

ro si se quiere introducir los elementos en metros para obtener el resultado en la misma unidad de medida, se usaría la expresión bajo la forma siguiente:

$$h = \frac{0.15 \cdot v \cdot l}{r \cdot D}$$

Tal vez en muchos casos de los que se presentan en nuestro sistema de atarjeas, no será posible emplear los valores que da esta fórmula, que son un poco exagerados, pues no se podrían aceptar sino con gran detrimento de la pendiente general, y como es enteramente empírica, no aconsejamos su empleo sino como un medio para guiar el criterio de la persona que se encargue de los detalles del proyecto, al establecer el aumento de caída que debe dar en las curvas para compensar la pérdida de la fuerza aceleratriz de la gravedad, que por rozamiento se consume al paso de las aguas por esos puntos, y á fin de que se pueda discutir lo que más conviene hacer, anotamos aquí otras dos fórmulas que se han empleado con el mismo objeto que la anterior:

$$h = \frac{a \cdot c \cdot v^2}{579.4}, \dots c = 131 \times 1.847 \left(\frac{r}{b} \right)^{\frac{3}{2}}, \dots (1)$$

$$h = \frac{v^2 \operatorname{sen}^2 \alpha \times 0.000,003}{\sqrt{r}} \dots (2)$$

Las fórmulas (1) son de Weisbach y la (2) de Robinson y Beardmore; en ambas los signos algebraicos tienen la siguiente significación: h aumento de caída en pies; v velocidad del agua en pies por segundo; a ángulo de la curva en grados; r radio de la atarjea; b radio de la curva; c coeficiente que depende de $\frac{r}{b}$. Será fácil transformar estas fórmulas á fin de que sean calculables por metros.

El Sr. Rawlinson en sus "Consejos sobre saneamiento y desagüe," previene *que las pendientes se establezcan en líneas perfectamente rectas, y que si es necesario establecer algún cambio de pendiente, siempre se construya en el punto donde el cambio se verifique, un pozo de visita ó un pozo para lámpara.*

Las ventajas que de esta disposición resultan, se enumeraron ya al tratar de los alineamientos, cuando se transcribió íntegro el "Consejo" marcado con el N° 4; es, pues, inútil repetir las: sólo si dirémos otra vez, que se debe dar una grandísima importancia á esta recomendación.

Por lo que se refiere á las pendientes, cuando se construyan las atarjeas se deben tener presentes las siguientes observaciones que se deducen de todo lo que acabamos de decir:

1°—El fondo de las atarjeas deberá quedar en líneas rigurosamente rectas entre cada dos puntos adecuados para la inspección de los conductos, es decir, entre cada dos pozos de visita ó dos pozos para lámparas; se procurará que la pendiente sea constante en todos los alineamientos rectos y la misma de un extremo á otro de la atarjea.

2°—En las curvas se dará á la pendiente un pequeño incremento, procurando, siempre que lo permitan las circunstancias, que ese incremento se aproxime al que resulta por medio de las fórmulas que antes se anotaron, pero esto se hará sólo cuando no se reduzca por eso demasiado la pendiente general.

3°—CAPACIDAD DE DESCARGA Y DIMENSIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS ATARJEAS.

Uno de los más complejos problemas que se presentan al estudiar el saneamiento de una población por el sistema combinado, es sin duda alguna el de determinar las dimensiones que debe tener la sección transversal de las atarjeas. Hay sobre esto gran variedad de opiniones que no han llegado á ponerse de acuerdo, por falta de datos prácticos bastante numerosos, que permitan hacer intervenir en las fórmulas y con su verdadero valor, todos los elementos que se deben tener en cuenta para llegar al resultado. Vamos á dar una idea de cuáles son esos elementos.

En primer lugar se debe conocer cuál es la cantidad de agua que se precipita en la Ciudad en los momentos de los fuertes aguaceros, determinando, no la mayor cantidad que se ha precipitado en un día, sino en una unidad de tiempo más corta, la hora ó el minuto por ejemplo.

Al estudiar este punto, como en todos los demás, hemos tratado de inspirarnos en las ideas de personas cuya competencia en materia de drenaje y saneamiento de ciudades está universalmente reconocida; pues nosotros no tenemos escuela práctica donde la observación pudiera habernos dado á conocer, los resultados prácticos de tal ó cual principio, de tal ó cual idea.

El Sr. J. W. Bazalgette, en un informe que rindió al "Metropolitan Board of Works" de Londres, dice lo siguiente: "Las atarjeas de intercepción no fueron proporcionadas para conducir toda el agua que cae durante las lluvias extraordinarias, tales como la que cayó, por ejemplo, el 10 y 11 del mes de Abril de 1878, cuando por observaciones ejecutadas en cuarenta y tres estaciones, dentro y alrededor de la Metrópoli, se estimó que habían caído 2'64 (dos pulgadas y sesenta y cuatro centésimos de agua), por término medio en un período de diez y nueve horas. Para recibir el volumen de agua que resulta de esa lluvia, se habrían necesitado atarjeas que tuvieran la capacidad de ríos, que estarían vacías casi siempre, exceptuando el caso en que cayera una lluvia extraordinaria."

A esto, el Sr. Ingeniero Rodolfo Hering, agrega el comentario siguiente:

"Una lluvia de 2'64, según este informe, se considera como excesiva en Londres, y sin embargo, se ha llegado á registrar allí mismo una lluvia de seis pulgadas que se ha precipitado en una hora y media."

El Sr. Herbert Shedd, en su informe acerca del sistema de atarjeas de la ciudad de Providence R. I., dice:

"Se ha discutido mucho hasta qué punto conviene construir las atarjeas con las dimensiones que necesitan para contener el agua que proviene de las lluvias extraordinarias. El costo de construcción de tales atarjeas, así como el costo de su conservación es tan grande, que una ciudad puede más bien soportar el pago de los perjuicios que ocasionan las lluvias de intensidad poco común, que construirlas. Hasta qué límite se debe proveer para el caso de grandes tormentas, es un punto dudoso, y lo que es económico en un lugar no lo es necesariamente en otro. La frecuencia de las grandes tempestades, la cantidad de agua que se precipita, y el perjuicio que puede ocasionar, depende de la locación y de las circunstancias de cada lugar."

En un informe del Sr. J. W. Adams, Ingeniero de la ciudad de Brooklyn, á los

comisionados para el saneamiento de esa ciudad, aquel ingeniero se expresa en los términos siguientes:

“Refiriéndonos á la cantidad de lluvias que deben recibir las atarjeas, en ninguna ciudad se ha proyectado un sistema para recibir el agua de las lluvias extraordinarias en las atarjeas solamente, tales como las tempestades que descargan dos ó tres pulgadas de lluvia por hora. Estas lluvias ocurren á largos intervalos, son de corta duración y el perjuicio que ocasionan está confinado á áreas muy limitadas, mientras que la construcción de atarjeas adecuadas para esa contingencia sólo se podría ejecutar con gastos enormes para la construcción y conservación, que se extenderían sobre toda el área de la ciudad; además, esas atarjeas serían de una eficacia dudosa cuando repentinamente tuvieran que recibir una enorme cantidad de agua, y serían sumamente malas como conductos para el escurrimiento diario de los desechos de las habitaciones.”

A continuación ponemos una tabla en que constan las lluvias que caen en varias ciudades de Europa, y la cantidad para la cual están calculadas las atarjeas; esta tabla viene á confirmar lo que el Sr. Adams afirma en el párrafo que acabamos de transcribir:

Localidad.	Máxima altura de lluvia que se ha precipitado en una hora en milímetros.	Altura de la lluvia en milímetros, que pueden recibir las atarjeas.
París.	114	15 por hora.
Londres.	100	6 en 24 horas.
Berlín.	24	7 por hora.
Viena.	25	9 por hora.
Hamburgo.	28	17 en 24 horas.
Frankfor.	30	6 por hora.
Dantzic.	—	6 en 24 horas.
Brighthon.	16	12 por hora.

En varias de estas ciudades en donde las circunstancias locales lo permiten, las atarjeas tienen ramificaciones por donde pueden descargar sus aguas cuando se llenan demasiado, (overflows): nosotros no podemos emplear este medio para reducir la cantidad de agua que deben conducir las atarjeas, y aquí el líquido que éntre en cualquier punto de un conducto de desagüe, tiene que recorrerlo hasta su desembocadura.

Hubiéramos deseado hacer un estudio detallado de nuestras lluvias para fundar más nuestras conclusiones por la relación que tienen con las dimensiones convenientes para las atarjeas; pero aunque poseemos la importantísima serie de observaciones del Observatorio Meteorológico Central, esta oficina desgraciadamente no está provista de pluviómetros registradores que indiquen el tiempo durante el cual se verifica la precipitación del agua, y este dato, para nuestro objeto, es tan impor-

+ Deversours -

tante como el de la cantidad ó altura de la lluvia. Durante un corto intervalo de tiempo hay datos acerca de la duración de las lluvias; pero en la mayoría de los casos á que se refieren las observaciones, dan sólo la precipitación en veinticuatro horas, y de este dato aislado no es posible llegar á una conclusión fundada, porque las lluvias que pueden ocasionar perjuicios, son aquellas que producen una gran cantidad de agua en un corto intervalo de tiempo. Vamos, sin embargo, á presentar los datos que poseemos y que debemos á la bondad de los Sres. D. Miguel Pérez y D. José Zendejas, quienes pusieron á nuestra disposición todos los registros del Observatorio para que de ellos tomáramos los datos que nos fuesen necesarios.

A continuación damos una tabla con varios datos relativos á las lluvias ocurridas en los últimos catorce años, es decir, desde la fundación del Observatorio Meteorológico Central.

AÑOS.	Número total de días de lluvia.	Lluvias menores que 10 milímetros.	Comprendidas entre 10 y 20 milímetros.	Comprendidas entre 20 y 25 milímetros.	Lluvias mayores que 25 milímetros.
1877	102	87	12	2	1
1878	119	91	15	4	9
1879	125	112	11	1	1
1880	122	106	11	2	3
1881	159	138	15	3	3
1882	136	115	18	0	3
1883	167	151	11	2	3
1884	123	108	11	3	1
1885	166	143	17	4	2
1886	112	97	9	6	0
1887	166	141	18	3	4
1888	161	140	16	3	2
1889	142	129	11	2	0
1890	154	143	12	5	3
1954	1692	1692	187	40	35

La proporción en que están las lluvias según sus intensidades, es la siguiente:

Lluvias menores que 10mm.	0.864
„ comprendidas entre 10 y 20mm.	0.097
„ „ „ 20 y 25mm.	0.020
„ mayores que 25mm.	0.019

Número total de días de lluvia. 1.000

Luego el número de días en que la lluvia es mayor que veinticinco milímetros, es sólo diez y nueve milésimos del número de días que ha llovido.

Para valorizar mejor el efecto que producirán sobre las atarjeas estas lluvias, es preciso hacerlas comparables, estimando la cantidad de agua que en cada una de

ellas se ha precipitado en la misma unidad de tiempo, el minuto, por ejemplo. Aquí es donde encontramos deficientes los datos que poseemos: sin embargo, hay algunos que podemos utilizar y los consignamos en la tabla que ponemos á continuación:

Años.	Fecha.	Duración en minutos.	Altura absoluta en milímetros.	Precipitación por minuto en fracciones de milímetro	
1877	Agosto	9	180	25.0	0.14
1878	Julio	9	540	26.0	0.05
"	"	20	139	62.9	0.47
"	"	29	609	48.8	0.06
"	Agosto	15	900	30.0	0.03
"	"	23	75	53.0	0.70
"	"	30	540	26.1	0.05
"	Septiembre	1	500	27.0	0.05
"	"	23	140	39.3	0.28
"	Octubre	9	800	40.5	0.05
1881	Mayo	25	248	37.0	0.11
1882	Marzo	5	45	27.0	0.60
1887	Junio	11	720	26.5	0.04
"	Julio	28	45	35.8	0.79
"	Agosto	21	335	52.0	0.16
1889	Noviembre	10	65	28.9	0.44
1890	Septiembre	12	450	25.3	0.06

Si se comparan estos resultados con lo que produce una lluvia de veinticinco milímetros en una hora, durante la cual se precipitan cuarenta y un centésimos de milímetro por minuto, se encuentra que sólo en tres casos hay una diferencia notable respecto de esta cantidad, que corresponden á las lluvias del 23 de Agosto de 1878, del 5 de Marzo de 1882 y del 28 de Julio de 1887, y como se conoce la duración de la mitad de las lluvias que exceden de veinticinco milímetros en una hora, se puede inferir con alguna probabilidad de que resulte un dato aproximado, que entre las lluvias cuya duración no se conoce y que se separen notablemente de una lluvia de veinticinco milímetros por hora, habrá otras tres en el período de tiempo á que se refiere el estudio que hemos hecho, y si esto es cierto, esas lluvias se verificarán por término medio cada dos años próximamente. Nuestros datos se refieren á un período de tiempo que es demasiado corto para que nos sea permitido establecer por ellos una ley; así es, que la conclusión á que acabamos de llegar, la presentamos con toda la reserva que tal circunstancia requiere; lo único que hemos pretendido, es sacar las mayores ventajas posibles de los escasos datos que poseíamos.

Además de las razones que hemos expuesto, transcribiendo las opiniones de personas prácticas y competentes, hay ciertas circunstancias locales que no debemos dejar que pasen desapercibidas, porque sirven también de fundamento á la conclusión á que tenemos que llegar.

Las lluvias que producen una fuerte precipitación en un corto período de tiempo, vemos que una duró 75 minutos y las otras dos 45; estas rara vez se extienden á toda el área de la Ciudad; y por otra parte, el relieve del terreno, del que dan una idea exacta las curvas del nivel trazadas á una muy pequeña equidistancia, veinte centímetros solamente, indica desde luego que por la superficie no se puede precipitar el agua de ciertos lugares para acumularse en otros, como forzosamente tiene que suceder en aquellas ciudades donde las pendientes naturales del terreno son muy pronunciadas, y por lo tanto, el agua que momentáneamente no encontrara espacio en las atarjeas, se extendería sobre una área muy extensa y en ninguna parte podría subir á una considerable altura; este hecho hace que para nosotros sea menos temible la falta de capacidad momentánea de esos conductos en caso de que se presentara una lluvia excepcional, y que estuviera menos justificado el que se proveyera para ella, aceptando atarjeas de dimensiones exageradas con todos sus inconvenientes de costo y con los que presentan bajo el punto de vista sanitario, que son los más graves.

Se debe también, tener en cuenta, que todas nuestras atarjeas deben descargar su contenido al Gran Canal que es el origen de las Obras del Desagüe del Valle; este Canal está calculado para una descarga de cinco metros cúbicos por segundo y el producto de las atarjeas en los momentos de los fuertes aguaceros será tres ó cuatro veces esa misma cantidad, y la diferencia entre ambas será tanto mayor, en caso de un aguacero excepcional, cuanto mayor sea la capacidad de descarga de las atarjeas.

Oportunamente nos hemos de ocupar del medio que propondremos para subsanar este inconveniente; aquí sólo harémos notar que las dificultades para conseguirlo, aumentarían considerablemente, así como el costo, si se proporcionaran las dimensiones de las obras á las necesidades de una contingencia poco común.

Por último, nosotros no contamos sino con una pequeña diferencia de nivel, que vamos á obtener á costa de grandes gastos, por medio de las Obras del Desagüe General del Valle; la inclinación del fondo de las atarjeas está perfectamente definida por la máxima altura que ese fondo puede tener en el origen y por la máxima profundidad que le puede dar en la desembocadura; todo incremento en las dimensiones de la atarjea tiene que darse, de esa línea que determina el fondo para arriba, y á medida que el diámetro sea mayor, el agua subirá más en la desembocadura, disminuirá por esto la inclinación de la superficie, es decir, la *pendiente hidráulica* que determina la velocidad, y resultará la consiguiente disminución de ésta y con ella la capacidad de descarga que se calculara con la inclinación del fondo. Esta circunstancia viene á confirmar la opinión del Sr. Adams, que copiamos antes y que, refiriéndose á las atarjeas de dimensiones adecuadas para recibir las lluvias excepcionales, dice: "además, esas atarjeas serían de una eficacia dudosa, cuando repentinamente tuvieran que recibir una enorme cantidad de agua y serían sumamente malas, como conductos para el escurrimiento diario de las atarjeas." Pudiera creerse que el inconveniente á que nos venimos refiriendo se subsanaría en parte por lo menos, haciendo crecer el diámetro horizontal de las atarjeas, más que el vertical; pero entonces el conducto sería mucho más defectuoso para recibir los desechos de las habitaciones, y aumentarían considerablemente los inconvenientes para la higiene de la Ciudad, lo cuál sería muy grave.

Fundándonos en todas las consideraciones que hemos asentado, unas nuestras y otras de personas que son muy peritas en la materia, y en que es imposible propor-