

Otro pide 8 rs. por cada metro cúbico de guijo estraido de una mina, cuyo precio seria necesario añadirlo al gasto que le ocasiona á la Administracion su estraccion, el cual teniendo en cuenta las espuestas, azadones etc. apenas llega á 4 rs. por metro cúbico estraido. Otro ha pedido que por metro cúbico de piedra medida en fragmentos sacada de una cantera *abierta por la Administracion*, en su propiedad, se le abonen 12 rs.; lo que equivale por metro cúbico sólido de roca en el terreno á 22 rs. próximamente. Añádase á esto que, siendo la piedra bastante floja y destinada al afirmado, para cada metro cúbico empleado en el firme hay que contar, cuando menos, con una sexta parte mas de piedra, y resultaria que cada metro cúbico empleado le costaria al Estado 25,26 reales solo por indemnizacion al propietario. Todo esto, sin que nadie sepa explicar por que, y siendo asi que los gastos de descubrimiento, desembroce, estraccion con pólvora etc., no ascienden á mas de 6 rs. por metro cúbico sólido, á pesar de haberse estendido la explotacion á poco número de metros cúbicos, en vista que las cuestiones originadas por ese precio han obligado á considerar como mas ventajoso el abandono de la cantera. Resultaria pues, que la piedra que se extrae á 6 rs., tiene que pagarse á 52 al pié de cantera; y por consiguiente habiendose de gastar como un metro cúbico por metro lineal á causa de ser la carretera de tercer orden, se pagarian al propietario de 25 á 50.000 rs. por kilómetro ó sea mas de la mitad del presupuesto total de la carretera por la misma unidad de longitud. Ahora bien téngase presente que la superficie de terreno que seria necesario remover para extraer esa cantidad de piedra no llegaria á 700 metros cuadrados ó sea 0,07 de hectárea, y se tendrá que si se hubiera espropiado con arreglo á ese precio, saldria un valor para la hectárea, de 557.000 ó 450.000 reales, cuando su precio corriente y tal cual exajerado es de 1.200 rs.

Creemos que con estos ejemplos hay suficiente para servir de comentario á todo lo que hemos espuesto y para que los que, llevados

de buena fé y no habiendo examinado detenidamente esta cuestion, defienden esas pretensiones, vean si defienden la justicia y la equidad ó por el contrario la explotacion, poco conveniente, tal vez inmoral, del Estado por los particulares. (1)

S.

DE LA FUERZA CENTRIFUGA

EN LOS FERRO-CARRILES

Los terribles accidentes que alguna vez suceden en los ferro-carriles, son producidos por diversas causas que no necesitamos detallar, y de los datos recogidos resulta que el 11 por 100 han sido originados por el estado de la via permanente: como esta se halla en condiciones desventajosas en las curvas por razones conocidas de todos, en ellas es tambien donde son mas frecuentes las desgracias producidas en este concepto. Si suponemos un tren en movimiento por una alineacion recta y que despues pasa á una curva, sabemos que la masa tiende á seguir la direccion rectilínea, y al hallarse obligada á separarse de ella, desarrolla una fuerza llamada centrifuga que es indispensable contrarrestar, so pena de esponerse á que adquiera tal energia que salvando ó destruyendo los obstáculos que se la presentan, produzca descarrilamientos que comprometan la vida é intereses de los pasajeros y el crédito del camino.

Aun sin necesidad de llegar á este extremo puede suceder que el reborde de la rueda se ponga en contacto con la cara lateral del *rail* exterior, dando origen á un gran rozamiento de resbaladura entre ambas superficies que las desgasta y deforma con rapidez, lo que lleva consigo gastos de bastante importancia en la reparacion del material fijo y móvil de la linea.

Tratemos, pues, de averiguar las condiciones en que se halla un tren al pasar por una curva cualquiera.

Sabemos por la mecánica que la espresion

(1) La nota final se insertará en el Número 20.

general de la fuerza centrífuga está representada por la fórmula

$$F = \frac{M V^2}{R}$$

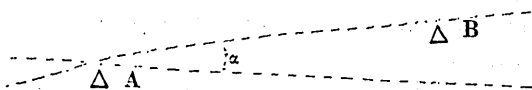
en que las letras M , R y V son la masa del cuerpo en movimiento, el radio del círculo en que se mueve, llamado radio de giro, y la velocidad en la unidad de tiempo. Si sustituimos por la masa su valor con relacion al peso que podremos conocer en cada caso, resultará

$$F = \frac{P V^2}{g R}$$

en que g representa la intensidad de la gravedad para el mismo tiempo.

La única fuerza de que puede disponerse en condiciones convenientes para neutralizar la anterior, es la de gravedad, colocando el cuerpo en movimiento de tal modo que tienda á dirigirse en sentido opuesto al que producía la primera. Esto se consigue suponiendo que en un momento cualquiera se verifique el movimiento en un plano inclinado segun aparece en la figura 1.^a donde suponemos que A y B

FIGURA 1.^a



sean los dos puntos de apoyo del cuerpo y α el ángulo que forma la línea que los une con la horizontal. El peso p del cuerpo se descompondrá en dos fuerzas, una produciendo una presión sobre los apoyos y cuya intensidad está representada por $p \cos \alpha$ y otra paralela á la línea AB y que tiende á poner en movimiento al cuerpo, cuya expresión es $p \sin \alpha$ y en el caso en que esta fuerza equilibre á la centrífuga se habrá de verificar la igualdad

$$p \sin \alpha = \frac{P V^2}{g R} \text{ ó bien } \sin \alpha = \frac{V^2}{g R} \quad (1)$$

Esta ecuación nos dice que á medida que R crece para una velocidad dada, disminuye $\sin \alpha$, reduciéndose á cero, y por lo tanto α cuando $R = \infty$, esto es, que en las alineaciones rectas deben estar los puntos de apoyo á nivel como se verifica en la práctica; que cuando R

disminuye $\sin \alpha$ aumenta y llega á ser igual á 1 cuando $R = \frac{V^2}{g}$ en cuyo caso los dos pun-

tos de apoyo A y B se hallan en la misma vertical y el cuerpo tendería á bajar por esta línea solicitado por su peso p á no hallarse neutralizado este efecto por la fuerza centrífuga.

Si multiplicamos la ecuación (1) por la distancia AB de los puntos de apoyo y que llamaremos a , el primer miembro dará su diferencia de altura y tendremos

$$a \sin \alpha = \frac{a V^2}{g R} \quad (2)$$

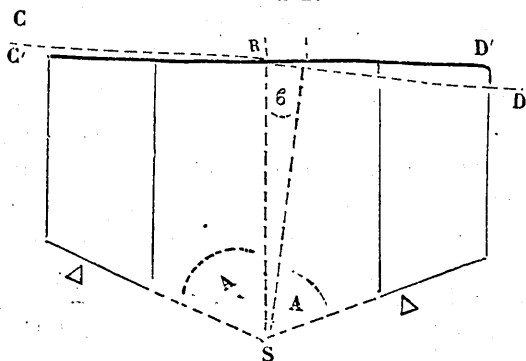
lo que nos dice que á medida que la elevación lateral aumenta desde cero en adelante, el radio de la curva disminuirá de la misma manera desde infinito; de modo que para conseguir que los valores de $a \sin \alpha$ invieran aumentos progresivos al pasar de las alineaciones rectas á las curvas, sería preciso que estas tuvieran en los puntos de tangencia radios infinitos, y esto nos conduciría á trazar curvas parabólicas cuyos ejes fueran paralelos á las alineaciones rectas inmediatas, lo que es imposible en la práctica. En su lugar se trazan ordinariamente arcos de círculo de un radio más ó menos grande, pero que siempre tienen el grave inconveniente de desarrollar desde el principio toda la fuerza centrífuga de que es capaz la masa al moverse con una velocidad dada por la curva, de modo que segun las consideraciones espuestas, habría necesidad de establecer un salto al pasar de la alineación recta á la curva para que tomando la inclinación conveniente se pudieran neutralizar los efectos de la citada fuerza. Ya decimos más adelante como puede atenuarse este inconveniente.

Como en la práctica se conocen ó dan de ante mano las mayores velocidades que han de tener los trenes en cada línea, puesto que dependen del ancho de la vía, radios de las curvas, inclinación de las rasantes, fuerza de las locomotoras y otras varias circunstancias que no son de este lugar, no aparecen por último en la ecuación (2) más que dos variables α y R y dada una podremos siempre conocer la

otra., determinando así la diferencia de altura conveniente para un radio conocido.

Esta diferencia de altura ó inclinación del cuerpo en movimiento se obtiene en la práctica por dos medios distintos que son, la conicidad de las ruedas, y la elevación del *rail* exterior de la curva. Para conocer el valor del primero supongamos que un par de ruedas se apoyan en dos *rails* de igual altura ó de nivel segun representa la figura 2 y tendremos que la fuer-

FIGURA 2.^a



za que tiende á bajar la rueda de la derecha será, conservando las mismas notaciones anteriores, $f = -\frac{p}{2} \cos \alpha'$; y la correspondiente á

la de la izquierda $f' = -\frac{p}{2} \cos \alpha''$ siendo α' y α'' los ángulos formados por las generatrices inferiores de las llantas con la vertical; luego el valor de la fuerza que tiende á poner el vehículo en su estado normal ó simétrico con relación á la vertical que pasa por su centro de figura, y prescindiendo de los rozamientos que se originan en los puntos de apoyo será

$$F' = -\frac{p}{2} (\cos \alpha' - \cos \alpha'')$$

Si llamamos A el ángulo que forman las generatrices de la llanta con el plano de simetría del cuerpo RS, y ϵ el que este forma con la vertical tendremos

$$F' = -\frac{p}{2} (\cos(A-\epsilon) - \cos(A+\epsilon)) = p \sin A \sin \epsilon \quad (5)$$

de aquí deducimos que el valor $a \sin \alpha$ representará la diferencia de nivel que hay para la distancia de los dos puntos de apoyo entre la

posición primitiva ú horizontal de una línea transversal cualquiera CD y que podremos suponer que es la proyección de los ejes de las ruedas y la subsecuente inclinada, de modo que la diferencia de altura total originada por la conicidad de las ruedas y la elevación del *rail*, representando esta última por $a \sin \alpha$ será

$$a \sin \alpha = a \sin A \sin \epsilon + a \sin \alpha \quad (4)$$

y sustituyendo este valor en la ecuación (1), tendremos

$$a \sin \alpha = \frac{a V^2}{g R} - a \sin A \sin \epsilon \quad (5)$$

Esta ecuación nos dá la elevación correspondiente del *rail* en función de la fuerza centrífuga y del ángulo ϵ , puesto que el A ya hemos visto que es constante en cada línea. El valor del ángulo ϵ depende del juego que se deje entre los *rails* y el reborde de las ruedas porque á medida que sea mayor, podrá también aumentar la inclinación del vehículo; de modo que si la fuerza centrífuga aumenta para una velocidad dada, otro tanto sucederá á la elevación total correspondiente al *rail* exterior segun la ecuación (4), y estos aumentos serán en razón inversa del radio de la curva que se considere.

En la práctica se han fijado ya por otras consideraciones, tanto el ancho de la llanta de las ruedas, que generalmente es de 0,09 metros en las locomotoras y demás vehículos, como su conicidad, que se ha adoptado en

Francia de $\frac{1}{20}$ aunque en muchos casos parece

mas conveniente aumentarla hasta $\frac{1}{10}$ como se hace á veces en Inglaterra, donde llega

á $\frac{1}{7}$ en circunstancias especiales. De todos

modos vemos que, el juego de las ruedas, y del cual depende el ángulo ϵ , se halla limitado por la primera dimensión, y de la cual solo puede tomarse una parte, pues de lo contrario pudiera llegar á apoyarse sobre el *rail* la arista exterior de la rueda, destruyendo su superficie y esponiéndose á frecuentes descarrilamientos. Teniendo en cuenta la parte de la llanta que

queda entre el punto de contacto con el rail y el reborde, resulta que solo podrá contarse para el juego con una longitud útil de 0,06 metros considerada como máximo, al que no debemos acercarnos en la práctica.

Estando formada la elevación total por dos partes distintas, según ya hemos visto, es natural que estas partes aumenten proporcionalmente; por lo tanto, podemos obtener un límite, si para el radio extremo de 500 metros que podemos fijar como mínimo, en atención a la distancia entre los ejes extremos de las locomotoras empleadas, su paralelismo y la solidaridad de las ruedas damos la separación límite de 0,056, y para este caso saldrá entre la elevación total y la producida por la conicidad de las ruedas, la relación de 20 a 1 que supondremos se conserva constantemente.

Para la primera conicidad antes indicada, el valor de $\sin A$ es 0,99875, y para la segunda 0,99503; por lo tanto difiere muy poco de la unidad, y en este supuesto podremos tomar para las aplicaciones la ecuación (5) en esta forma:

$$a \sin x = \frac{a V^2}{g R} - a \sin \epsilon.$$

Según lo que acabamos de decir $a \sin \epsilon$ representa la diferencia de altura que en una distancia igual a la de los puntos de apoyo ha producido en el vehículo la conicidad, y en virtud de la solidaridad de las ruedas y el juego indicado es justamente igual al doble de la elevación o depresión producida en una de ellas. Por lo tanto vemos, según lo espuesto, que la elevación del rail exterior es igual a la fuerza centrífuga desarrollada, multiplicada por la distancia a menos el doble de la elevación producida por la conicidad de las ruedas, cuya relación acabamos de determinar. Una vez conocida de este modo la elevación causada por la conicidad, nada más fácil que determinar el juego necesario para obtenerla, y llamando e la elevación producida en una rueda, la fórmula (5) se convertirá en

$$a \sin x = \frac{a V^2}{g R} - 2e \quad (6) *$$

* En todas estas fórmulas hemos prescindido ente-

en la cual $2e = \frac{1}{20} \frac{a V^2}{g R} = \frac{s}{c} 2j$, siendo $\frac{s}{c}$ la conicidad, y j el juego de las ruedas.

Veamos ahora qué valores tienen ordinariamente estas cantidades. La separación de los rails en nuestro país es de 1,672 metros, y como el apoyo de las ruedas se verifica a cierta distancia de las caras interiores de los primeros, podremos dar a a un valor igual a 1,70; la mayor velocidad que podemos suponer en las líneas de nuestra península teniendo en cuenta sus condiciones especiales, es por término medio de 65 kilómetros por hora; pero considerando que en las curvas debe amortiguarse algún tanto por las razones indicadas más arriba, fijaremos como velocidad máxima en las que no pasan de 500 metros de radio la de 50 kilómetros; de 55 en las que se hallan comprendidas entre los 500 y 1.000; y 60 en las que lo están entre los 1.000 y 1.500 metros de radio, correspondiendo respectivamente estas cuatro velocidades a 18,1; 15,9; 15,5; y 16,7 metros por segundo en valores aproximados, tomando además para g el que tiene en Madrid, que sabemos es de 9,80 metros: por último, ya hemos visto las conicidades generalmente adoptadas, debiendo sin embargo manifestar que si bien su aumento hasta cierto punto es conveniente para el paso de las curvas, en cambio se halla bastante limitado, porque en las alineaciones rectas da lugar a un movimiento lateral incómodo al viajero, producido por el mecanismo de la locomotora.

Conociendo por lo tanto el valor práctico de estas cantidades, sustituyéndolas en la ecuación (6), y determinando para cada radio la altura y juego correspondientes, podremos formar el siguiente cuadro en que aparecen las alturas totales, las referentes al rail exterior y el ensanche necesario según la conicidad de la rueda.

ramente de los diversos rozamientos que se originan en el paso de las curvas y que contribuyen a disminuir algo la altura del rail exterior, porque su efecto es poco sensible, obteniendo de este modo resultados que dan completa seguridad en la práctica.

RADIO de las curvas.	ALTURA total.	ELEVACION del rail exterior.	ENSANCHE PARA UNA CONICIDAD DE		OBSERVACIONES.
			$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$	
100	0,555	0,5182	0,162	0,081	Los números que aparecen en los radios de 500, 1.000 y 1.500 metros corresponden á dos velocidades distintas, estampando inmediatamente sus términos medios; pero únicamente con el objeto de que haya continuidad en los resultados del cuadro.
150	0,225	0,2119	0,111	0,055	
200	0,168	0,1596	0,084	0,042	
250	0,154	0,1275	0,067	0,034	
300	0,112	0,1064	0,056	0,028	
350	0,096	0,0912	0,048	0,024	
400	0,084	0,0808	0,042	0,021	
450	0,074	0,0705	0,037	0,018	
500	0,067	0,0637	0,033	0,016	
	0,081	0,0771	0,041	0,020	
			0,074	0,0704	
			0,057	0,018	
550	0,074	0,0705	0,057	0,018	
600	0,068	0,0646	0,054	0,017	
650	0,062	0,0589	0,051	0,015	
700	0,058	0,0551	0,029	0,014	
750	0,054	0,0515	0,027	0,013	
800	0,051	0,0482	0,025	0,012	
850	0,048	0,0456	0,024	0,012	
900	0,045	0,0428	0,023	0,011	
950	0,044	0,0418	0,022	0,011	
1.000	0,041	0,0380	0,020	0,010	
	0,048	0,0456	0,024	0,012	
			0,044	0,0418	
			0,022	0,011	
1.100	0,044	0,0418	0,022	0,011	
1.200	0,040	0,0380	0,020	0,010	
1.300	0,037	0,0352	0,018	0,009	
1.400	0,035	0,0333	0,017	0,008	
1.500	0,032	0,0304	0,016	0,008	
	0,038	0,0361	0,019	0,009	
			0,035	0,0332	
			0,017	0,008	
1.600	0,035	0,0333	0,017	0,008	
1.700	0,034	0,0325	0,017	0,008	
1.800	0,032	0,0304	0,016	0,008	
1.900	0,030	0,0285	0,015	0,007	
2.000	0,028	0,0270	0,014	0,007	

Si comparamos los resultados generales de este cuadro, y especialmente los que se refieren á curvas de grandes radios, con los que presenta Perdonnet en su obra titulada *Traité élémentaire des chemins de fer* referentes á las alturas y separaciones adoptadas en Baviera, parecerán algo exagerados los primeros; pero no lo son en realidad, porque las cantidades que entran en la fórmula (6) no son las mismas en ambos casos. Hemos dicho anteriormente que el ancho de la vía en España es de 1,672 metros, al paso que en Baviera es de 1,456, de modo que solo por este concepto la altura obtenida para el rail debe disminuir en este país á igualdad de las demás circunstancias. Siendo por regla general bastante accidentado el terreno en toda la Alemania, ha sido preciso dejar cierta amplitud á las condiciones del establecimiento de las líneas férreas, viéndose con frecuencia curvas de 550 metros de radio, y aun menores en casos excepcionales, con rasantes al 1, 2 y hasta 2,5 por 100, lo que lleva consigo, aparte de otras desventajas, la reducción de la velocidad en la

marcha. Segun el Ingeniero Mr. Crawford, la mayor velocidad media de los trenes espresos es de 56 kilómetros por hora, pero como en las curvas será necesario amortiguarla, vendremos á deducir que es bastante menor de las que hemos adoptado para la formacion del cuadro anterior, y entrando la velocidad en la fórmula, elevada al cuadrado, su influencia es muy notable en el valor de la elevacion del *rail* exterior. Por último, sabemos que la intensidad de la gravedad aumenta desde el ecuador á los polos, variando con el cuadrado del coseno de la latitud del lugar, siendo por lo tanto mayor su valor en Alemania que en nuestra península. Todas estas diferencias conspiran al mismo objeto haciendo que el valor de $a \sin x$ de la fórmula (6) aparezca por punto general menor en Baviera que en España.

Segun la fórmula (6) y el cuadro anterior que es su consecuencia, la elevacion del *rail* debe ser constante en toda la amplitud de la curva que se considere, y como ya hemos visto, y se deduce de la misma fórmula, que la elevacion en las alineaciones rectas inmediatas debe ser nula, resulta que habria de admitirse un salto al pasar de unas á otras, cosa imposible de todo punto en la práctica. Lo que se hace en este caso para evitar este grave inconveniente es dar al *rail* en la alineacion recta y á una cierta distancia antes de la curva, la inclinacion necesaria para que al llegar al punto de tangencia tenga ya una altura poco menor que la correspondiente con arreglo á la fórmula consiguiendo de esta manera que la generatriz que se apoye sobre la cabeza de los *rails* en direccion normal á la via, la cual formaba primero un plano, no pase bruscamente á describir un cono en la curva, al que no puede ser tangente, enlazando por el contrario estas superficies por otra alaveada.

Es inútil advertir que la máxima velocidad de que es susceptible un tren en una linea férrea, no la conserva en toda su longitud, habiendo ciertos puntos, como las estaciones, por ejemplo, en los cuales necesita amortiguarla. En este caso serian exagerados los números que aparecen en el cuadro anterior y

convendria calcularlos directamente por la fórmula (6), teniendo en cuenta esta circunstancia. Otro tanto decimos para el caso en que la máxima velocidad adoptada en una linea no llegue ó esceda á la que hemos fijado anteriormente; pero sin embargo parece lo mas natural examinar el caso mas desfavorable y en el que los riesgos son mayores, como sucede en las grandes velocidades para evitar los inminentes peligros y accidentes á que pudiera dar lugar, y esto es lo que hemos practicado ateniéndonos á las circunstancias ordinarias de nuestro pais.

Vemos, pues, que así la altura como la separacion del *rail* exterior en las curvas, están determinadas por el valor de las cantidades que entran en la fórmula (6), y por mas que todas las consideraciones espuestas se refieran á un detalle de construccion, de no grande importancia á primera vista, no deben por eso aceptarse en la práctica los resultados obtenidos por la esperiencia, segun indica Mr. Perdonnet en su obra citada, puesto que prescindiendo de su empirismo, las circunstancias en que se obtienen varian notablemente de un pais á otro, y esto pudiera alguna vez ocasionar grandes é irreparables desgracias.

JOSÉ A. REBOLLEDO.

COMPAS DE REDUCCION

El compas de reducir muy conocido y cuya aplicacion es importante por que siempre ha de conceptuarse delicada la reduccion de planos, merece una particular atencion. Su uso, no es nuevo como sabemos, pero siendo su construccion esmerada, aconsejariamos á los constructores que la confeccion se hiciera con todo rigor, dandoles mayores dimensiones á fin de aproximarse á la exactitud que se requiere en su empleo.

Sabemos, que el instrumento se compone de dos brazos A D, B C, (figura 1.ª) que se cruzan en un punto O, que es el de giro del compas.