

# Instituto de Protección Civil del Estado de México

## Electricidad e Hidráulica Para Bomberos

### Manual 1



Gobierno del Estado de México



AVANZA

# ***Electricidad e Hidráulica Para Bomberos***

Lic. Arturo Manuel Rojas,  
Procurador Constitucional del Estado de México.

Ing. Manuel Cadena Mancera,  
Secretaría General de Gobierno.

Ing. Miguel Ángel Cruz Guerrero,  
Director General del Instituto de Protección Civil.

**Instituto de Protección Civil  
del Estado de México**

**Manual 1**



CONTENIDO	
PRESENTACIÓN	1
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I ELECTRICIDAD	
1.1 DEFINICIONES	10
1.2 LA ELECTRICIDAD	10
La corriente eléctrica (I)	11
La tensión eléctrica (V)	12
Resistencia eléctrica (R)	12
Relación entre tensión (V), intensidad (I) y resistencia (R)	13
1.3 CONDUCTORES Y AISLANTES	13
Conductores	14
Aislantes	15
1.4 COMPONENTES DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO	15
1.5 CONEXIÓN	16
1.6 POTENCIA ELÉCTRICA	18
1.7 TRANSFORMADORES	19

**Directorio**

**Lic. Arturo Montiel Rojas,**  
Gobernador Constitucional del Estado de México.

**Ing. Manuel Cadena Morales,**  
Secretario General de Gobierno.

**Arq. Miguel Ángel Cruz Guerrero,**  
Director General del Instituto de Protección Civil.



<b>CONTENIDO</b>		
PRESENTACIÓN .....		7
INTRODUCCIÓN .....		9
<b>CAPÍTULO I ELECTRICIDAD</b>		
1.1 DEFINICIONES .....		11
1.2 LA ELECTRICIDAD .....		11
La corriente eléctrica (I) .....		11
La tensión eléctrica (V) .....		12
Resistencia eléctrica (R) .....		12
Relación entre tensión (V), intensidad (I) y resistencia (R) .....		13
1.3 CONDUCTORES Y AISLANTES .....		13
Conductores .....		14
Aislantes .....		15
1.4 CIRCUITO ELÉCTRICO .....		15
Componentes de un circuito eléctrico .....		15
1.5 CONEXIÓN A TIERRA .....		16
1.6 POTENCIA ELÉCTRICA .....		16
1.7 TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA ELECTRICIDAD .....		16
Red de transmisión .....		17
Red de distribución .....		17
Componentes de una línea en la calle .....		17
1.8 CAUSAS DE INCENDIO DE ORIGEN ELÉCTRICO .....		18
Sobrecarga eléctrica .....		18
Cortocircuito .....		19
1.9 PELIGROS DE LOS CABLES DE ALTA TENSION .....		19
<b>CAPÍTULO II HIDRÁULICA</b>		
2.1 PRESIÓN .....		21



Presión y líquidos inmóviles ..... 22

Presión atmosférica ..... 23

Presión debido a la presión de un líquido o  
presión gravitacional ..... 23

Presión mecánica o por bombeo ..... 24

Indicador de presión ..... 24

2.2 EL PRINCIPIO DE LOS VASOS COMUNICANTES ..... 24

2.3 HIDRODINÁMICA ..... 24

Caudal ..... 25

Fricción ..... 25

Pérdidas de carga en las mangueras ..... 26

BIBLIOGRAFÍA ..... 27

CRÉDITOS ..... 28





## **PRESENTACIÓN.**

El Plan de Desarrollo 1999-2005, establece el compromiso de operar un sistema estatal de protección civil con estructuras capaces de atender eficientemente las funciones sustantivas de prevención, auxilio y restablecimiento

El 7 de marzo del año 2001, el Lic. Arturo Montiel Rojas, Gobernador Constitucional del Estado de México dictó el Acuerdo que estableció el Instituto de Protección Civil del Estado de México, como órgano desconcentrado de la Secretaría General de Gobierno que tiene por objeto:

- I Fomentar la capacitación y el adiestramiento teórico y práctico, a individuos con aptitud y espíritu en materia de protección civil, comprometidos con la sociedad, para intervenir en acciones de prevención y salvaguarda de las personas y sus bienes en caso de riesgo, siniestro o desastre;
- II Promover investigaciones científicas y técnicas y su aplicación en materia de protección civil;
- III Contribuir al fortalecimiento del sistema estatal de protección civil.

Dotado de disposiciones jurídicas que fortalecen la formación profesional en esta materia y el trabajo de investigación y análisis para asesorar teórica y técnicamente a los organismos estatales y municipales, a los de los sectores social y privado, así como a las unidades internas en la programación, ejecución de acciones de protección civil y en respuesta a la sociedad; complementa las estructuras del sistema estatal, constituyendo el primer y único organismo en el país dedicado a esta cada vez mas necesaria actividad.

Entre los compromisos contraídos en el Plan de Desarrollo está el de dignificar la tarea de bomberos y rescatistas, mediante la capacitación y entrenamiento. En su cumplimiento el Instituto de Protección Civil imparte entre otros cursos, los de preparación de rescatistas y bomberos, para los que se requieren conocimientos básicos de la ciencia y de elementos como herramientas y equipos de trabajo, por lo que ha considerado la necesidad de editar una serie especial de manuales en diversos temas que apoyen el aprendizaje de los aspirantes iniciando el instituto con la edición de este documento, la publicación de la serie de manuales para apoyar los estudios de los aspirantes a la capacitación que en materia de manejo de emergencias, rescatistas y protección civil imparte en sus instalaciones de Tecámac

Este primer Manual comprende nociones de Física y da soporte a una parte del programa de preparación en seguridad en el combate de incendios. Su contenido incluye los conocimientos básicos de Electricidad e Hidráulica, necesarios para todo aspirante a bombero en el estudio y en la práctica.

Facilitará la comprensión de fenómenos que se presentan en la lucha contra incendios y será la base para que el estudiante asimile los conocimientos técnicos que se enseñan en los cursos especializados, utilice los equipos eficazmente y trabaje con alta eficiencia, fortaleciendo la respuesta de los cuerpos de bomberos en todas las regiones del territorio así como la dignificación de esta actividad en el Estado de México.



## **INTRODUCCIÓN**

Estamos en contacto con la energía eléctrica todos los días, la electricidad forma parte de nuestra vida diaria.

Es importante que los bomberos tengan nociones de electricidad, porque en el desempeño de su trabajo, seguramente tendrán que manejarla, por lo tanto es importante conocer el riesgo que representa.

La electricidad puede ser una fuente de incendio y puede contribuir a la propagación de las llamas. Es por esa razón que se deben entender los fenómenos eléctricos para actuar adecuadamente, tanto a nivel de prevención como de actuación.

Las nociones de electricidad en el Capítulo primero, explican la terminología empleada y describen de una manera simple los componentes generales de los circuitos eléctricos y su funcionamiento.

El conocimiento de las nociones básicas de electricidad es de suma importancia cuando se trabaja con equipos eléctricos, ayuda a comprender mejor el comportamiento de un sistema y permite ubicar los problemas y peligros que puedan surgir.

En el Capítulo segundo se explican las nociones básicas de la Hidráulica. Para el bombero, el agua es la herramienta básica para llevar a cabo su trabajo de combate de incendios. La comprensión de las propiedades del agua le ayudará a utilizarla eficazmente.

La hidráulica es el estudio de los principios que rigen el comportamiento de los fluidos.

En este capítulo se verá únicamente el comportamiento del agua, pero estos principios pueden aplicarse a todos los fluidos.

Es importante para el aspirante a combatir incendios, asimilar bien estas nociones.

En efecto, le servirán para comprender el funcionamiento de los vehículos de incendios, así como los métodos de suministro y aplicación de agua.

Este manual comprende en su capítulo primero las definiciones de la electricidad, los conductores aislantes; el circuito eléctrico, el transporte y distribución de la electricidad; las causas de incendio de origen eléctrico y los peligros de la alta tensión eléctrica.

El capítulo segundo comprende la presión; el principio de los vasos comunicantes y la hidrodinámica.

Incluye la bibliografía consultada y los créditos a quienes han participado en la elaboración de este manual.



# CAPÍTULO I ELECTRICIDAD

## 1.1 DEFINICIONES

### ELECTRICIDAD

Forma de la energía debida a la separación o movimiento de los electrones que forman los átomos, cuya manifestación más característica es la propiedad que por fricción, compresión, etc., adquieren ciertas sustancias de atraer cuerpos ligeros y producir chispas. Hay tres términos comúnmente usados en electricidad:

- Tensión.
- Corriente.
- Resistencia.

Para entender bien estas nociones, hay que comparar un circuito eléctrico con uno hidráulico.

### TENSIÓN

Fuente en un circuito eléctrico, expresada en voltios (V), se compara con la presión de agua en un circuito hidráulico, expresada en kilopascales (kPa) o en pies de agua (ft H<sub>2</sub>O).

### CORRIENTE ELÉCTRICA

Expresada en amperios (A), se compara a un caudal de líquido (litros por minuto) de un circuito hidráulico.

### RESISTENCIA

En un circuito eléctrico, se compara con un filtro de un circuito hidráulico o con un obstáculo que limita el paso del fluido.

La electricidad se propaga a través de un conductor. Por el contrario, un aislante es un

cuerpo que no deja pasar la corriente eléctrica.

## 1.2 LA ELECTRICIDAD

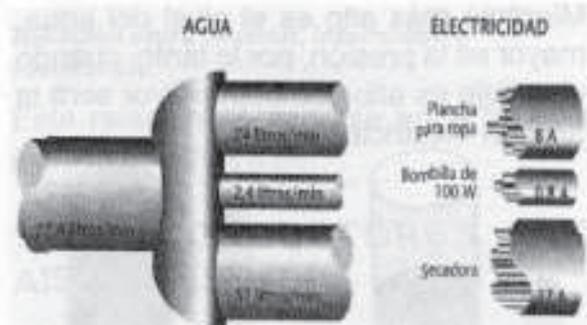
### LA CORRIENTE ELÉCTRICA ( I )

Cantidad de corriente que pasa por un conductor, como un alambre eléctrico, durante una unidad de tiempo, por ejemplo, un segundo.

La corriente eléctrica, llamada también (intensidad de corriente) o (intensidad eléctrica), se expresa con el símbolo ( I ). La intensidad de la corriente se mide con un amperímetro y su valor se expresa en amperios (A).

Para captar mejor el concepto de intensidad eléctrica, se puede comparar con el agua que pasa por un tubo. La cantidad de agua que pasa por un tubo, en una unidad de tiempo (el caudal de agua) equivale a la densidad eléctrica, es decir, la cantidad de corriente que pasa por un alambre eléctrico, o por otro conductor durante la misma unidad de tiempo.

La siguiente figura muestra la relación entre el caudal de agua y la corriente eléctrica.



Comparación entre la corriente eléctrica y el caudal hidráulico.



### LA TENSION ELÉCTRICA ( V )

Representa la energía que transporta la corriente eléctrica. Es como una fuerza que empuja la corriente eléctrica, mientras mayor es la tensión, más alta será la corriente eléctrica en el circuito.

La tensión eléctrica, se expresa con el símbolo ( V ). También puede llamarse (voltaje) o (diferencia de potencial).

La tensión eléctrica se expresa en voltios ( V ) y se mide con la ayuda de un voltímetro.

Tal como se mencionó anteriormente, se puede comparar la tensión de un sistema eléctrico con la presión de agua de un circuito hidráulico.

Como se trata en el capítulo sobre hidráulica (capítulo 2), la presión del agua varía directamente con su altura.

*Ejemplo:*

*Se le hace un hoyo a un barril. El agua que saldrá por él será mayor si el barril está lleno, que si estuviera medio lleno.*

La tensión eléctrica puede ser comparada a la presión del agua y cantidad de voltios al nivel del agua. Mientras más alto es el nivel del agua, mayor es la presión, por lo tanto, cuando el voltaje es alto, también mayor será la tensión eléctrica.



Analogía entre tensión eléctrica y presión hidráulica.

De acuerdo al equipo eléctrico será la tensión necesaria para hacerlo funcionar. Algunos aparatos necesitan más energía eléctrica que otros para funcionar.

*Ejemplo:*

*Una linterna necesita una tensión de 3 a 6 voltios, mientras que un aparato eléctrico grande como una cocina eléctrica requiere una tensión de 240 voltios.*

El cuadro siguiente es un ejemplo de aparatos que necesitan diferentes tensiones eléctricas.

APARATOS	TENSIONES ELÉCTRICAS
Cable y torre eléctrica	120 000 V a 735 000 V
Cocina eléctrica	240 V
Mercadera	120 V
Walkman o linterna	1,5 V a 12 V

### RESISTENCIA ELÉCTRICA ( R )

Se opone al paso de la corriente eléctrica.

La resistencia eléctrica se expresa con el símbolo ( R ). Los conductores, como los alambres eléctricos, ofrecen cierta resistencia a la corriente, pero no se compara a la resistencia que ofrecen los aparatos eléctricos, como por ejemplo, radios, televisores, hornos eléctricos, etc. También se le llama resistencia a los elementos que ponemos voluntariamente en un circuito eléctrico para disminuir la tensión. La resistencia eléctrica se calcula en ohmios y se mide con un ohmiómetro.

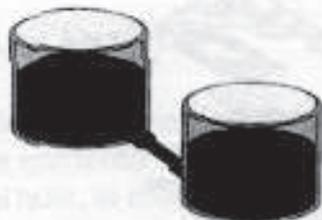
El conductor ofrece cierta resistencia cuando la corriente eléctrica fluye a través de él, de la misma manera que una manguera resiste el paso del agua. En el caso del agua, esta resistencia disminuye su presión en la salida de la manguera. En el caso de la electricidad, es la corriente eléctrica la que disminuye.

Para el agua, mientras más larga y estrecha es la manguera, mayor es su resistencia, ( es lo que se llama pérdida de carga). Por el contrario, si la manguera es corta y gruesa, el agua pasará

## Electricidad e hidráulica

fácilmente ya que encontrará poca resistencia. Lo mismo se produce en electricidad. Un alambre conductor de gran diámetro conducirá mejor la electricidad que uno delgado. Igualmente, un alambre corto conducirá mejor la electricidad que uno largo. También se debe considerar la calidad del conductor. Si una manguera es rugosa o está sucia en el interior, el agua que pasa por ella se frena.

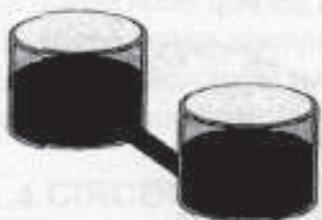
Igualmente, si se usa un mal conductor, la electricidad no pasa con la misma facilidad.



Cualquier reductor en un conducto frena el caudal de agua.



Cualquier disminución de la sección de un conductor reduce la intensidad luminosa de la lámpara.



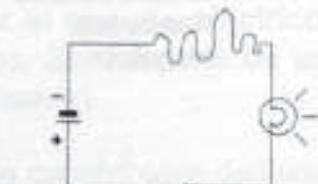
Cualquier rugosidad interna de un conducto frena el caudal de agua.



Cualquier mal conductor reduce la intensidad luminosa de la lámpara.



Cuanto más largo es el conducto, más se disminuye el caudal de agua.



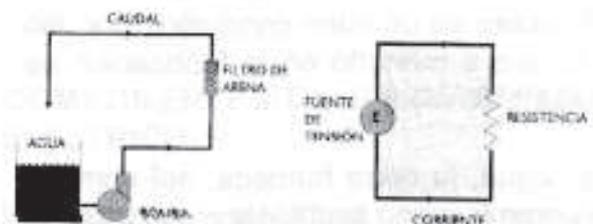
Cuanto más largo es el conductor, más se disminuye la intensidad luminosa de la lámpara.

La figura presenta otro ejemplo de analogía entre resistencia eléctrica e hidráulica.

Un filtro puesto en el circuito hidráulico provoca una caída de presión, limitando el paso del fluido.

De la misma forma, la resistencia en el circuito eléctrico limita la corriente. Mientras mayor es la

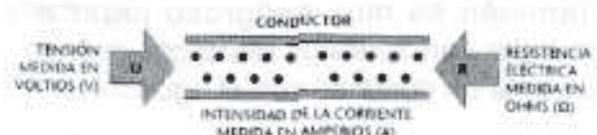
resistencia, menor es la corriente, permaneciendo la resistencia uniforme en todo el circuito. Así como un filtro produce una caída de presión, la resistencia eléctrica provoca una caída de tensión. La tensión, expresada en voltios, será mayor antes de la resistencia que después de la misma.



Analogía entre resistencia eléctrica y un filtro colocado en un circuito hidráulico.

### RELACIÓN ENTRE TENSION ( V ), INTENSIDAD ( I ) Y RESISTENCIA ( R )

Existe una relación entre tensión, intensidad y resistencia. En un circuito eléctrico, la tensión empuja la corriente a través de un conductor que, por su parte, opone cierta resistencia al paso de la corriente.



Relación entre tensión, intensidad y resistencia.

Esta relación se expresa en la fórmula siguiente:  $V = R \times I$

### 1.3 CONDUCTORES Y AISLANTES

Los bomberos deben protegerse contra los riesgos de electrocución. Por eso es muy importante que conozcan bien las nociones de conductores y aislantes.



### CONDUCTORES

Se llama conductor a todo cuerpo capaz de transmitir electricidad, sea sólido o líquido.

Por ejemplo, la mayor parte de los metales son conductores sólidos.

El cobre es un buen conductor, por eso se usa a menudo en la fabricación de alambres eléctricos.

El agua, la tierra húmeda, así como el cuerpo humano también son conductores de electricidad.

Es muy importante proteger el cuerpo humano durante la manipulación de la electricidad, pues es un conductor.

Hay que evitar tocar alguien que se está electrocutando porque si se le toca, podría uno electrocutarse también.

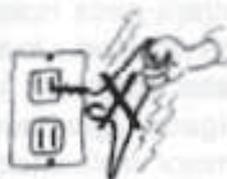
En tal caso, hay que cortar la fuente de corriente además de descargar la corriente que mueve el cuerpo y el sitio de ubicación (arco eléctrico).

También es muy peligroso jugar o trabajar con aparatos eléctricos cuando se está en contacto con el agua.



**El cuerpo humano es un conductor.**

Las figuras siguientes muestran algunas reglas importantes que hay que seguir cuando se trabaja con aparatos eléctricos, así como los peligros relacionados con la electricidad.



Nunca introducir un objeto metálico en un tomacorriente.



Siempre desenchufar cualquier aparato eléctrico antes de ajustarlo.



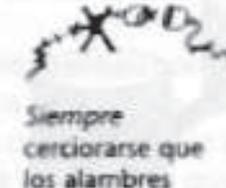
Nunca manipular cualquier aparato eléctrico con las manos húmedas o estando cerca de un recipiente con agua.



Siempre enchufar primero las extensiones del lado del aparato.



Nunca cortar el alambre eléctrico cuando está enchufado.



Siempre cerciorarse que los alambres eléctricos estén en buen estado y bien enchufados antes de usar cualquier aparato eléctrico.



Nunca usar cualquier aparato eléctrico sobre un piso húmedo o cerca de las instalaciones de plomería.



Nunca dejar alambres extendidos en sitios de mucha circulación.



Nunca improvisarse como electricista.

Siempre interrumpir la corriente en el panel de control principal antes de cambiar un accesorio eléctrico.

## AISLANTES

Se llama aislante a todo cuerpo que no deja pasar la corriente eléctrica. Ejemplos de aislantes son el hule, la madera seca, el vidrio. También el aire es un aislante pero existe la electroestática.

Se puede notar que los alambres de los aparatos eléctricos están siempre recubiertos con hule. Esto es para proteger a las personas que los usan contra choques eléctricos.

## 1.4 CIRCUITO ELÉCTRICO

Sistema de protección que sirve para limitar las sobrecargas y proteger el circuito eléctrico contra los cortos circuitos. Se compone de un fusible o un disyuntor (breaker).

La electricidad recorre un camino bien definido que se llama circuito eléctrico, formado de varios componentes que juegan un papel preciso.

Las sobrecargas y el cortocircuito provocan un calentamiento del conductor, pudiendo dañar el circuito y también provocar un incendio.

## FUSIBLES

Piezas o alambres de metal. Su aleación y dimensiones son seleccionadas de manera que se funde cuando la corriente sobrepasa un valor

predeterminado.

La fusión de la pieza provoca la abertura del circuito y la interrupción de la corriente.

## DISYUNTOR (BREAKER, EN INGLÉS)

Dispositivo que corta la corriente cuando hay un aumento anormal de la intensidad o de la tensión.

## COMPONENTES DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO

Un circuito eléctrico comprende generalmente los elementos siguientes:

- \* Una fuente de alimentación eléctrica.

Ejemplo:

Una pila, una planta eléctrica.

- \* Conductores eléctricos.

Ejemplo:

Extensión eléctrica

- \* Diversos equipos o componentes eléctricos.

Ejemplo:

Motor, linterna, radio.

- \* Un sistema de protección.

Ejemplo:

Fusible, disyuntor.

En un circuito eléctrico, la corriente eléctrica determina las dimensiones de los conductores que hay que usar (el diámetro de los alambres).



Circuito eléctrico.

NOTA:

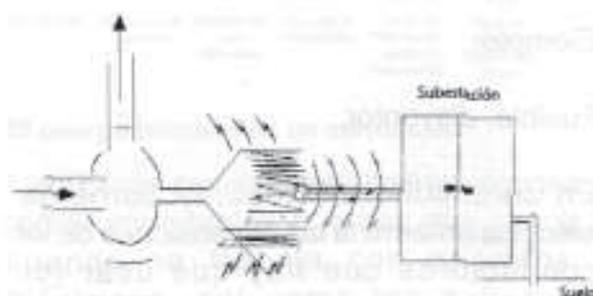
Estos dos conceptos se explican en detalle mas adelante.

### 1.5 CONEXIÓN A TIERRA

Otro punto importante sobre los circuitos eléctricos es la conexión a tierra (ground). El cable de la conexión a tierra se extiende a lo largo del poste y desciende hasta el suelo.

La conexión a tierra se hace para evitar que las personas y el equipo reciban choques eléctricos al entrar en contacto con los equipos energizados. Un choque eléctrico puede producirse si un cortocircuito se origina en una parte o una pieza del equipo, como el interruptor de seguridad.

Para evitar que las personas se electrocuten, en el interruptor de seguridad donde se encuentra la energía eléctrica se une con un alambre conductor a una pieza de metal conectada a tierra.



Conexión a tierra.

Ejemplo:

Las instalaciones eléctricas pueden conectarse a tierra uniéndolas con un alambre conductor a un tubo de metal de la distribución de agua del edificio o de la casa.

### 1.6 POTENCIA ELÉCTRICA

Cantidad de energía gastada por unidad de tiempo.

La potencia eléctrica ( P ) depende a la vez de la tensión ( V ) y de la corriente ( I ). Se mide en vatios ( W ) y se expresa con la fórmula siguiente:  $P = V \times I$

Ejemplo:

Si corro una distancia de doscientos metros tan rápido como una persona que corre una distancia de cien metros, soy dos veces más potente que la otra persona.

La potencia eléctrica se simboliza con la letra «P». Sabemos que al realizar un recorrido a pie se necesita energía. Si se tiene en cuenta el tiempo que se toma para realizarlo, se hablará de potencia.

Para ilustrar el fenómeno de la potencia en electricidad, se pueden poner como ejemplo dos bombillas eléctricas. Un foco de 100 W ilumina mucho más que un foco de 40 W en un mismo período de tiempo. Un televisor tiene una potencia de alrededor de 1 000 W = 1 kW = 1 Kilovatio

### 1.7 TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA ELECTRICIDAD

La distribución de energía eléctrica se hace a través de una red eléctrica. Sin importar su modo de producción, la electricidad se genera en centrales eléctricas a una tensión de 13 000 voltios. Antes de llegar al consumidor sufre varias transformaciones.



### RED DE TRANSMISIÓN

La transmisión de energía eléctrica desde la central donde se produce hasta otros centros de distribución se hace frecuentemente en cientos de kilómetros. Esta parte de la red eléctrica comprende varios puestos de transformación.

### LOS PUESTOS DE TRANSFORMADORES ELEVADORES

Como es más económico transportar la electricidad en alta tensión, la energía eléctrica que viene de las centrales, primero va hacia los puestos de transformación provistos de transformadores elevadores para aumentar la tensión eléctrica inicial a 69 000 voltios o más (hasta 735 000 voltios).

Desde los puestos de transformación sigue por los cables de alta tensión de las torres eléctricas.

Las industrias instaladas a lo largo del recorrido, las cuales tienen necesidades enormes de electricidad, como la industria metalúrgica, se conectan directamente a estas líneas de alta tensión.

### LOS PUESTOS DE TRANSFORMADORES REDUCTORES

Como la tensión de transporte varía de 69 000 voltios a 735 000 voltios, la electricidad va directamente a los puestos de transformación de 25 000 voltios para la red de distribución.

### RED DE DISTRIBUCIÓN

La distribución de electricidad se hace a partir de puestos de transformadores reductores situados cerca de los centros de consumo.

### DISTRIBUCIÓN PRIMARIA

La electricidad se transporta bajo una tensión de 25 000 voltios en los campos y los grandes

centros comerciales a través de tres alambres instalados en la cima de los postes eléctricos.

Las industrias o los edificios que consumen mucha electricidad están directamente conectados. Esta primera etapa lleva el nombre de distribución primaria.

### DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA

La electricidad destinada a las casas, comercios y pequeñas industrias se transporta a otros transformadores reductores instalados en la cima de postes eléctricos debajo de los cables de alta tensión.

Luego llega al consumidor a través de cuatro alambres (uno neutro y tres de 120 voltios, o uno neutro y dos de 120 voltios).

Esta etapa se llama distribución secundaria. Todos los aparatos que se usan en nuestras casas están alimentados de esta fuente secundaria.

### COMPONENTES DE UNA LÍNEA EN LA CALLE

En los postes eléctricos hay varias categorías de alambres; pero lo que es esencial de retener que mientras más altos se colocan los alambres en los postes, son de más alta tensión y por lo tanto, presentan un mayor peligro.

### ALAMBRE DE TENSIÓN MEDIA

Los circuitos de tensión media están constituidos de tres alambres soportados por travesaños en la parte más alta de los postes.

También es frecuente encontrar sólo un



alambre de tensión media en el extremo superior del poste o encima de un travesaño.

Los alambres de tensión media (25 000 voltios) transportan la electricidad en las redes secundarias. No están recubiertos con aislantes.

### VIENTOS

Los vientos son tirantes de fijación constituidos de un cable de metal, el cual se fija del poste a la tierra.

Sirve para retener el poste contra la tensión mecánica ejercida por los alambres eléctricos

### TRANSFORMADORES

Para pasar de la red primaria a la secundaria, o sea, de la *tensión media* a la baja, la electricidad de los alambres de tensión media se convierte en baja tensión a través de un transformador situado en el poste eléctrico. La electricidad pasa así de 25 000 voltios a 220 ó 120.

El transformador se sitúa entre los alambres de tensión media y baja.

### ALAMBRES DE BAJA TENSIÓN

La baja tensión, que constituye el circuito secundario, es de la cual nos servimos para alimentar de electricidad las casas y la mayoría de los comercios.

Se reduce de media a baja tensión a través de transformadores.

Los alambres de baja tensión comprenden los conductores de 120 voltios del circuito secundario, los cuales se identifican fácilmente por su conexión

en las casas y comercios.

Los alambres de baja tensión están recubiertos por aislantes.

### ROSETAS AISLADORAS



Sistema de distribución.

Las rosetas aisladoras se fabrican en porcelana u otro tipo de aislante. Sirven para fijar los alambres eléctricos en el poste y aislar el resto del poste.

## 1.8 CAUSAS DE INCENDIO DE ORIGEN ELÉCTRICO

La electricidad puede causar incendios.

Los incendios eléctricos se inician por una sobrecarga eléctrica o un cortocircuito.

### SOBRECARGA ELÉCTRICA

*La electricidad se produce por el flujo de pequeñas partículas, invisibles a la vista, que se llaman electrones. Cuando estos electrones están en circulación chocan entre sí y desprenden energía en forma de calor.*

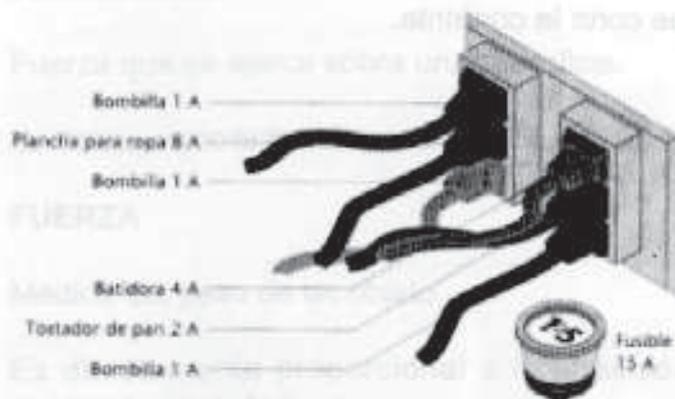
Los conductores se calientan cuando la corriente fluye a través de ellos, mientras más aumenta la corriente, más se calientan los conductores y de ahí el peligro de incendio.

Normalmente, un circuito eléctrico se concibe para

## Electricidad e hidráulica

funcionar, sin que haya calentamiento de alambres ni de equipos. Los alambres de buena dimensión, los equipos apropiados a la fuente de tensión y el sistema de protección limitan las sobrecargas de corriente.

La sobrecarga eléctrica ocurre cuando la intensidad de la corriente (el amperaje) es demasiado elevada para el conductor. Por ejemplo, si se conectan demasiados aparatos eléctricos en una misma toma, puede producirse una sobrecarga eléctrica.



Instalaciones que provocan una sobrecarga eléctrica.

### CORTO CIRCUITO

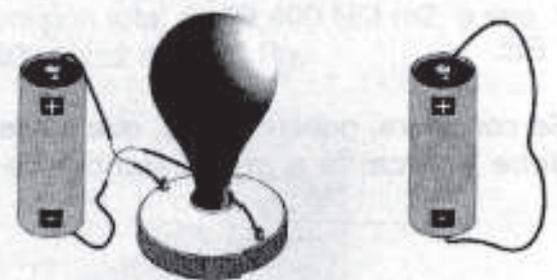


Un alambre conductor ofrece poca resistencia cuando por él pasa la electricidad. Esta resistencia mínima se considera casi nula.

Se produce un cortocircuito cuando en un alambre no hay resistencia (aparte de la del hilo conductor). La corriente que circula es muy importante; puede dañar la fuente de tensión y los alambres conductores, así como causar un incendio.



Circuito abierto. Lo contrario a un cortocircuito es un circuito abierto. la corriente circula y su valor es cero.



Instalación que provoca un corto circuito.

El corto circuito se produce, entre otros, en los siguientes casos:

- \* Cuando los alambres conductores de la fuente de corriente están en contacto directo.
- \* Cuando se tocan dos alambres pelados (sin protector).
- \* Cuando el circuito está mal conectado o los alambres enredados.

### 1.9 PELIGROS DE LOS CABLES DE ALTA TENSIÓN

Cuando se trabaja cerca de los cables de alta tensión el peligro no se presenta solamente si se los toca directamente, éste puede existir si el bombero se acerca demasiado, porque los cables de alta tensión tienen suficiente voltaje para crear un arco eléctrico.

Un arco eléctrico puede definirse como la



corriente eléctrica que se desplaza en el aire.

La distancia, en la que un arco eléctrico puede producirse, depende de la:

- \* Tensión presente.
- \* Existencia de polvo en el aire.
- \* Humedad del aire.
- \* Etc.

Se considera, generalmente, que no se debe acercarse a una distancia de

menos de 3 m (10 pies) de un cable de alta tensión.

La distancia debe conservarse también si los cables de alta tensión se encuentran en el suelo.

Se pueden reconocer los cables de alta tensión porque generalmente no están aislados y se encuentran siempre en la parte más alta de los postes.

La única manera de trabajar seguramente con los cables de alta tensión es pidiéndole a Luz y Fuerza del Centro o a la Comisión Federal de Electricidad que corte la corriente.

**Cables de alta y baja tensión.**





## CAPÍTULO II HIDRÁULICA

### 2.1 PRESIÓN

#### PRESIÓN

En el lenguaje común:

Fuerza que ejerce un objeto sobre otro.

Técnicamente:

Fuerza que se ejerce sobre una superficie.

Se define como la fuerza por unidad de superficie.

#### FUERZA

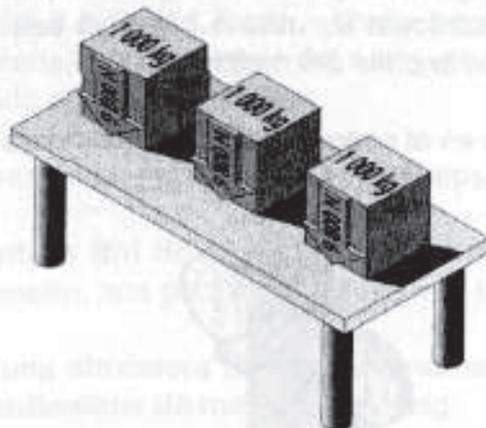
Medida del peso de un objeto.

Es directamente proporcional a la atracción gravitacional de la tierra.

No se debe confundir la presión con la fuerza.

El ejemplo siguiente ayudará a diferenciar los dos conceptos.

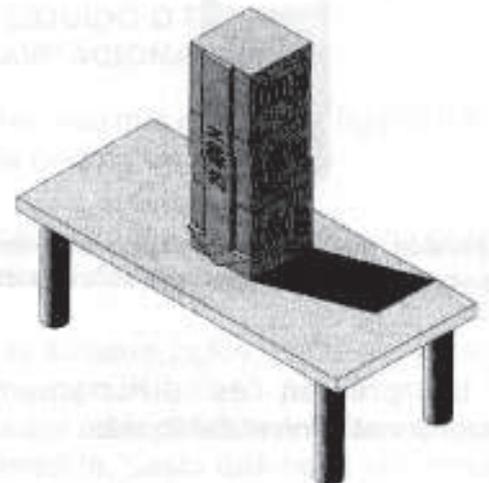
Se toman tres cubos de igual dimensión (1 m x 1 m x 1 m) colocados como lo muestra la figura .



Tres cubos ejerciendo cada uno una presión de 9800 Pa.

Estos cubos contienen cada uno un metro cúbico de agua y pesan 1 000 kg. Cada uno ejerce una fuerza de 1 800 newtons (1 000 kg de fuerza) sobre una superficie de 1 metro cuadrado (1 m<sup>2</sup>), dando una presión de 9 800 newtons/m<sup>2</sup> ó 9 800 pascales (Pa) debajo de cada cubo.

Los tres cubos juntos representan 29 400 N (3 x 9800 N). Dicho peso se aplica sobre una superficie total de 3 m<sup>2</sup>, dando una presión total de 29 400 N/3 m<sup>2</sup>, o sea, 9 800 N/m<sup>2</sup> ó 9 800 Pa.



Tres cubos sobrepuestos ejerciendo una presión de 29 400 Pa.

Sin embargo, si los tres cubos se colocan como en la figura 2.2, la fuerza de cada uno será la misma (9 800 N/m<sup>2</sup>). Estas fuerzas se ejercen sobre la misma superficie de 1 m<sup>2</sup>.

Por lo tanto, la presión será tres veces mayor, o sea, 29 400 N/m<sup>2</sup> ó 29 400 pascales.

Este ejemplo demuestra que la presión depende tanto de la fuerza como de la superficie sobre la cual se aplica.

Existe una relación entre la altura y la presión. En las secciones siguientes se verá nuevamente esta noción.



## PRESIÓN Y LÍQUIDOS INMÓVILES

Sirviéndose de 6 principios, se puede resumir el comportamiento de la presión de los líquidos en reposo.

1. La presión que ejerce un fluido es siempre perpendicular a la superficie sobre la cuál actúa. Cualquiera que sea la forma de las paredes que retienen el líquido, éste empuja en forma perpendicular sobre éstas.

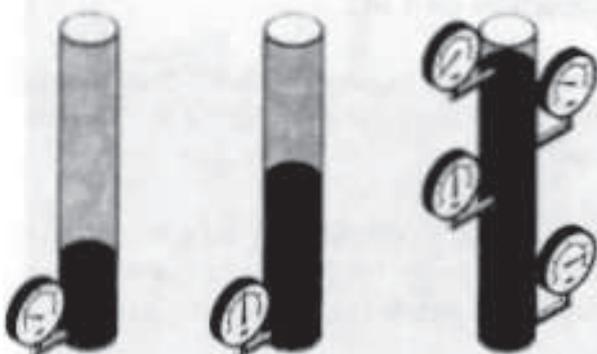


La presión que ejerce un fluido es siempre perpendicular a la superficie sobre la cuál actúa.

2. La presión es directamente proporcional al nivel del líquido.

Mientras más elevado sea el nivel del líquido, debajo del punto de medida, mayor será la presión.

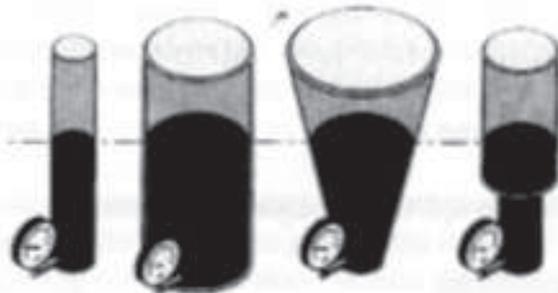
Por ejemplo, la presión será mayor en el fondo de un tanque que en el medio.



La presión es directamente proporcional al nivel del líquido.

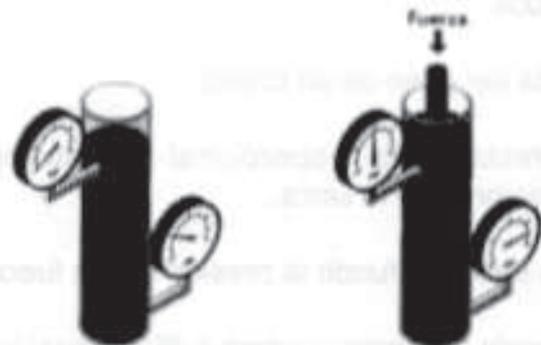
3. La presión es independiente de la forma del envase.

No importa la forma o el grosor de éste, la presión será constante para el mismo nivel de líquido.



La presión es independiente de la forma del envase.

4. Toda variación de presión producida en un punto del líquido, se transmite de manera íntegra a todo el líquido.



Toda variación de presión producida en un punto del líquido, se transmite de manera íntegra a todo el líquido.

5. En un líquido, la presión es igual en todos los puntos situados a un mismo nivel, ya sea en el centro o en la orilla del recipiente.

Si éste no es el caso, el líquido reaccionará para igualar las presiones.



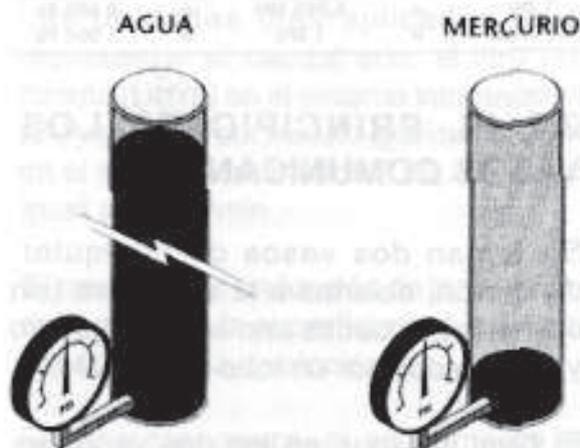
La presión es igual en todos los puntos.



## Electricidad e hidráulica

6. La presión es proporcional a la densidad del líquido.

Debido a que el mercurio es más denso que el agua, el primero ejercerá la misma presión con una altura mucho menor.



La presión es proporcional a la densidad del líquido.

### PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Presión del aire que nos rodea.

Así como un nivel de agua causa una presión, el aire tiene un peso y ejerce una presión sobre nosotros.

Esta presión no se siente pero está presente.

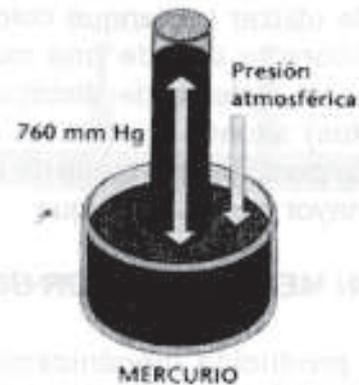
La presión atmosférica tiene un valor promedio de 101,3 kPa (14,7 psi – libras por pulgada cuadrada) sobre el nivel del mar y disminuye a medida que se toma altura.

La presión se mide con un barómetro.

La altura del líquido contenido dentro del barómetro, nos permite determinar la presión.

Así, una atmósfera con presión normal levanta 760 milímetros de mercurio (mm Hg).

La misma puede levantar una columna de 10 m de agua.



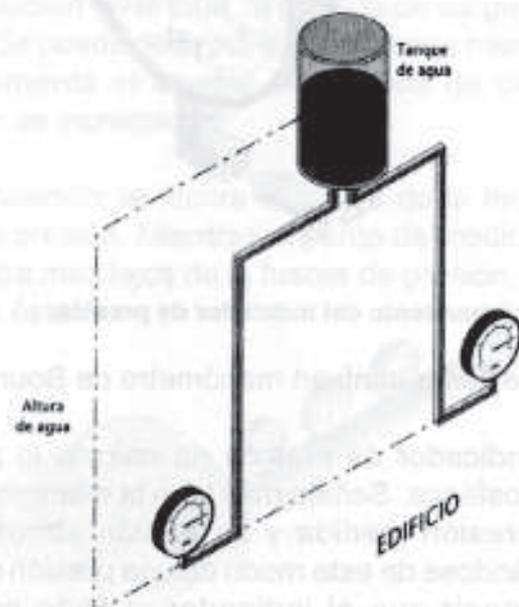
El barómetro indica la presión del aire.

### PRESIÓN DEBIDO A LA PRESIÓN DE UN LÍQUIDO O PRESIÓN GRAVITACIONAL

Se ha visto que el nivel del líquido influye en la medida de presión.

Cada metro de agua causa una presión adicional de alrededor de 10 kPa.

En el sistema inglés, cada pie de agua corresponde a 0,43 psi. El agua no necesita estar directamente bajo un punto de medida, basta que haya un contacto entre los dos.



La presión es proporcional al nivel del agua, sin importar la dirección que tome.



Se puede utilizar un tanque colocado a cierta altura (sobre lo alto de una montaña) para alimentar un sistema de distribución de agua (conductos) situado a un nivel más bajo. La presión disponible en el punto de utilización será mucho mayor que en el tanque.

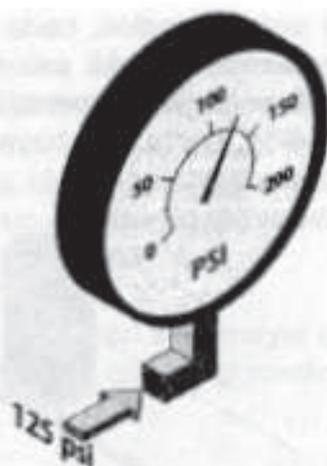
### PRESIÓN MECÁNICA O POR BOMBEO

Presión producida mecánicamente con una bomba que empuja el agua en un sistema cerrado.

En un sistema de distribución (conductos) una bomba extrae el agua de un lago o de un estanque hasta el punto de su utilización.

### INDICADOR DE PRESIÓN

Instrumento de medida que sirve para determinar la presión de un conducto o de un espacio cerrado.



Funcionamiento del indicador de presión.

Se le llama también manómetro de Bourdon.

El indicador de presión no calcula la presión atmosférica. Señala más bien la diferencia entre la presión medida y la presión atmosférica, tratándose de este modo de una presión relativa. Es decir que el indicador cuando no está funcionando, indica ( 0 ) pues sólo recibe la presión atmosférica.

El siguiente cuadro presenta las equivalencias de medida de las unidades de presión del sistema inglés y métrico.

Este tipo de unidades son las que se encuentran en un indicador de presión.

1 psi	=	6,895 kPa	=	6 895 Pa
0,145 psi	=	1 kPa	=	1 000 Pa

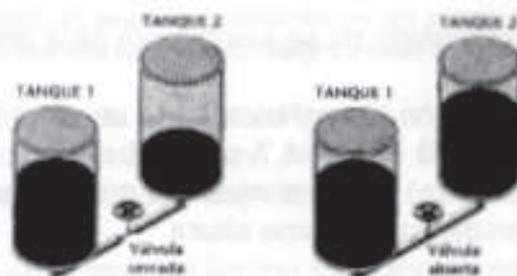
## 2.2 EL PRINCIPIO DE LOS VASOS COMUNICANTES

Se toman dos vasos de cualquier dimensión, abiertos a la atmósfera (sin cubiertas), situados uno al lado del otro y conectados por un tubo y una válvula.

El nivel de agua en los dos vasos es diferente.

Si se abre la válvula, el vaso que tiene el nivel de agua más alto da salida al líquido hacia el otro vaso, debido a que la presión es más grande en el primero .

La salida del líquido se detiene hasta que los dos vasos hayan alcanzado el mismo nivel de agua.



En los vasos abiertos y comunicados todos los niveles de agua tienden a igualarse.

## 2.3 HIDRODINÁMICA

La mayor parte de las nociones vistas hasta ahora se refieren a un líquido estático, es decir, sin movimiento. Esta sección tratará del comportamiento



## Electricidad e hidráulica

dinámico del agua, cuando hay salida del líquido o desagüe.

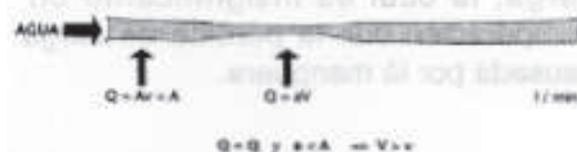
### CAUDAL

Volumen de agua por unidad de tiempo.

Las unidades más aplicadas para representar el caudal son: el litro por minuto (l/min) en el sistema internacional (SI) y el galón por minuto (gal/min o GPM) en el sistema americano (US) 1 GPM es igual a 3,78 l/min.

El caudal varía en función de la velocidad del agua y de la superficie que atraviesa (caudal = área x velocidad).

En una manguera, si se aumenta el caudal, la velocidad del desagüe aumenta también. Asimismo, si se aplasta una manguera se reduce el área de paso de agua y la velocidad de ésta, en ese punto, será mayor.



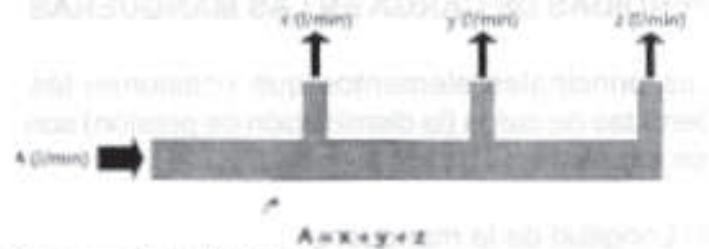
La velocidad del agua aumenta cuando se reduce su área de pasaje.

La velocidad varía en función de la presión dinámica, es decir, la presión del agua en movimiento. Mientras más fuerte es la presión, mayor será la velocidad.

### CONSERVACIÓN DEL CAUDAL

En los conductos, siempre existe la conservación del caudal porque el agua no desaparece de las mangueras.

Como lo muestra la figura, la suma de los caudales que salen de las mangueras es igual al caudal de alimentación.



Conservación del caudal.

### FRICCIÓN

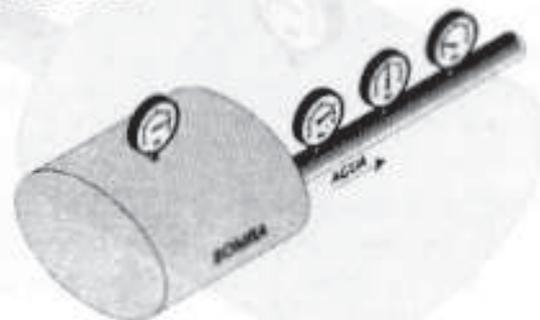
Cuando el agua circula en un tubo, existe fricción con la pared del tubo por donde pasa. Esta fricción existe porque la superficie interior del tubo no es perfectamente lisa. Las partículas de agua disminuyen su paso por las irregularidades del tubo.

Esta fricción provoca lo que se llama pérdida de carga, la cual causa una disminución de la presión en el tubo. Cuando los tubos son ásperos en el interior, la pérdida de presión aumenta.

También se crea una pérdida de carga cuando el agua atraviesa los codos, conexiones en ( Y ).

La velocidad del agua es otro factor que influye en la pérdida de carga. Mientras más rápida sea su circulación en el tubo, la pérdida de carga será mayor. Se puede decir por extensión que mientras más aumenta el caudal, la pérdida de carga también se incrementa.

A continuación se ilustra el efecto de la fricción sobre la presión. Mientras el punto de medida se encuentra más lejos de la fuente de presión, más débil es ésta.



Influencia de la fricción sobre la presión.

## **PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS MANGUERAS**

Los principales elementos que ocasionan las pérdidas de carga (la disminución de presión) son los siguientes:

- 1) Longitud de la manguera.
- 2) Diámetro de la manguera.
- 3) Pitones y accesorios.

### **1. LONGITUD DE LA MANGUERA**

Mientras más larga sea la manguera, mayor será la pérdida de la presión debido a la fricción (pérdida de carga) que se acumula.

### **2. DIÁMETRO DE LA MANGUERA**

Mientras mayor sea el diámetro, menor será la fricción. En las distancias largas, la ventaja de utilizar mangueras de mayor diámetro es la de limitar las pérdidas de presión causadas por la fricción.

Para un caudal de 511 l/min. (135 GPM), la

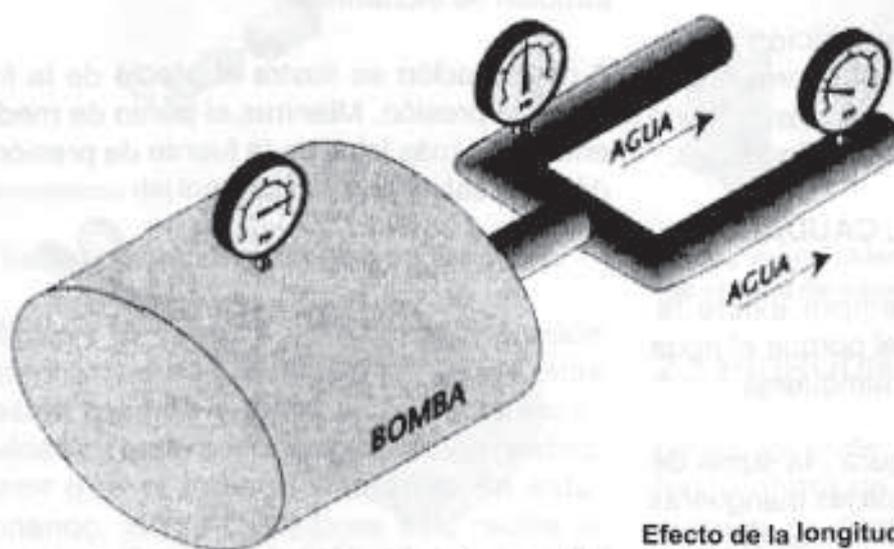
pérdida de carga de una manguera de 38 mm. (1 ½ pulgadas) es de 1000 kPa por 100 m (44 psi por 100 pies). En las mismas condiciones, la pérdida de carga de una manguera de 65 mm (2 1/2 pulgadas) es de solamente 80 kPa por 100 m (3,5 psi por 100 pies).

La pérdida de carga de una manguera de 100 mm. (4 pulgadas) será de 7,16 kPa por 100 m (0,3 psi por 100 pies).

### **3. PITONES Y ACCESORIOS**

Todo equipo o accesorio que modifique la trayectoria del agua, como por ejemplo un codo, una conexión en ( Y ) o un reductor de caudal crea una pérdida de carga, la cual a su vez provoca una pérdida de presión del agua.

Los accesorios empleados por los bomberos, tales como los pitones, son diseñados para minimizar la pérdida de carga, la cual es insignificante en comparación con la pérdida de carga causada por la manguera.



**Efecto de la longitud de la manguera sobre la presión.**

## BIBLIOGRAFIA.

- BROCK, Pat D. (1990), Fire Protection Hydraulics and Water Supply Analysis, Éditions Fire Protection Publication Oklahoma State University, 326 p.
- CHENOUDA, Atef. (1990), Initiation a la technologie, Ottawa, Édition du renouveau pédagogique, 356 p.
- Crane inc. (1960), Flow of Fluids, Technical Paper No.41 O-C, Éditions Crane Canada ltée, 120 p.
- DUBOIS, P., LEMIRE, A., ROUSSIL, G., (1992), Notions d'électricité 440-043, Institut de protection contre les incendies du Québec, 188 p.



### ERRORES DE CARGA EN LAS MANGUERAS

Los principales errores que ocasionan las pérdidas de carga (la disminución de presión) son:

1) Longitud de la manguera.

2) Diámetro de la manguera.

3) Puntos y accesorios.

### CONSTITUCIÓN DE LA MANGUERA

Las mangueras más largas son las mangueras, mayor sean y pérdida de la presión debido a la fricción y pérdida de carga que se ocasiona.

### DIÁMETRO DE LA MANGUERA

El diámetro de la manguera debe ser el adecuado para el tipo de trabajo que se va a realizar. Si el diámetro es menor que el necesario, se ocasiona una pérdida de carga por fricción.

### CRÉDITOS

El Instituto de Protección Civil del Estado de México como cesionario de los bienes del Centro de Capacitación Contra Incendios, edita este manual exclusivamente para apoyo de los estudios de los aspirantes a bomberos que participan en los cursos que se imparten en las instalaciones de Tecámac.

El material presentado en esta obra proviene de la documentación que el Instituto de Protección Civil del Estado de México ha reunido sobre estas materias y ha sido interpretado por los Instructores de la Subdirección de Capacitación y Adiestramiento, bajo la coordinación del C.P. Marco Antonio Martínez de Alba.

La dirección editorial estuvo a cargo del Arq. Miguel Ángel Cruz Guerrero, Director General del Instituto de Protección Civil y la producción fue hecha por Israel Domínguez Jaimes, Alfredo Montiel Hernández, Fabiola Morales García, Avi Mendoza Almanza y Claudia Ángeles Lugo.

# **Instituto de Protección Civil del Estado de México**



**Oficinas en Toluca:**

**Urawa No. 100**

**Oficina 119, Col. Izcalli IPIEM. C.P. 50050**

**Tels. (01722) 280-63-92, Fax (01722) 280-63-94.**

**Oficinas en Tecámac:**

**Km.37 de la Carretera Federal México-Pachuca,**

**Col. Hueyotenco, C.P. 55740**

**Tels. (0155) 59-36-42-64, Fax (0155) 59-36-42-63**

**[www.edomexico.gob.mx/ipc](http://www.edomexico.gob.mx/ipc)**