

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

LOS PARARRAYOS

POR

ACH. DELAMARRE

(CONTINUACIÓN) (1)

IV. LOS SISTEMAS DE PARARRAYOS. — Después del descubrimiento de Franklin surgieron muchas discusiones y controversias respecto á la aplicación práctica de los pararrayos; se ha defendido con tenacidad los conductores formados por una barra ó por un cable (Faraday) contra los conductores tubulares (W. S. Harris); después fueron las teorías respecto á la naturaleza del metal que debía emplearse y, en fin, vinieron los estudios sobre los sistemas de puntas susceptibles de asegurar el máximo de protección.

De los asuntos de que acabamos de tratar examinaremos únicamente los más importantes.

Constitución del conductor. — El Sr. O. S. Peters recuerda ingeniosamente que Faraday, basando su opinión de preferir los conductores macizos sobre la necesidad primordial de tener una gran conductibilidad, y Harris, que no daba razones especiales por su preferencia por los conductores tubulares, ambos tenían la costumbre de decir ¡que el otro no conocía absolutamente nada del asunto!

Ahora bien, más adelante parece ser se llegó á un acuerdo, y los experimentos del Sr. Chavannes dieron como resultado formular las conclusiones siguientes:

1.^a La superficie de un conductor tiene tanta importancia como su sección.

2.^a La resistencia óhmica del conductor es de importancia secundaria y las interrupciones en la continuidad de aquél tienen pocas consecuencias (entendiendo por estas palabras «interrupciones de continuidad» que las conexiones presentan resistencia bastante grande, contactos malos, etc.).

3.^a La autoinducción de un conductor debe ser todo lo pequeña posible.

Como ya lo hemos dicho precedentemente, estos resultados de experimentos no deben constituir un estímulo para instalar un pararrayos sin cuidado alguno, diciéndose «esto funcionará siempre»; pero sí demuestran que los defectos atribuidos á instalaciones que han dado malos resultados son debidos casi siempre á causas mucho más complejas y difíciles de descubrir que una mala construcción ó un entretenimiento descuidado.

Naturaleza de los conductores. — Se ha utilizado principalmente: hierro, cobre, hierro encobrado y aluminio; los dos primeros han tenido siempre la preferencia por parte de los constructores.

El hierro se empleó desde el principio y sirvió para construir los primeros pararrayos, que no parece hayan dado malos resultados, pero tiene el inconveniente de corroerse rápidamente en contacto con el aire.

El cobre se recomendó en seguida debido á su poca resistencia y por aguantar mejor los agentes atmosféricos; pero Lodge, adoptando la teoría según la que el rayo es una descarga oscilatoria, demostró que el hierro era superior al cobre, precisamente por causa de su mayor resistencia que amortigua las oscilaciones, disminuye los fenómenos de autoinducción y el peligro de chispas laterales.

En la actualidad, estos dos metales de propiedades en tanto contradictorias se emplean por igual. El hierro es más resistente mecánicamente, su punto de fusión es más elevado y para evitar la corrosión ha sido suficiente galvanizarlo; aparatos instalados hace cuarenta años están todavía indemnes.

Si en otros tiempos se discutió ampliamente respecto á los méritos relativos del hierro y del cobre, parece ser que se preocuparon menos de la resistencia total del sistema. El Bureau of Standards, que hizo investigaciones en este sentido, halló que, sin gasto prohibitivo, el mínimo de resistencia que podía pretenderse alcanzar era el de 15 ohmios; se consiguió con una placa de tierra constituida por una de palastro de 16 metros cuadrados aproximadamente de superficie, colocada en cok mezclado con sal y copiosamente regado.

Ahora bien, en la práctica es cierto que las tierras presentan una resistencia más elevada que esa y cuyo valor medio puede alcanzar á algunas centenas de ohmios. Se sigue en consecuencia que la resistencia del hierro ó del cobre, finalmente sólo tiene una importancia secundaria.

Más adelante veremos el modo de hacer la elección entre los distintos metales posibles en la práctica, donde debe hacerse intervenir otras consideraciones como la de duración, precios, etc.

Pararrayos con y sin puntas. — En los Estados Unidos, los sistemas de pararrayos están generalmente provistos de partes terminales aéreas que afectan la forma de una larga barra puntiaguda destinada á recibir la descarga. En Hungría, por el contrario, parece que se ha hallado más éxito con un sistema llamado «contorno», que consiste en bandas ó hilos metálicos rodeando los contornos de los tejados y unidos á varias tomas de tierra, constituyendo una verdadera jaula de Faraday. Este último sistema, en el fondo es el mismo de Melsens, pero sin las numerosas

(1) Véase el núm. 2245.

puntas cortas que lo caracterizan, es, por consiguiente, indudablemente inferior.

En la actualidad no hay duda posible, la presencia de puntas aumenta la seguridad y disminuye el número de ciertos efectos á veces difícilmente explicables.

Ahora bien, ¿debe preferirse la larga barra del pararrayos en la forma que lo ideó Franklin ó las barras múltiples de Melsens?.... Creo que puede decirse que la segunda solución es más empleada cada día, y personalmente creo que constituye el sistema de protección más eficaz. La multiplicidad de conductores da evi-

dentemente mucha mayor seguridad de que el fluido se dirija hacia tierra, pero esto puede conseguirse con los pararrayos de barra larga, estableciendo varios cables de comunicación con tierra; de todos modos, el reemplazar algunas grandes barras por una serie de pequeñas, menos costosas, canaliza con mayor seguridad la descarga, y Melsens precisaba la génesis de la idea que le guiaba con el proverbio clásico: *Divide ut imperes* (divide y vencerás). Su disposición parece tener frecuentemente una acción preventiva que indudablemente asegura una más eficaz protección.

CUADRO I

CLASES DE LOS RIESGOS	INCENDIOS EN GENERAL (Causas conocidas y desconocidas.)			INCENDIOS POR CAUSAS CONOCIDAS SOLAMENTE (Aparte de los provocados por un siniestro próximo.)		
	Número total de incendios.	Incendios causados por el rayo.	Tanto por ciento.	Número total de incendios.	Incendios causados por el rayo.	Tanto por ciento.
Depósitos de aceites.....	717	158	22,10	378	158	42,00
Iglesias.....	6.185	756	12,20	4.286	756	17,60
Granjas, establos, almacenes.....	146.618	14.968	10,20	69.455	14.968	21,50
Depósitos de carriles, estaciones.....	4.005	258	6,40	2.505	258	10,30
Estaciones de alumbrado eléctrico.....	603	37	6,10	352	37	10,50
Oficinas de telegrafía y telefonía.....	1.214	67	5,50	460	67	14,50
Almacenes y depósitos de algodón.....	726	30	4,13	348	30	8,60
Depósitos de tabaco.....	1.294	49	3,80	741	49	6,60
Escuelas.....	4.917	179	3,70	3.672	179	4,90
Puestos de policía y de bomberos.....	524	19	3,60	254	19	7,50
Manufacturas de cuerdas.....	129	4	3,10	64	4	6,20
Depósitos de ferrocarriles.....	463	14	3,00	256	14	5,50
Depósitos de preparación de la cebada para la fabricación de la cerveza.....	211	6	2,84	132	6	4,50
Sederías.....	181	5	2,80	65	5	7,70
Tribunales.....	583	16	2,75	388	16	4,10
Depósitos de arroz.....	27	1	2,70	19	1	5,30
Destilerías.....	336	9	2,68	205	9	4,40
Hospicios.....	784	20	2,55	570	20	3,50
Refinerías de aceites y esencias.....	654	16	2,45	413	16	3,60
Colegios.....	873	21	2,40	555	21	3,80
Elevadores y almacenes de granos.....	2.800	65	2,32	1.231	65	5,30
Fábricas de hielo.....	3.296	76	2,30	963	76	7,90
Manufacturas de objetos de algodón.....	2.109	48	2,28	1.687	48	2,80
Almacenes y reservas de heno.....	635	13	2,05	293	13	4,40
Papel y pulpas.....	789	15	1,90	461	15	3,20
Fábricas de manteca y quesos.....	1.218	23	1,90	553	23	4,20
Factorías.....	109	2	1,80	38	2	5,30
Molinos harineros.....	5.613	92	1,64	2.616	92	3,50
Filaturas y cardaduras de lana.....	183	3	1,64	129	3	2,30
Fábricas de ventanas y puertas.....	733	11	1,50	335	11	3,30
Salas públicas.....	1.436	21	1,46	612	21	3,40
Fábricas de artículos de lana.....	141	2	1,42	69	2	2,90
Casas y Casinos.....	1.222	17	1,39	727	17	2,30
Abonos y fosfatos.....	299	4	1,34	156	4	2,60
Almacenes de aceites, pinturas, etc.....	1.005	13	1,30	649	13	2,00
Habitaciones.....	460.395	5.921	1,29	264.604	5.921	2,20
Licoristas.....	255	3	1,20	120	3	2,50
Fábricas de vidrio.....	511	6	1,17	296	6	2,00
Almacenes y pequeños depósitos de tabaco.....	435	5	1,15	129	5	3,90
Estufas y depósitos de flores.....	1.051	12	1,14	609	12	2,00
Picaderos, cuadras de fondas, etc.....	7.631	86	1,13	2.634	86	3,30
Fundiciones.....	2.981	33	1,10	1.629	33	2,00
Manufacturas de tabaco.....	455	5	1,10	162	5	3,10
Filaturas de lana.....	980	10	1,02	630	10	1,60
Salinas.....	100	1	1,00	37	1	2,70

Aislamiento entre los pararrayos y las construcciones.—Anteriormente se discutió la utilidad del empleo de aisladores de vidrio ó de porcelana en las abrazaderas que fijan las barras ó los cables de tierra á los inmuebles. En la actualidad ya no se habla del asunto y se sigue un camino diametralmente opuesto; siendo, en efecto, el objeto del pararrayos recoger y disipar la energía del rayo con las menores perturbaciones posibles, es preciso que este pararrayos «drene» la electricidad que pueda hallarse almacenada, por ejemplo, en las partes metálicas de las construcciones.

Ahora bien, como estas partes metálicas (vigas, chimeneas, canchales, etc.) no pueden estar aisladas entre sí, aislando el pa-

rarrayos se disminuiría su eficacia; además, dada la muy alta tensión de la descarga, los aisladores ordinarios se agujerearían inmediatamente.

Así, debe tenerse cuidado de unir el pararrayos á todas aquellas masas metálicas del inmueble que tengan alguna importancia.

V. CONSTITUCIÓN GENERAL DE LOS PARARRAYOS.—*Elección del metal.*—Sea cual fuere el sistema, para el propietario, la cualidad primordial de un pararrayos es su duración; debe, por consiguiente, poder tener una vida de unos cuarenta años sin necesidad de grandes reparaciones, á igual título que el inmueble que protege. Para esto es preciso que el metal que lo constituya

pueda resistir victoriosamente la corrosión, bien sea de la atmósfera, bien de la tierra.

Además, es preciso que el metal elegido tenga suficiente resistencia; aún más, precedentemente hemos visto que las cuestiones de resistencia y de punto de fusión están lejos de ser despreciables; en fin, la elección está limitada por las razones económicas, precio de compra y facilidad de trabajo.

Estos distintos *desideratums*, de importancia sensiblemente equivalente, limitan la elección entre tres metales: cobre, aluminio y hierro. Examinemos, por consiguiente, sucesivamente, las propiedades de estos tres metales.

Cobre.—Ha sido y es el metal más empleado, á pesar de que que el hierro parezca superior, según las teorías de Lodge; es fácil de trabajar; resiste bien los agentes atmosféricos; en el aire seco no sufre alteración alguna, y si se oxida con el aire húmedo, la ligera capa de carbonato básico de cobre, con que se recubre, le protege contra una más profunda corrosión ulterior. Como compensación es fuertemente atacado por el ácido nítrico, el amoníaco, el cloro y el azufre.

Aluminio.—En el asunto que nos interesa, y desde el punto de vista de la conductibilidad, el aluminio es sensiblemente equivalente al cobre ($2,83 \times 10^{-6}$ ohmios, en vez de $1,72 \times 10^{-6}$ ohmios á 20° C.); se le trabaja con bastante facilidad y puede dársele la rigidez, que probablemente lo haría un poco defectuoso, forjándolo y laminándolo. En la actualidad se hacen, por lo demás, aleaciones muy resistentes de este metal. Su punto de fusión es más bajo que el del cobre (658° C. en vez de 1.083° C.)

No se altera en aire seco, y en el aire húmedo se recubre de una capa de alúmina, que constituye una protección. El amoníaco obra sobre él de modo análogo; en cuanto á los vapores sulfurosos de ciertos humos, no le atacan.

Ahora bien; es fuertemente electropositivo, y el contacto con otro metal produce inmediatamente una acción galvánica. Si se hace uso de él en la construcción de un pararrayos, éste deberá estar construido completamente de este metal, excluyendo cualquier otro.

Hierro.—Entre sus distintas propiedades, la más principal, desde el punto de vista que tratamos, es la de ser muy magnético en presencia de corrientes de alta frecuencia, pero de baja densidad; esta propiedad es importante, porque los efectos relativos de superficie con distintas frecuencias son más considerables con el cobre y con el aluminio. Sin embargo, los efectos vienen á ser aproximadamente iguales con estos tres metales, si aumenta la densidad de corriente.

La resistencia del hierro es igual á seis veces la del cobre, pero puede alcanzar siete veces y media (y aun doce respecto al acero), según su composición química, sus condiciones físicas, la densidad del flujo magnético, etc. Su punto de fusión es más elevado que el de los otros dos metales: 1.530° C.

Para que el hierro resista la oxidación debe galvanizarse; si esta operación se hace con esmero, el pararrayos durará indefinidamente, á menos que no se halle expuesto á gases ó productos químicos que ataquen al cinc. A pesar de todo, la parte de tierra resiste siempre mal y da lugar á que generalmente la línea de tierra se construya con cable ó con hilo de acero, reservando el hierro para la parte exclusivamente aérea.

¿Cuál de los tres metales merece la preferencia?.... El problema del calor desarrollado en el momento en que el pararrayos es alcanzado, no debe tomarse en consideración, porque como ya hemos demostrado, salvo en casos extremadamente raros, no alcanza la temperatura una elevación suficiente. Por consiguiente, los calores específicos y los puntos de fusión de los tres metales no merecen tomarse en consideración, excepto probablemente en

el mismo punto en que recibe la descarga, ó sea generalmente en la punta. En rigor, únicamente el aluminio, debido á su bajo punto de fusión, es el que está más expuesto.

Para la resistencia mecánica los tres están muy aproximados, sobre todo si al cobre y al aluminio se les somete á un tratamiento mecánico apropiado.

Respecto al modo de conducirse bajo la influencia de corriente de alta frecuencia, el hierro lleva claramente la ventaja si se admite, bien entendido, que la resistencia es de desear para amortiguar las oscilaciones; no es preciso, sin embargo, olvidar que la resistencia de la conexión con tierra es generalmente de un orden de magnitud tal, que la resistencia de alta frecuencia del pararrayos de hierro es en comparación muy pequeña.

En lo que se refiere á los coeficientes de dilatación, el hierro tiene también la ventaja en presencia de una marcada desventaja para el aluminio. En fin, respecto al precio de coste del pararrayos colocado, no puede realmente señalarse grandes diferencias con cualquiera de los tres metales.

Sólo, pues, finalmente, la resistencia á la corrosión debe determinar la elección, y en esto el cobre lleva la ventaja, á pesar de que en ocasiones se destruya con rapidez desconcertante en ciertos terrenos.

Se reservará el hierro, y principalmente el aluminio, para ciertos casos especiales en que el cobre pueda ser atacado con facilidad.

Disposición de los pararrayos.—La construcción de un pararrayos presenta en la aplicación práctica una serie de dificultades que más adelante estudiaremos en detalle, pero de las que es preciso dar desde luego las soluciones de principio.

Aparte de la elección del metal, tres puntos delicados deben llamar la atención del constructor:

- 1.º Las juntas ó las ataduras ó métodos de fijación.
- 2.º La protección contra la corrosión.
- 3.º La forma de la barra y del cable de comunicación con tierra.

Juntas.—Se deberá primeramente evitar en absoluto colocar en contacto dos metales de series electromotrices opuestas, por ejemplo: cinc y cobre, cobre y hierro, etc., sin tomar grandes precauciones para proteger la junta contra la humedad, con el fin de prevenir la corrosión electrolítica.

Se cuidará de que los cables de bajada ó de comunicación con tierra estén sostenidos por argollas del mismo metal; si se fija un cable de cobre con garfios galvanizados, se comprobará que al cabo de dos ó tres años como máximo los garfios estarán completamente roídos y el cable se desprenderá del inmueble.

Por otra parte, toda junta ó acoplamiento debe asegurar un contacto eléctrico lo más perfecto posible y permanente. Si existen en número bastante grande juntas imperfectas, puede ser causa de la fusión del pararrayos; si además es insuficiente su resistencia mecánica, se corre el riesgo de que se corte el cable ó que se separe de la barra bajo el efecto de una descarga.

El sistema que parece ser más recomendable, tanto desde el punto de vista de un buen contacto como de su resistencia mecánica y de su facilidad de ejecución, es la junta á rosca de latón ó de bronce que no se corroe, aun en contacto con el hierro, y es, por lo demás, de uso corriente.

Para los cables es recomendable recurrir exclusivamente á uniones soldadas.

La barra debe fijarse sólidamente al inmueble; el modo de fijarla varía evidentemente según el género de la construcción, y es difícil dar consejos respecto á este punto; pero recordaremos lo que acabamos de decir referente á los metales de series elec-

tromotrices distintas y los fenómenos electrolíticos que fatalmente provocan.

Protección contra la corrosión.—Es frecuentemente difícil de asegurar, principalmente, cuando se trata de pararrayos instalados sobre chimeneas. Sin embargo, en este último caso en particular, se ha reconocido que el plomo es muy poco sensible á la acción del humo; se constituirá, por consiguiente, el pararrayos con cobre recubierto de una capa de protección de plomo. Al principio se produce entre ambos metales una acción electrolítica, pero se detiene muy pronto como consecuencia de la formación paralela de compuestos casi insolubles.

Barra y cable de comunicación con tierra.—Existen dos opiniones claramente opuestas: por un lado, la de la mayoría de los constructores que creen que la resistencia de alta frecuencia debe ser lo más pequeña posible, lo que conduce, por causa de los efectos de superficie, á barras de gran sección, huecas, y, por consiguiente, poco sólidas, y por otro, Sir Oliver Lodge cree que es preferible tener una gran resistencia con el fin de amortiguar las oscilaciones eléctricas, de donde un pararrayos cilíndrico y macizo.

Iguales ideas se aplican en lo que se refiere al conductor y han conducido á la utilización de una cinta, de un cable plano, de conductores retorcidos huecos, etc. Estos son sistemas que en la práctica no tienen ninguna superioridad.

Se podrá, por consiguiente, tomar una barra maciza (cilíndrica ó estrellada) y como comunicación con tierra un cable ordinario de cobre ó de cinta, según las facilidades de colocación.

VI. LAS TOMAS DE TIERRA.—La conexión con tierra de un pararrayos es de importancia capital y exige que el constructor ponga en ello el mayor cuidado. El asunto de las tomas de tierra merece, por consiguiente, un detenido estudio.

Para tener una buena tierra, la primera condición que debe llenarse es una *humedad permanente*; ésta puede encontrarse á algunos metros de profundidad, debajo de la superficie del suelo; frecuentemente varía esa profundidad según la estación del año.

En esto aparece ya una de las dificultades á resolver; demostraremos su valor haciendo observar que no se debe considerar siempre una capa de agua como constitutiva de esa humedad permanente, sin cuya condición no es una buena tierra, porque la capa puede reducirse á una simple bolsa, y si ésta está formada sobre una roca granítica, por ejemplo, ó en un terreno no poroso, estará relativamente aislada y podrá presentar una resistencia de varios millares de ohmios.

Si el terreno impermeable se halla á una cierta distancia de la superficie del suelo, la capa de humedad permanente está generalmente encima de la capa impermeable, y sucede, con frecuencia, que basta incrustar la barra á una profundidad de 6 á 10 metros (y siempre debajo de los cimientos del inmueble) para conseguir una tierra satisfactoria; algunas barras ó tubos de este género permiten obtener una resistencia comparable á la de las placas y con un precio de coste mucho menor.

Se ha preconizado algunas veces que los cables ó barras de comunicación con tierra terminen en forma de puntas, única ó múltiples, debiendo éstas facilitar el paso de la descarga á tierra; se ha defendido esta disposición por medio de argumentos que han conducido á la adopción de puntas en las terminaciones aéreas.

No parece, sin embargo, que pueda hacerse asimilación alguna por causa de la diferencia esencial de ambos centros: aire y tierra.

En efecto, en el aire la descarga se produce á través de un gas ionizado, y favoreciendo las puntas la ionización son eviden-

temente recomendables, pero en la tierra, que es un conductor electrolítico, no sucede igual; la punta en tierra no es ciertamente perjudicial, pero no añade nada á la eficacia del pararrayos.

Si cerca de la superficie de tierra aparece un banco rocoso, la capa de humedad permanente está generalmente debajo y, por consiguiente, difícil de alcanzar; si hubiese entonces que emprender obras de perforación muy costosas, podría muy bien ahorrarse este trabajo cavando sencillamente una trinchera todo lo profunda que la roca permita y enterrando en ella una barra de cobre ó de hierro galvanizado; lo mejor sería tener una trinchera y una barra continua alrededor de todo el inmueble y conectar en ella todas las bajadas de pararrayos, porque en este caso, sin que sea posible indicar la superficie que debe cubrir la citada red, puede decirse que la mayor será la mejor. Será preciso desconfiar de las acciones electrolíticas en los puntos de conexión, y para ello se podrá convenientemente cubrir dichos puntos con hormigón.

Las conducciones de agua que pasen por las proximidades inmediatas del inmueble se unirán útilmente con el pararrayos, pero se tendrá mucho cuidado de no hacer lo mismo con las canalizaciones de gas, y, por el contrario, deberá alejarse de ellas todo lo posible; si, sin embargo, no se pudiese alejar de ellas lo suficiente, sería preferible unir las al cable de comunicación con tierra, á condición de poner igualmente con tierra en distintos puntos las conducciones del inmueble, el contador, etc.

La parte de las barras de bajada incrustada en tierra deberá tener un diámetro mucho mayor que el de la parte aérea para compensar las corrosiones inevitables. Además, deberá evitarse cuidadosamente el contacto de la toma de tierra con los estercoleros, etc., bien por medio de un drenaje, bien por una capa de hormigón que descienda á un metro por bajo la superficie de la tierra y lo exceda de 45 á 50 centímetros, de modo que envuelva á la última junta aérea.

Una segunda condición que debe llenar una buena tierra es la de presentar una resistencia lo más pequeña posible; la resistencia mínima será siempre, por lo demás, de varios ohmios, y añadida á la resistencia propia del pararrayos propiamente dicho, dará una resistencia total suficiente para amortiguar las oscilaciones de la descarga.

Cuanto más pequeña sea la resistencia de la tierra, menos considerable será la caída de potencial de la descarga; ahora bien, con una corriente de 25.000 amperios y una resistencia de 15 ohmios, por ejemplo, se tendrá una caída de potencial de 375.000 voltios, que es ya excesiva.

Ahora bien, desgraciadamente sucederá con frecuencia que no podrá rebajarse la resistencia de la conexión con tierra por bajo de 15 ohmios, por lo menos sin gastos demasiado importantes; en este caso será entonces preciso desconfiar de las «descargas laterales» y no colocar los pararrayos próximos á piezas metálicas á las que no estén unidos.

Al tratar de conseguir una tierra de la menor resistencia posible se tendrán en cuenta los resultados siguientes obtenidos con la práctica ó con el cálculo:

1.º Si se aumenta el diámetro de la barra que penetra en la tierra, se reduce evidentemente la resistencia, pero la disminución no es proporcional; doblando el diámetro, por ejemplo, la resistencia no se rebaja más que en una cuarta parte, lo que permite decir que la disminución obtenida es igual á la inversa del cuadrado del diámetro, sin que, sin embargo, esta ley sea matemática.

2.º La resistencia de un cierto número de conexiones con tierra, todas idénticas y colocadas de 5 á 6 metros, por lo menos,

unas de otras, es aproximadamente inversa al número de tomas de tierra.

3.º La variación de la resistencia, en razón de la longitud de barra incrustada en tierra, sigue una ley logarítmica, que excede un valor de varios metros; en esta forma puede admitirse que, aumentando la longitud de 5 á 6 metros la resistencia decrece en $\frac{1}{6}$; aumentándola de 6 á 7, decrece en $\frac{1}{7}$, etc.

(Continuad.)

Ferrocarril directo de Madrid á Valencia.

POR

D. MANUEL BELLIDO

Ingeniero-Jefe de Caminos, Canales y Puertos

(CONCLUSIÓN) (1)

El vestíbulo de entrada tiene los despachos de billetes y de equipajes y al frente una amplia escalera para subir á los andenes.

Los equipajes facturados irán en las carretillas á lo largo de las galerías que hay debajo de dichos andenes, hasta encontrar los montacargas que los subirán al nivel de las vías.

En el centro está la oficina de Correos, que también se comunica por las mismas galerías, de modo que las sacas de la correspondencia subirán en sus carretillas por los mismos montacargas.

Con entrada independiente á la izquierda del edificio, está en la misma planta un pequeño vestíbulo que da acceso á la escalera por donde se sube á la sala de Autoridades, independiente de todas las demás del público y situada como ellas en la planta de andenes.

En el subterráneo que queda entre las dos galerías centrales se proyecta establecer las calderas para la calefacción del edificio, la central de alumbrado para toda la estación y un almacén. En el extremo de la derecha de la misma planta se disponen unos retretes y urinarios y un pequeño despacho para inspección ó consumos con puerta á la rampa que baja del muelle de llegada de mercancías.

En el vestíbulo de llegada, al que bajan los viajeros por una gran escalera, igual a la del de salida, hay departamentos para los empleados de consumos, los de Aduanas y los Carabineros, que tienen también una comunicación con la galería posterior para poder tener acceso fácil al departamento de Correos en su interior. Al lado del vestíbulo de llegada, pero con numerosas puertas al exterior, está el departamento de entrega de equipajes que bajan desde los trenes, ó por el montacargas del extremo exterior del andén recorriendo la galería subterránea, ó por el que hay en el mismo departamento de equipajes, que se utilizará en el caso de que los equipajes vengan en un furgón de cabeza que esté más próximo del testero del andén.

La planta del edificio á nivel de los andenes es de forma de T, en cuya cabeza están todos los servicios del público, á excepción de los retretes; las dos grandes escaleras que comunican con los vestíbulos terminan en los andenes de cabeza de las vías y tienen todo alrededor unas amplias galerías en las que se encuentran los puestos de periódicos y estanco, peluquería y limpiabotas; en el centro el gran salón para *restaurant* y bar, con un gran

mostrador al fondo y salida á las galerías laterales, en las que se pueden colocar veladores y sillas con vista á las escaleras y vestíbulos.

En el extremo izquierdo de la planta están las salas de espera de las tres clases con salida á la galería, y además un gran salón para Autoridades, que tiene, como ya hemos dicho, escalera independiente y ascensor. En posición simétrica, al otro extremo del edificio, está la consigna, que tiene comunicación directa con los andenes de llegada por la galería y un montacargas para bajar los bultos almacenadas á la planta inferior. Ocupando la mayor parte de este pabellón están las dependencias del servicio sanitario con sala de operaciones, enfermerías y todo lo que requiere este delicado complemento de toda explotación bien organizada.

Entre los andenes de salida y de llegada, perpendicularmente al cuerpo central del edificio, se extiende el pabellón de planta baja en que se instalan todas las dependencias de servicio de la Compañía: despachos del Jefe y Subjefe de estación, teléfono de la Compañía, telégrafo público, mozos de estación, conductores, Interventores, Inspección del movimiento, Policía é Inspección facultativa y administrativa del Estado con despachos independientes. En el mismo pabellón se instalan también los retretes públicos para señoras y caballeros con entrada por los dos andenes y la conveniente separación.

Por último, en la planta alta se habilitan las viviendas para Jefe, Subjefe y Factor principal, y además hay habitaciones con sus correspondientes servicios higiénicos para los viajeros que, habiendo de permanecer pocas horas en Valencia, prefieran dejar en ellas sus equipajes hasta la continuación de su viaje, para lo cual encuentran en la estación todos los servicios que puedan necesitar.

En el ático se instalan las cocinas, comunicadas con el comedor por montaplatos y escaleras de servicio y esta disposición aleja todo temor de que los humos puedan invadir los locales destinados al público. Al lado de las cocinas hay una pequeña vivienda para el encargado.

Estación del Grao.—Aunque fuera de desear que los trenes de viajeros con destino á otros puertos de la Península ó Baleares llegasen sin detenerse hasta los mismos muelles en que atraquen los vapores que los han de conducir, mientras á esto no se llegue y no se nos oculta la dificultad que entraña, es preciso disponer una estación de viajeros y el edificio que proyectamos para el Grao es de relativa importancia.

En la fachada que da á la calle hay una torre central que se para los servicios de salida y llegada de viajeros, á la izquierda está el vestíbulo de entrada con sus taquillas de billetes y factoría de equipajes, teniendo á su izquierda el paso á la sala de espera de 3.ª y al andén, por donde se entra a las salas de 1.ª y 2.ª, que también tienen comunicación directa con aquélla. En el extremo izquierdo de la planta se encuentran los retretes con puerta al andén, y con salida á las fachadas una pequeña sala para servicio sanitario.

En la derecha del edificio se proyectan la salida de viajeros y el vestíbulo de equipajes á la llegada, comunicando con la estancia para Policía y empleados de Consumos, que también tiene puerta al exterior. Con la debida independencia se encuentran en el mismo lado del edificio los despachos para las inspecciones del Estado, Inspección del movimiento, Interventores y Conductores.

En el centro de la planta se dispone el despacho del Jefe, el teléfono de la Compañía, la cartería, y en saliente del torreón el departamento de consigna, que también tiene comunicación con los dos vestíbulos de viajeros.

En la segunda planta, que no ocupa más que la parte central

(1) Véase el núm. 2248.