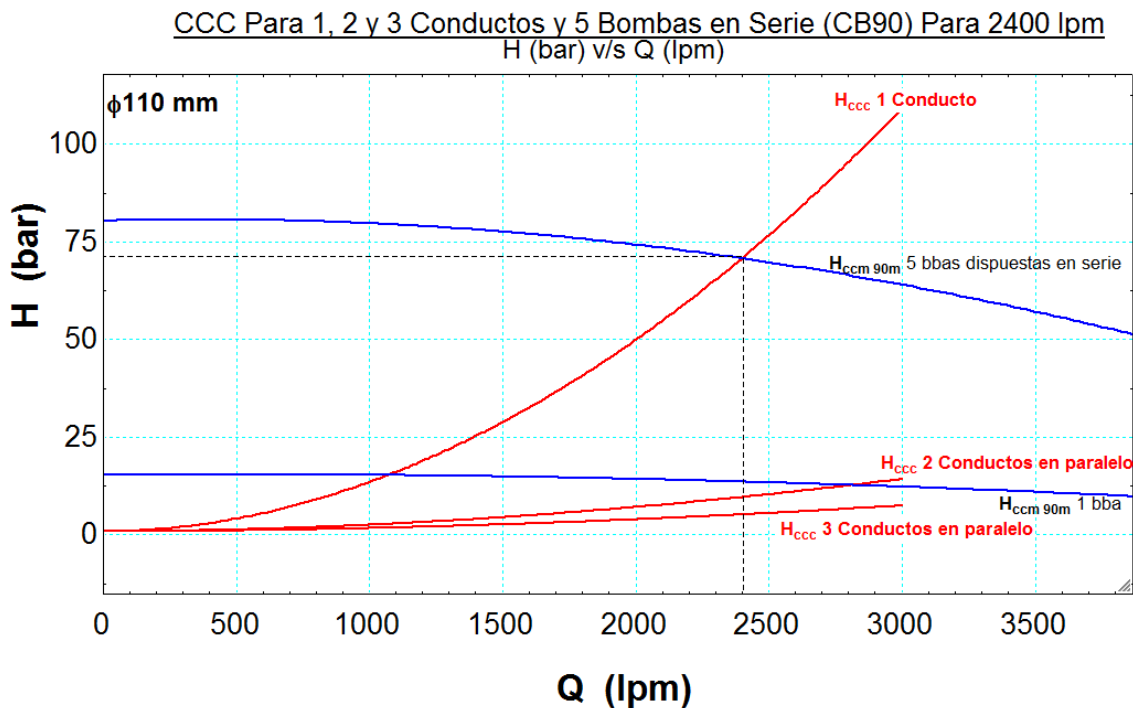


Fig. 3.17 Gráfico para situación de diámetro ducto 110 mm CB-90

En la figura 3.17, se observa que para satisfacer 2400 LPM es posible usar 5 bombas CB-90 conectadas en serie con UN solo conducto de 110 mm de diámetro, o bien usar UNA bomba CB-90 con DOS conductos de 110 mm de

diámetro, lo que implica que a la bomba entran dos conductos y salen dos conductos.

Una situación similar ocurre si se usan bombas CB-180, según se puede observar en la figura 3.18.

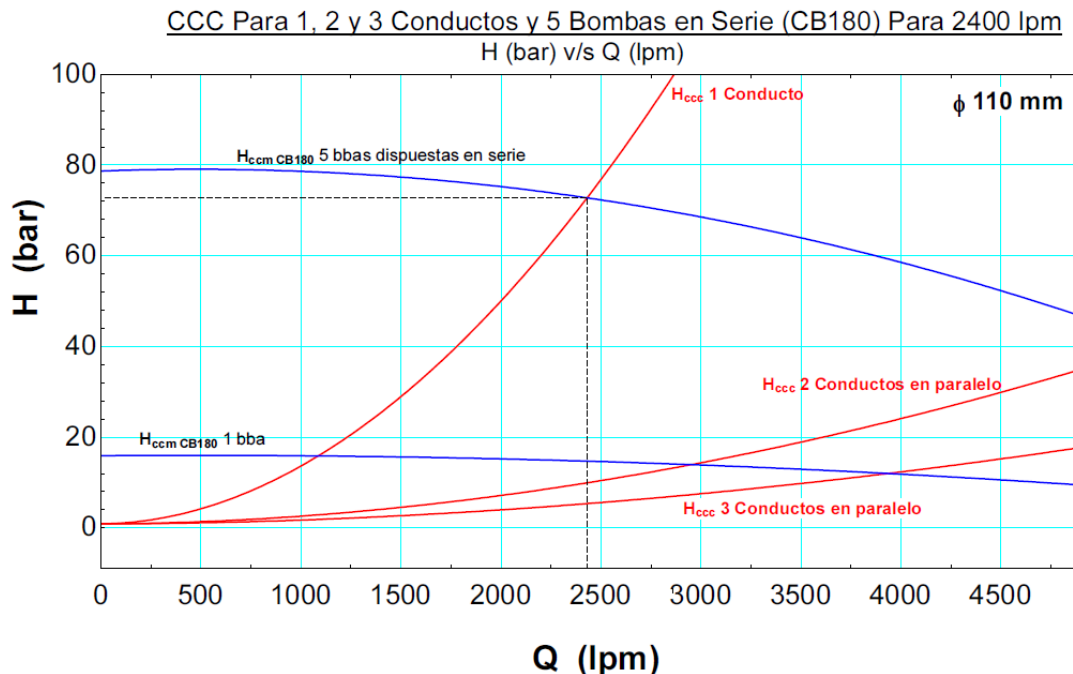


Fig. 3.18 Grafico para situación de diámetro ducto 110 mm CB-180

Del estudio realizado se puede proponer los siguientes parámetros para diseñar el sistema de transporte de agua:

- Considerar 1200 lpm, como caudal límite para transportar por un solo ducto de 70 mm.
- Para 1200 lpm, instalar bombas en serie cada 215 m.
- Para caudales mayores (3600 lpm), utilizar doble o triple tendido.
- Para caudales extremos (10000 lpm) utilizar tendidos en serie de forma paralela, el caudal máximo estará dado por la cantidad de bombas y mangueras con las que se disponga.
- Para distancias de más de 100 m, utilizar doble tendido para alimentación de otras bombas, incluso, desde la red de grifos
  - Incorporar al material menor del Cuerpo de Bomberos, en el mediano plazo, mangueras de mayor diámetro, para fines de transporte de agua.

## CONCLUSIONES

El presente seminario de titulación tuvo por objetivo estudiar circuitos alternativos de suministro de agua, para emergencias atendidas por el Cuerpo de Bomberos de Concepción, cuando falta la red de grifos o no es suficiente en determinadas emergencias.

Se realizó un catastro de los materiales y equipos existentes en el Cuerpo de Bomberos de Concepción, dando cumplimiento al primer objetivo específico.

Se evaluó las fuentes de agua naturales dentro del límite comunal de Concepción, las que ofrecen varias alternativas factibles para contar con suministro del recurso agua, dando cumplimiento al segundo objetivo específico.

Finalmente se estudió las características energéticas de las bombas disponibles y las exigencias que imponen las mangueras a la circulación del agua. Se analizó en particular dos situaciones de requerimiento de 400 LPM y 2400 LPM, a una distancia de 1300 m, entre la fuente de agua de la laguna más cercana y el lugar de un siniestro en el centro de la ciudad. Se concluye que es posible satisfacerlas en base a los fundamentos de la mecánica de fluidos, aplicada a máquinas y conductos. No obstante, se puede observar, las grandes pérdidas de carga para diámetros menores, lo que se traduce en ineficiencia al momento de transportar agua en largas distancias y/o altos caudales.

Se concluye entonces que el presente seminario servirá de base para definir nuevos protocolos para la forma como se enfrentan los incendios en nuestra ciudad, con los mismos recursos disponibles.

En el corto plazo, una alternativa relativamente fácil de implementar, a pesar que implica cambio de procedimiento, es alimentar a las máquinas utilizando líneas “dobles”, es decir, desplegar dos armadas de 70 mm en paralelo.

A futuro se recomienda adquirir mangueras de mayor diámetro, que generan bastante menos pérdida de carga para igual caudal volumétrico y se podría satisfacer demandas con UN solo carro y UN solo conducto. De este modo, se puede enviar un gran volumen de agua, a una mayor distancia evitando colocar otros carros entre medio para convoy.

En EE.UU., los Bomberos, trabajan con ductos de 5" (125 mm) de diámetro y existen camiones habilitados para transportar hasta 1800 metros de manguera en ese diámetro (ver fotografía en anexos). En cambio en nuestro país, el mayor diámetro existente, con que cuentan los diferentes Cuerpos de Bomberos, es de 70 mm y sumado a eso, no existe la costumbre ni los procedimientos, para realizar doble tendido de alimentaciones (dos líneas de 70 mm gemelas) en distancias de más de 100 metros, logrando con esto, altas pérdidas de carga regulares y menor flujo de agua transportado.

En resumen, es menester realizar capacitaciones de optimización de los recursos disponibles en los diseños de circuitos y también, a mediano plazo, conseguir la implementación de material, de al menos un diámetro de 4 o 5 pulgadas (110 -125mm), para el transporte de agua. De esta forma se contribuirá a lograr una mayor eficacia y eficiencia en la extinción de incendios que desarrolla el servicio de Bomberos Voluntarios, lo que se traduce directamente en la seguridad personal y material de cada habitante de nuestra Patria.



## BIBLIOGRAFIA

- Euro fire fighter 2009, Grimwood, Paul
- Fundamentals Of Fire Fighter Skills, National Fire Protection Association and International Association of Fire Chiefs, 2009
- Manual de Protección contra incendios, Quinta edición en español, NFPA
- Curso Hidráulica Básica para Bomberos Junta de Castilla y León, Fernández Lorenzo, José
- Instructivo Técnico material de agua, Cuerpo de Bomberos de Concepción
- Taller de sistema de comando de incidente en incendios 2014, Academia Nacional de Bomberos de Chile
- Apunte de clases Universidad del Bío Bío “Maquinas Hidráulicas” 2013, Pita Vives, Vicente

## FUENTES DE INTERNET

- [WWW.ELKHARTBRASS.COM](http://WWW.ELKHARTBRASS.COM)
- [WWW.AKRONBRASS.COM](http://WWW.AKRONBRASS.COM)
- [WWW.TFT.COM](http://WWW.TFT.COM)
- [WWW.TIPSA.COM](http://WWW.TIPSA.COM)

## ANEXOS

A continuación se incluye material de importancia, relacionado con la confección del presente trabajo, tablas, ecuaciones, codificaciones del programa EES, fotos relacionadas, Etc.



Figura N°1, Camión de Bomberos con 6000 pie (1828 m) de manguera de 5 pulgadas (125 mm)

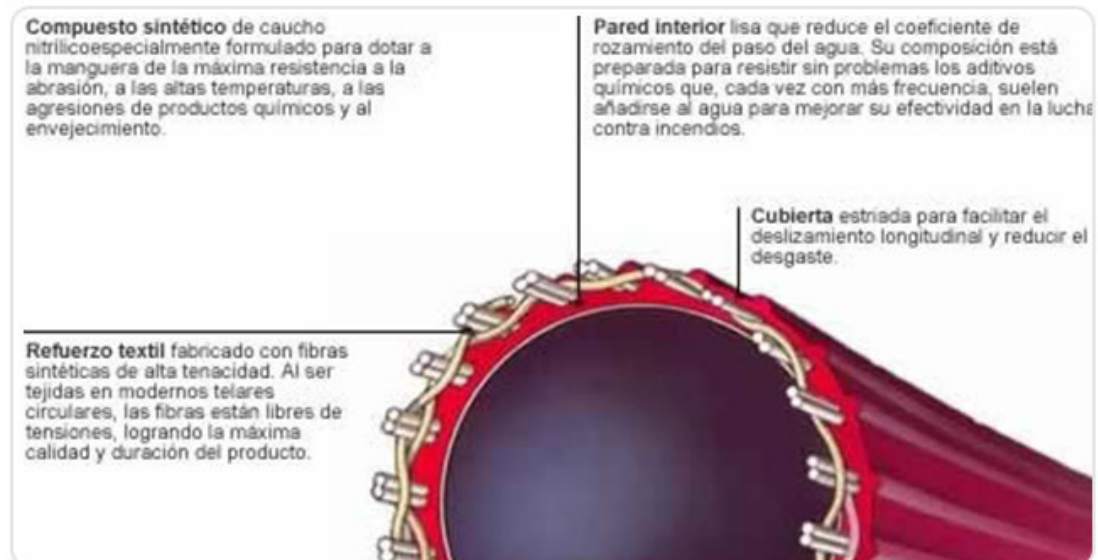


Figura N°2, Composición de una manguera

## ECUACIONES PARA OBTENER CCC (1, 2, 3 conductos)

### DATOS GENERALES

$$\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$$

$$C = 108$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$Q_{LPM} = 2400$$

*lpm*

$$Q = \frac{Q_{LPM}}{1000 \cdot 60} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,07 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \text{ m}^2$$

$$L = 1300 \text{ m}$$

$$Q = V \cdot A \text{ m}^3/\text{s}$$

*Cálculo con una sola manguera de 1300 m*

$$\text{Perd}_{HW;1} = \frac{10,674 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{enbar;1} = \frac{\text{Perd}_{HW;1}}{10,2} \text{ bar}$$



$$\text{Perd}_{\text{sing};1} = \text{Perd}_{\text{valv};1} + \text{Perd}_{\text{copla};1} + \text{Perd}_{\text{Entr;brusca};1} + \text{Perd}_{\text{Sali;brusca};1} + \text{Perd}_{\text{codo};90;1} + \text{Perd}_{\text{codo};45;1} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{valv};1} = \text{Cant}_{\text{valv}} \cdot k_{\text{valv}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{copla};1} = \text{Cant}_{\text{copla}} \cdot [\text{Perd}_{\text{contr};1} + \text{Perd}_{\text{exp};1}] \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{contr};1} = k_{\text{contr}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{exp};1} = \frac{[\text{Vel}_1 - V]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{Entr;brusca};1} = 1 \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{Sali;brusca};1} = 1 \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{codo};90;1} = \text{Cant}_{\text{codo};90} \cdot k_{\text{cod};90} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{codo};45;1} = \text{Cant}_{\text{codo};45} \cdot k_{\text{codo};45} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{total};1} = \text{Perd}_{\text{HW};1} + \text{Perd}_{\text{sing};1} \quad m$$

$$\overline{\text{Perd}}_{\text{total};1} = \frac{\text{Perd}_{\text{total};1}}{10,2} \quad \text{bar}$$

*Cálculo con DOS mangueras de 1300 m cada una*

$$\text{Perd}_{\text{HW};2} = \frac{10,674 \cdot \left[ \frac{Q}{2} \right]^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{enbar};2} = \frac{\text{Perd}_{\text{HW};2}}{10,2} \quad \text{bar}$$

$$\text{Perd}_{\text{sing};2} = \text{Perd}_{\text{valv};2} + \text{Perd}_{\text{copla};2} + \text{Perd}_{\text{Entr};\text{brusca};2} + \text{Perd}_{\text{Sali};\text{brusca};2} + \text{Perd}_{\text{codo};90;2} + \text{Perd}_{\text{codo};45;2} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{valv};2} = \text{Cant}_{\text{valv}} \cdot k_{\text{valv}} \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 2} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{copla};2} = \text{Cant}_{\text{copla}} \cdot \text{Perd}_{\text{contr};2} + \text{Perd}_{\text{exp};2} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{contr};2} = k_{\text{contr}} \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 2} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$



$$\text{Perd}_{\text{exp},2} = \frac{\left[ \text{Vel}_1 - \frac{Q}{A \cdot 2} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{Entr,brusca},2} = 1 \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 2} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{Sali,brusca},2} = 1 \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 2} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{codo},90,2} = \text{Cant}_{\text{codo},90} \cdot k_{\text{codo},90} \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 2} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{codo},45,2} = \text{Cant}_{\text{codo},45} \cdot k_{\text{codo},45} \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 2} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{total},2} = \text{Perd}_{\text{HW},2} + \text{Perd}_{\text{sing},2} \quad m$$

$$\overline{\text{Perd}}_{\text{total},2} = \frac{\text{Perd}_{\text{total},2}}{10,2} \text{ bar}$$

*Cálculo con TRES mangueras de 1300 m cada una*

$$\text{Perd}_{\text{HW},3} = \frac{10,674 \cdot \left[ \frac{Q}{3} \right]^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{enbar},3} = \frac{\text{Perd}_{\text{HW},3}}{10,2} \text{ bar}$$

$$\text{Perd}_{\text{sing},3} = \text{Perd}_{\text{valv},3} + \text{Perd}_{\text{copla},3} + \text{Perd}_{\text{Entr,brusca},3} + \text{Perd}_{\text{Sali,brusca},3} + \text{Perd}_{\text{codo},90,3} + \text{Perd}_{\text{codo},45,3} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{valv},3} = \text{Cant}_{\text{valv}} \cdot k_{\text{valv}} \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 3} \right]^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{copla},3} = \text{Cant}_{\text{copla}} \cdot \text{Perd}_{\text{contr},3} + \text{Perd}_{\text{exp},3} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{contr},3} = k_{\text{contr}} \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 3} \right]^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{exp},3} = \frac{\left[ \text{Vel}_1 - \frac{Q}{A \cdot 3} \right]^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{Entr,brusca},3} = 1 \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 3} \right]^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{Sali; brusca; 3}} = 1 \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 3} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{codo; 90; 3}} = \text{Cant}_{\text{codo; 90}} \cdot k_{\text{codo; 90}} \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 3} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{codo; 45; 3}} = \text{Cant}_{\text{codo; 45}} \cdot k_{\text{codo; 45}} \cdot \frac{\left[ \frac{Q}{A \cdot 3} \right]^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$\text{Perd}_{\text{total; 3}} = \text{Perd}_{\text{HW; 3}} + \text{Perd}_{\text{sing; 3}} \quad m$$

$$\overline{\text{Perd}}_{\text{total; 3}} = \frac{\text{Perd}_{\text{total; 3}}}{10,2} \quad \text{bar}$$

### Accesorios

$$\text{Cant}_{\text{valv}} = 1$$



$$\text{Cant}_{\text{copla}} = 86$$

$$\text{Cant}_{\text{cod},90} = 4$$

$$\text{Cant}_{\text{cod},45} = 87$$

$$k_{\text{valv}} = 5$$

$$k_{\text{cod},90} = 0,63$$

$$k_{\text{cod},45} = 0,4$$

$$k_{\text{contr}} = 0,08$$

$$\text{diametro}_{\text{reduccion;copla}} = 0,06 \text{ m}$$

$$\text{Vel}_1 = Q \cdot \frac{4}{\pi \cdot \text{diametro}_{\text{reduccion;copla}}^2} \text{ m/s}$$

### BALANCE GENERAL Y CCC

$$P_A = 0 \text{ Pa}$$

$$P_B = 0 \text{ Pa}$$

$$z_A = 0 \text{ m}$$

$$z_B = 9 \text{ m}$$

$$v_A = 0 \text{ m/s}$$

$$v_B = 0 \text{ m/s}$$

$$B_A = \frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$B_B = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2 \cdot g} \quad m$$

$$H_{occ;1} = B_B + \text{Perd}_{total;1} - B_A \quad m$$

$$H_{occ_1} = \frac{H_{occ;1}}{10,2} \quad bar$$

$$H_{occ;2} = B_B + \text{Perd}_{total;2} - B_A \quad m$$

$$H_{occ_2} = \frac{H_{occ;2}}{10,2} \quad bar$$

$$H_{occ;3} = B_B + \text{Perd}_{total;3} - B_A \quad m$$

$$H_{occ_3} = \frac{H_{occ;3}}{10,2} \quad bar$$

$$H_{db;90;3000;RPM} = 8,42143 + 0,00158143 \cdot Q_{LPM} - 0,00000124286 \cdot Q_{LPM}^2 \quad bar - lpm$$

$$H_{db;90;3500;RPM} = 11,7464 + 0,000857857 \cdot Q_{LPM} - 7,5 \times 10^{-7} \cdot Q_{LPM}^2 \quad bar - lpm$$

$$H_{db;90;4000;RPM} = 15,4621 + 0,00033757 \cdot Q_{LPM} - 4,6142 \times 10^{-7} \cdot Q_{LPM}^2 \quad bar - lpm$$

$$H_{db;90;4500;RPM} = 19,581 + 0,0000857143 \cdot Q_{LPM} - 3,2381 \times 10^{-7} \cdot Q_{LPM}^2 \quad bar - lpm$$

$$H_{db;180;3000;RPM} = 8,8028 + 0,000274452 \cdot Q_{LPM} - 2,79254 \times 10^{-7} \cdot Q_{LPM}^2 \quad bar - lpm$$

$$H_{db;180;3500;RPM} = 11,9755 + 0,000601119 \cdot Q_{LPM} - 3,58042 \times 10^{-7} \cdot Q_{LPM}^2 \quad bar - lpm$$

$$H_{db;180;4000;RPM} = 15,8973 + 0,0003219 \cdot Q_{LPM} - 3,349 \times 10^{-7} \cdot Q_{LPM}^2 \quad bar - lpm$$

## ECUACIONES PARA SOLUCION DEMANDA 400 lpm

### DATOS GENERALES

$$L_{cañería} = 1300 \text{ m}$$

$$Q_{lpm} = 400$$

$$lpm$$

$$D = 0,07 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$$

$$C = 108$$

$$Q = \frac{Q_{lpm}}{60000} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Vel = \frac{Q}{A} \text{ m/s}$$

$$A = \pi \cdot D^2 \cdot 0,25 \text{ m}^2$$

$$H_{p,reg} = 10,674 \cdot L_{cañería} \cdot \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}} \text{ m}$$

$$H_{p,reg} = \frac{H_{p,reg}}{10,33} \text{ bar}$$

$$i_{p,sing} = Cant_{valv} \cdot Perd_{valv} + Cant_{cople} \cdot Perd_{cople} + Perd_{Entr,brusca} + Perd_{Sal,brusca} + Cant_{codo,90} \cdot Perd_{codo,90} + Cant_{codo,45} \cdot Perd_{codo,45}$$

$$k_{\text{cod},45} = 0,4$$

$$k_{\text{contr}} = 0,08$$

$$\text{diametro}_{\text{reduccion,copla}} = 0,06 \text{ m}$$

$$\text{Vel}_1 = Q \cdot \frac{4}{\pi \cdot \text{diametro}_{\text{reduccion,copla}}^2} \text{ m/s}$$

$$\text{Perd}_{\text{valv}} = k_{\text{valv}} \cdot \frac{\text{Vel}^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{copla}} = \text{Perd}_{\text{contr}} + \text{Perd}_{\text{exp}} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{contr}} = k_{\text{contr}} \cdot \frac{\text{Vel}^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{exp}} = \frac{[\text{Vel}_1 - \text{Vel}]^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{Entr,brusca}} = 1 \cdot \frac{\text{Vel}^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{Sal,brusca}} = 1 \cdot \frac{\text{Vel}^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{cod},90} = k_{\text{cod},90} \cdot \frac{\text{Vel}^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$\text{Perd}_{\text{cod},45} = k_{\text{cod},45} \cdot \frac{\text{Vel}^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$H_p = H_{p,\text{reg}} + H_{p,\text{sing}} \text{ m}$$

$$H_p = \frac{H_p}{10,33} \text{ bar}$$

### BALANCE GENERAL Y CCC

$$P_A = 0 \text{ Pa}$$

$$P_B = 0 \text{ Pa}$$

$$z_A = 0 \text{ m}$$

$$z_B = 9 \text{ m}$$

$$v_A = 0 \text{ m/s}$$

$$v_B = 0 \text{ m/s}$$

$$B_A = \frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$B_B = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2 \cdot g} \text{ m}$$

$$H_{\text{occ}} = B_B + H_p - B_A \text{ m}$$

$$H_{\text{occ}} = \frac{H_{\text{occ}}}{10,33} \text{ bar}$$

$$H_{\text{occ, circuito simple}} = -0,830044 + 0,0145919 \cdot Q_{\text{lpm}} + 0,0000432118 \cdot Q_{\text{lpm}}^2 \text{ lpm y bar CURVA DEL CIRCUITO}$$

$$H_{\text{curvabomba,180}} = 15,8973 + 0,0003219 \cdot Q_{\text{lpm}} - 3,349 \times 10^{-7} \cdot Q_{\text{lpm}}^2 \text{ lpm y bar CURVA DE LA BOMBA DE 180}$$

$$H_{\text{curvabomba,90}} = 15,4621 + 0,00033757 \cdot Q_{\text{lpm}} - 4,6142 \times 10^{-7} \cdot Q_{\text{lpm}}^2 \text{ lpm y bar CURVA DE LA BOMBA DE 90}$$

PARA GRAFICAR CURVA DE BOMBAS EN SERIE

$$n_{\text{bomba180,serie}} = 0$$

$$n_{\text{bomba90,serie}} = 0,7$$

$$H_{\text{curvabomba,serie}} = H_{\text{curvabomba,180}} \cdot n_{\text{bomba180,serie}} + H_{\text{curvabomba,90}} \cdot n_{\text{bomba90,serie}} \text{ bar}$$

## ECUACIONES PARA SOLUCION DEMANDA 2400 lpm BBA 90 DIAMETRO 70

### PARA GRAFICAR CURVA DE BOMBAS EN SERIE

$$H_{\text{curvabomba};180} = 15,8973 + 0,0003219 \cdot Q_{\text{LPM}} - 3,349 \times 10^{-7} \cdot Q_{\text{LPM}}^2 \quad \text{bar lpm y bar CURVA DE LA BOMBA DE 180}$$

$$H_{\text{curvabomba};90} = 15,4621 + 0,00033757 \cdot Q_{\text{LPM}} - 4,6142 \times 10^{-7} \cdot Q_{\text{LPM}}^2 \quad \text{bar lpm y bar CURVA DE LA BOMBA DE 90}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};1} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot n_{\text{bomba}180;\text{serie}} + H_{\text{curvabomba};90} \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};2} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot n_{\text{bomba}180;\text{serie}} + H_{\text{curvabomba};90} \cdot 2 \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};3} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot n_{\text{bomba}180;\text{serie}} + H_{\text{curvabomba};90} \cdot 2,68 \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};4} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot n_{\text{bomba}180;\text{serie}} + H_{\text{curvabomba};90} \cdot 4 \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};5} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot n_{\text{bomba}180;\text{serie}} + H_{\text{curvabomba};90} \cdot 5 \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};6} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot n_{\text{bomba}180;\text{serie}} + H_{\text{curvabomba};90} \cdot 6 \quad \text{bar}$$

$$n_{\text{bomba}180;\text{serie}} = 0$$

## ECUACIONES PARA SOLUCION DEMANDA 2400 lpm BBA 180 DIAMETRO 110 mm

### PARA GRAFICAR CURVA DE BOMBAS EN SERIE

$$H_{\text{curvabomba};180} = 15,8973 + 0,0003219 \cdot Q_{\text{LPM}} - 3,349 \times 10^{-7} \cdot Q_{\text{LPM}}^2 \quad \text{bar lpm y bar CURVA DE LA BOMBA DE 180}$$

$$H_{\text{curvabomba};90} = 15,4621 + 0,00033757 \cdot Q_{\text{LPM}} - 4,6142 \times 10^{-7} \cdot Q_{\text{LPM}}^2 \quad \text{bar lpm y bar CURVA DE LA BOMBA DE 90}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};1} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot 1 + H_{\text{curvabomba};90} \cdot n_{\text{bba};90} \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};2} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot 2,55 + H_{\text{curvabomba};90} \cdot n_{\text{bba};90} \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};3} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot 3 + H_{\text{curvabomba};90} \cdot n_{\text{bba};90} \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};4} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot 4 + H_{\text{curvabomba};90} \cdot n_{\text{bba};90} \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};5} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot 5,5 + H_{\text{curvabomba};90} \cdot n_{\text{bba};90} \quad \text{bar}$$

$$H_{\text{curvabomba};\text{serie};6} = H_{\text{curvabomba};180} \cdot 6 + H_{\text{curvabomba};90} \cdot n_{\text{bba};90} \quad \text{bar}$$

$$n_{\text{bba};90} = 0$$

## Volumen de agua dentro de las Tiras.

<b>Tiras</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Metros</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>105</b>	<b>120</b>	<b>135</b>	<b>150</b>
<b>38mm</b>	17	34	51	68	85	102	119	136	153	170
<b>52mm</b>	32	64	96	127	159	191	223	255	287	319
<b>70mm</b>	58	115	173	231	289	346	404	462	520	577
<b>Red Seca</b>	118	236	353	471	589	707	825	942	1.060	1.178

<b>Tiras</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>Metros</b>	<b>165</b>	<b>180</b>	<b>195</b>	<b>210</b>	<b>225</b>	<b>300</b>	<b>375</b>	<b>450</b>
<b>38mm</b>	187	204	221	238	255	340	425	510
<b>52mm</b>	350	382	414	446	478	637	796	956
<b>70mm</b>	635	693	750	808	866	1.155	1.443	1.732
<b>Red Seca</b>	1.296	1.414	1.532	1.649	1.767	2.356	2.945	3.534

Tabla de volumen de agua dentro de las mangueras (tiras)

Tabla de pérdidas de carga en mangueras de diferente diámetro, Elkhart

