

# MEMORIA

RELATIVA AL

## ESTUDIO DEL FERROCARRIL DE CURANILAHUE A YANE

estudio del trazado de la ruta, presupuesto de construcción, estudio del equipo i de la explotación, de la provisión de agua para las locomotoras i cálculo estático de un puente ferroviario sobre el río Curanilahue,

PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

POR EL ALUMNO

CARLOS LANAS

---

(Continuacion)

*La lubricación central* de válvulas i cilindros es una necesidad que debe satisfacerse en las locomotoras modernas. Entre las excelentes disposiciones o aparatos hemos elegido el de «Linon, Fluhme», por ser un tipo que hemos visto funcionar con éxito.

### El material rodante

La elección del equipo merece algunas consideraciones técnicas. Las especificaciones generales establecidas para los vagones carboneros son las siguientes:

*Carros con dos ejes con tara de 4-5 toneladas i capacidad de carga de 8-10 toneladas*

Trocha 1 m;

Distancia entre los ejes 2300 mm, si la distancia es mayor, los ejes serán móviles;

Longitud del carro sin topes, 4500 mm;

Anchura del carro, 2300-2500 mm;

Altura de la plataforma, s. cabeza de riel, 900 mm;

Altura del centro del tope, s. cabeza de riel, 762 mm;

Acoplamiento del gancho semi-automático;

Tope central;

Freno de mano, zapatas de hierro colado;

Cadenas;

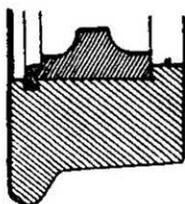
Los carros serán de cajón con obra muerta de madera. Los frenos serán móviles i en los lados habrán puertas de descarga.

El peso propio del carro será igual a la mitad de la capacidad de carga;

Las cajas graseras serán para engrase de aceite. Patente Kórbuly;

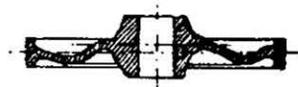
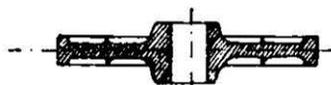
Peso máximo por eje, 8 000 kg;

Ruedas de disco, forjadas o moldeadas o laminadas, sistema Krupp de envoltura;



Llantas de acero Siemens-Martin con talón i ajustables a la rueda con un cerco de acero rebatido sobre una ranura, según las normas prusianas.

*Carros con cuatro ejes con tara de 8-10 toneladas i capacidad de carga de 16-20 toneladas.*



Trocha, enganche, altura del tope, tope central, anchura de carro, cajas graseras, ruedas i llantas, altura de la plataforma, freno de mano, paredes de frente desmontables como en los carros de dos ejes;

Trucks sistema Diamond de la fábrica Fried. A. Krupp Essen;

Lonjitud del carro, 9000-10000 mm sin topes;

Cadenas;

Bastidor de acero comprimido;

Peso propio igual a la mitad de la capacidad de carga.

En jeneral deben tener los carros una tara a lo ménos igual a la mitad de su capacidad de carga. Las características en este sentido del material rodante de los Ferrocarriles de Antofagasta a Bolivia, de Aguas Blancas i del de trocha de 1 m del Estado son mui interesantes i muestran diferencias dignas de anotar:

Ferrocarril de Aguas Blancas:

	Tipo de carro	Tara	Capacidad
Carro góndola Krupp (de acero comprimido)	4 ejes	7 000 kg.	21 000 kg

## Ferrocarril de Antofagasta:

	Tipo de carro	Tara	Capacidad
Coches mistos.....	4 ejes	11 000 kg.	40 pasajeros
» equipajes (correo).....	4 »	7 500 »	16 000 kg
» » » .....	2 »	3 700 »	7 000 »
» bodegas.....	4 »	7 300 »	20 000 »
» » .....	4 »	7 600 »	16 000 »
Coches bodegas.....	4 ejes	7 700 kg	12 000 kg
» góndolas.....	4 »	7 400 »	16 000 »
» » .....	4 »	6 200 »	20 000 »
Carros cajon .....	2 »	2 900 »	7 000 »
» planos.....	4 »	5 600 »	20 000 »
» » .....	4 »	6 000 »	16 000 »
» » .....	4 »	6 400 »	20 000 »

Estos dos ferrocarriles tienen una trocha de 30 pulgadas o 0,762 m. Los datos precedentes son tomados de un artículo de Ehlers & Lanás, «Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia», publicado en los ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE, el 15 de Junio de 1907.

## Ferrocarriles del Estado:

	Tipo de carro	Tara	Capacidad
Coche pasajero de primera clase.	4 ejes	12 000 kg	28 pasajeros
» » » tercera »	4 »	12 000 »	50 »
» equipaje i correo.....	4 »	12 000 »	16 000 kg o 20 pasaj. de 1. <sup>a</sup> i 30 pasaj. de 2. <sup>a</sup>
Carro de reja.....	4 »	11 000 »	12 000 kg
» plano .....	4 »	7 500 »	12 000 »
» de reja.....	2 »	7 500 »	2 000 »
» bodega.....	2 »	8 000 »	8 000 »
» cajon.....	2 »	6 000 »	8 000 »

Se observa en jeneral una relacion entre la tara i la capacidad de 1 : 3 i hasta cerca de 1 : 4 en los ferrocarriles particulares del norte de trocha de 0,762 m; los ferrocarriles del Estado de 1 m de trocha tienen una relacion bastante mas desfavorable por su peso muerto excesivo.

Para Curanilahue bastaría una relacion entre el peso muerto del equipo i de la

capacidad de carga de 1 : 2 i si algunas fábricas pudieran ofrecer equipo con esta relacion o de 1 : 2½ ya seria esto mui ventajoso.

No debe olvidarse, que el salitre, que es la carga principal de los ferrocarriles del norte, es una carga mui concentrada i de gran peso específico. El carro góndola que carga 20 000 kg de salitre lleva en jeneral 10-12 000 kg de carbon i los carros que cargan en salitre 7 toneladas llevan 5-6 toneladas de carbon. Esto significa, que para una carga de menor peso específico o de mayor volúmen, no se aprovecha la capacidad efectiva del carro, sin esponerlo a inestabilidad.

Las consideraciones precedentes son las que inducen a contentarse con la relacion de 1 : 2 entre tara i capacidad para el ferrocarril en proyecto de Curanilahue a Yane, que será en primer lugar un ferrocarril carbonifero (carbonero).

Para el trasporte de carbon pueden estudiarse varios tipos de carros, cuyas particularidades están estrictamente subordinadas al método de desembarque en Caleta Yane.

El carro de cajon de 2 ejes (de 8-10 toneladas de capacidad) es práctico por su solidez i manualidad, se presta admirablemente para la descarga en un malecon o muelle sobre una plataforma, que tumba el carro hácia adelante i lo vacie entero. Tambien el carro cajon o góndola de 4 ejes (de 16-20 toneladas de capacidad) es práctico, aunque no tan cómodo i sólido como el anterior para vaciarlo del mismo modo.

En muelles con *buzones* tendria que hacerse la descarga a pala para ambos tipos. Mas prácticos resultan para la descarga dentro de buzones carros con fondo en forma de lomo de buei, que descargan automáticamente hácia los lados o con sopapa de fondo, que descargan entre los rieles.

Los carros especiales con descarga automática a los lados o entre los rieles, son en jeneral de acero, mui caros i no tienen otra aplicacion que para el objeto con que han sido contruidos. Es cierto que la descarga automática casi instantánea i aun dirigida desde la locomotora tiene grandes ventajas, pero tienen tambien el defecto de su especialidad, peso excesivo, gran costo e inservibilidad para carga de retorno, como ser bultos surtidos etc.

En Europa son carros de 2 ejes los que son dedicados al trasporte de carbon. Los carros tipos belgas de 3 i 4 ejes con capacidad de 20 i 30 toneladas han sido abandonados en Alemania e Inglaterra por ser mui pesados i poco manuales.

En Curanilahue tendrá forzosamente que adoptarse á lo ménos para la mitad o tres cuartas partes del equipo el carro de cuatro ruedas (o dos ejes). Los carros góndolas de 4 ejes son favorables para el paso de las curvas fuertes, debido a los trucks i ahorran palanqueros i el número de instalaciones para frenos automáticos se reduce tambien por ser menor el número de carros debido a la capacidad doble en comparacion con los de dos ejes.

Del carro plano de 4 ejes se desarrolla el carro góndola o de cajon, de reja, de bodega, de equipaje i de pasajeros con solo la obra muerta. Es por lo tanto el que presenta mayor número de ventajas.

Cada ferrocarril debe tender a la normalizacion de su equipo e introducir dentro de su parque de material rodante el menor número posible de tipos. Esta normalizacion no debe estenderse hasta las locomotoras, por ser éstas, por su número reducido i demas condiciones técnicas, individualidades que se perfeccionan constantemente.

La normalizacion debe abarcar sobre todo el material espuesto al desgaste como ser, llantas, ejes, ruedas, cajas graseras, resortes, topes, acoplamientos, guardas para las cajas graseras etc. Sólo así puede tenerse siempre repuestos en almacenes i se alivia el trabajo de maestranza i se evitan complicaciones i retardos en las composuras, etc.

Es una fuente de economía en la traccion la normalizacion mas estricta de los materiales enumerados.

### Freno automático Körting

Las velocidades que hemos propuesto para la explotacion varian segun las gradientes i el sentido del tráfico entre 16 i 35 km por hora. Para estas velocidades en pendientes de 1,9 i 3% prescriben las direcciones de ferrocarriles europeos que el 40% por ciento de los carros debe ir provisto de palancas o frenos.

En América se descuidan a menudo estos detalles que son de Reglamento en Europa. Los ferrocarriles salitrosos tienen todos frenos de mano debido a la frecuente composicion (formacion) i descomposicion de los trenes en las diferentes oficinas. En este caso mal podria implantarse el freno continuo, por tener que acoplar i desacoplar casi en cada estacion, demorando las maniobras. Los frenos continuos, que se habian implantado en el ferrocarril de Tarapacá fueron suprimidos mas tarde.

En el ferrocarril de Curanilahue a Yane irán los convoyes completos hasta el puerto, de modo que un freno continuo no sólo seria práctico sino tambien económico i obligatorio por la gran velocidad de marcha de los trenes.

El freno Westinghouse tiene el inconveniente de ser algo costoso, sobre todo en su instalacion en los carros. Siguiendo la práctica de los ferrocarriles secundarios en Alemania, hemos propuesto un freno continuo automático Vacuum i entre éstos el sistema Körting.

Como el ferrocarril de Curanilahue es rejional i no tiene por el momento conexion con ningun otro de igual trocha, no creemos ver inconveniente en adoptar el freno Körting, que para velocidades hasta de 40 km por hora es completamente seguro i eficaz.

Siendo el freno Körting bastante conocido, no esplicaremos sus detalles i manera de funcionar.

### Determinacion del esfuerzo máximo de traccion

La determinacion del esfuerzo de traccion máximo es el dato indispensable para poder fijar para una línea, con un tipo de locomotora elejido, el tren mas pesado que pueda traficar.

El esfuerzo de traccion desarrollado por una locomotora debe ser *a lo ménos* igual a las sumas de resistencias que opone el tren a la marcha con cierta velocidad. Pueden dividirse estas resistencias en tres categorías:

1.º *La resistencia en una recta horizontal.*—Esta depende de varios factores, primero del rozamiento entre la llanta de las ruedas i el riel, lo que es variable segun el estado atmosférico; despues del rozamiento entre el muñon del eje dentro de la caja grasera. Este factor es mas constante i depende del estado de la caja grasera, cuya tapa debe ser hermética i de la clase de engrase. Finalmente tiene una importancia la velocidad de marcha del tren, i es de interes para los trenes espesos conocer este coeficiente. Para trenes con velocidades hasta 30 km no influye gran cosa. Finalmente hai que considerar una resistencia especial para las locomotoras, que, debido a su mecanismo, es superior en la unidad, que en los carros ordinarios. La resistencia considera el número de ejes acoplados.

La resistencia se considera en jeneral para una unidad que es la tonelada de peso bruto del tren i como la resistencia crece en proporcion directa con el peso del convoi, debe multiplicarse el número correspondiente a la resistencia total por la unidad de una tonelada, con el número de toneladas que pesa el tren.

Las fórmulas que existen en gran número son todas empíricas i el desarrollo de sus fundamentos no tiene para el caso presente ningun objeto práctico. Las fórmulas adoptadas en Alemania desde el año 1906, serán tambien las que servirán para nuestros cálculos.

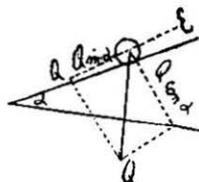
2.º *La resistencia en las curvas.*—Una vez determinado el valor en la línea recta horizontal, debe considerarse el aumento de la resistencia al paso por curvas. Esta resistencia debe sumarse a la anterior, obteniendo con la suma la resistencia de un tren sobre una horizontal en curva. Tambien este dato se determina con fórmulas empíricas. Con el empleo de ejes con desplazamientos trasversales u orientacion radial en las curvas, trucks, bases ríjidas de acuerdo con el radio menor de las curvas, peraltes, ensanchamiento de la vía i enlaces con parábolas cúbicas, han disminuido en mucho el valor que se asignaba ántes a esta resistencia.

3.º *La resistencia en las gradientes.*—Si ahora pasa un tren de la línea horizontal a una curva que se encuentre en gradiente, tenemos una nueva resistencia que considerar; pues es obvio, que la locomotora tendrá que hacer un esfuerzo para subir el tren sobre un plano inclinado. La subida se espresa por la tanjente del ángulo que forma en su vértice la horizontal con la línea inclinada. Esta subida (o bajada) se es-

presa en jeneral en mm de subida por m lineal horizontal; es decir en milésimos de la lonjitud horizontal.

$$Q = E = Q \sin \alpha + Q \cos \alpha.$$

Segun la figura es el esfuerzo de traccion  $E$  igual a la resistencia  $R (g)$  sin consideracion de las resistencias 1.º i 2.º



$$E = Q \sin \alpha + Q \cos \alpha = Q (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

Como el ángulo  $\alpha$  es mui pequeño aun en gradientes fuertes, puede substituirse  $\operatorname{tg} \alpha$  en lugar de  $\sin \alpha$  i como  $\cos \alpha = 1$  aproximadamente se reduce la fórmula a  $E = \operatorname{tg} \alpha$ ;  $\operatorname{tg} = g =$  gradiente en milésimos (mm) tendremos que  $E =$  resistencia  $= g$  por tonelada de peso del tren, o en palabras, que la resistencia por la tonelada de peso de tren es igual a tantos kg como mm por m sube la gradiente.

Las resistencias 1.º i 2.º son siempre positivas i solo la 6.ª tiene varios signos, pues es positivo en gradientes i negativa en pendientes debiéndose destruir esta resistencia negativa con los frenos.

Entre las fórmulas empleadas mencionaremos las de tres autores. Las fórmulas dadas por Henschel & Sohn tienen la ventaja de ser mui prácticas, permiten un cálculo mental i no hacen diferencia entre las resistencias en la recta horizontal de locomotoras i carros por cuanto que el coeficiente es bastante subido.

La fórmula sirve para trocha de 1,435 m.

La resistencia total en kg por 1 tonelada es igual a:

$R$  se compone de las resistencias;

$r (h)$  en la recta horizontal, mas;

$r (c)$  en las curvas;

$r (g)$  en las gradientes, teniendo una forma:

$R = r (h) + r (c) + r (g)$  igual a:

$$R = 2,5 + 0,001 v^2 + \frac{600}{r} + g \text{ en kg por tonelada.}$$

En esta fórmula es:

$v =$  velocidad en km por hora

$g =$  gradiente en mm por metro lineal

$r =$  radio de la curva

Los datos son válidos para trocha de 1,435 m.

Las fórmulas de Goering, profesor de ferrocarriles en la Escuela Politécnica de Berlin-Charlottenburg, son algo mas completas i se espresan en el cuadro siguiente:

RESISTENCIA PARA DIFERENTES TROCHAS EN KG. POR TONELADA

(Goering, Taschenbuch der Hütte.—18 Auflage. 2902.)

Trocha en mm	r (h) para carros	r (h) para locomotores	r (c)	r (g)
1 000	$2,6 + 0,0003 v^2$	$2,7\sqrt{a} + 0,0015 v^2$	$400 : (r-20)$	g
750	$2,7 + 0,0002 v^2$	$2,8\sqrt{a} + 0,001 v^2$	$350 : (r-10)$	g
600	$2,8 + 0,0002 v^2$	$2,9\sqrt{a} + 0,0008 v^2$	$200 : (r- 5)$	g

Estas fórmulas rijen para trochas de 1 000-600 m.

Para la trocha normal Europea de 1,435 m que puede valer tambien para la de 1,680 m sirven las siguientes fórmulas:

$$2,5 + x v^2 \quad | \quad 2,6\sqrt{a} + x_1 v^2 \quad | \quad 650 : (r-60) \quad 500 : (r-30) \quad | \quad g$$

En estas fórmulas significa:

v = velocidad en km por hora;

a = el número de ejes acoplado de la locomotora;

r = el radio de la curva;

g = la gradiente en mm por metro lineal

x = 0,00052 para trenes de carga de composicion ordinaria, es decir de carros cajones, planos i bodegas.

x = 0,00026 para carros cargados abiertos, de cajon o planos;

x = 0,00040 para trenes ordinarios o espesos con vehículos livianos;

x = 0,00014 para espesos con carros o coches pesados;

x<sub>2</sub> = 0,0023 para locomotoras de carga con tres ejes acoplados;

x<sub>2</sub> = 0,0016 para locomotoras de trenes de pasajeros con dos ejes acoplados;

a = el número de ejes acoplados de una locomotora.

Debe agregarse que para trochas menores de 1,435 m las esperiencias para establecer fórmulas empíricas no son aun mui abundantes.

Las fórmulas de Blun & Borries publicadas en su gran obra sobre ferrocarriles: «Linienführung und Bahngestaltung, 1906, son las que siguen:

LA RESISTENCIA POR TONELADA EN KILÓGRAMOS ASCIENDE:

Para trocha de:	EN RECTA HORIZONTAL		EN CURVAS	EN GRADIENTES Y PENDIENTES
	Para carros	Para locomotoras		
1,435 mm	$1,5 + 0,0010 v^2$	$3 \sqrt{a} + 0,0015 v^2$	$\frac{+600}{r-50}$	$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} g$
1,000 »	$1,7 + 0,0013 v^2$	$3 \sqrt{a} + 0,002 v^2$	$\frac{+400}{r-25}$	$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} g$
750 »	$2,0 + 0,0015 v^2$	$3 \sqrt{a} + 0,0025 v^2$	$\frac{+300}{r-10}$	$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} g$
600 »	$2,2 + 0,0017 v^2$	$3 \sqrt{a} + 0,0030 v^2$	$\frac{+200}{r-5}$	$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} g$

En estas fórmulas significa:

v = velocidad en km por hora

a = el número de ejes acoplados de la locomotora;

r = el radio de las curvas;

g = la gradiente en mm por metro lineal horizontal.

Esta última fórmula que es algo mas favorable que la primera de Henschel & Sohn pero algo ménos desfavorable que la de Goering, es la que hemos adoptado para nuestros cálculos.

Con estas fórmulas puede determinarse el tren mas pesado que podria traficar en sentido de Curanilahue a Caleta Yane. Tenemos el caso de una locomotora elejida a priori, cuyas características recordaremos aquí.

## LOCOMOTORA DE 3/4 EJES ACOPLADOS, LOCOMOTORA TENDER

Peso en servicio sobre los ejes motores .....	36 toneladas
Peso del eje portador.....	6 „
	—————
Peso total en servicio .....	42 „
Diámetro de las ruedas motrices.....	950 milímetros
Diámetro del cilindro.....	410 „
Carrera del piston .....	500 „

El esfuerzo de tracción máximo era según los datos de la fábrica 6 000 kg i según la fórmula:

$$E = \frac{0,6 \times d^2 \times h \times p}{D} = 6\,052 \text{ kg (6\,000 dados por la fábrica)}$$

en que

- E = esfuerzo de tracción en kg  
d = diámetro de los cilindros en cm (simple expansion)  
p = la presión en caldero según timbre en kg  
D = diámetro de las ruedas motrices en m  
h = carrera del piston en m

El tráfico debe hacerse de Curanilahue a Yane con trenes cargados de carbon, que vuelven vacíos. Examinados los elementos comprendidos entre las diferentes estaciones en cuanto a gradientes i curvas, tenemos, entre Curanilahue i Sanfurgo:

	Resistencia por tonelada en kg	
	Locomotoras	Carros
Gradiente máxima 19 mm por metro lineal .....	19	19
Curva de menor radio: 100 m .....		
$\left( \frac{400}{r-25} = \frac{400}{75} = 5,3 \text{ kg} \right)$ .....	5,3	5,3

Resistencia en la recta horizontal:

$(3 \sqrt{3} + 0,002 \times v^2) = 3 \sqrt{3} + 0,002 \times 400) \dots\dots\dots$	5,19	
$1,7 - 0,0013 v^2 - 1,7 - 0,0013 \times 400 \dots\dots\dots$		2,22
Total.....	29,49	26,52
	29,5	26,5

Se ha adoptado una velocidad en la gradiente mas fuerte de 16 km por hora. En los trechos en que se empleará mayor velocidad existen gradientes mucho menores i en jeneral las velocidades mayores han sido aplicadas en las bajadas, de modo que el dato empleado en el cálculo de una velocidad de 20 km por hora es justificado. Además una velocidad de 30 km por hora no influiria mucho, como se podria justificar por el cálculo.

Como hemos partido del esfuerzo de traccion de una locomotora que pesa en servicio 42 000 kg i que asciende a 6 000 kg, tenemos que deducir algunos datos de las resistencias por unidad calculadas. La locomotora consume desde luego  $42 \times 29,5 = 1\ 239$  kg.

Restando del esfuerzo máximo de la locomotora que es igual a.....	6 000	kilógramos
los.....	1 239	»
quedan útiles.....	4 761	»

que permiten movilizar un tren de  $4\ 761 : 26,5 = 180$  toneladas, de modo que la locomotora podria remolcar un tren de 180 toneladas brutas.

Como en el estudio correspondiente al equipo habíamos fijado a este último un peso muerto igual a  $\frac{1}{3}$  del bruto, tendríamos que entre Curanilahue i Sanfurgo podrian correr trenes con peso bruto de 180 toneladas (120 de carbon i 60 de peso muerto).

Entre Sanfurgo i Villa-Alegre tenemos los siguientes datos para calcular las resistencias respectivas:

	Locomotoras	Carros
Gradiente 15 mm por metro lineal .....	15 kg	15 kg
Curva .....	5,3 »	5,3 »
En recta horizontal.....	5,19 »	2,22 »
	25,49 kg	22,52 kg
	25,5 »	22,5 »

En este trecho podrian remolcarse trenes de 218 toneladas brutas o sean 73 toneladas en peso muerto i 145 de carbon.

Existe el propósito de ayudar con remolque a los trenes entre Curanilahue i Sanfurgo o bien formar i armar los trenes en esta última estacion. Podria tomarse como tren tipo el de capacidad de 145 toneladas netas de carbon. Con 7 trenes diarios se trasportarian así  $7 \times 145 = 1\ 025$  toneladas de carbon en 12 horas, lo que es ya una suma mui considerable para sólo 7 trenes.

Ahora conviene examinar si la locomotora podria arrastrar de Yane a Curanilahue el convoi de carros vacíos i si queda un exceso de fuerza de traccion para aprovecharlo en carga de retorno.

Entre las estaciones de Quiapo i Matamala tenemos:

	Resistencias para:	
	locomotoras	carros
Gradiente: 30 mm por metro lineal.....	30 kg	30 kg
Curva de 100 m de radio.....	5,3 »	5,3 »
En recta horizontal.....	5,19 »	2,22 »
Suman las resistencias en kg por tonelada.	40,5 kg	37,5 kg

La locomotora con un peso de servicio de 42 toneladas consume en esfuerzo de traccion  $42 \times 40,5 = 1\ 701$  kg.

Quedan  $6\ 000 - 1\ 701 = 4\ 299$  kg aprovechables para el arrastre de equipo vacío.

$\frac{4\ 299}{37,5} = 115$ toneladas i como el equipo pesaba.....	73 toneladas
segun se fijó mas arriba, quedan.....	42 »

de exceso para carga de retorno, lo que es mui aceptable, llegando a ser esta cifra un poco ménos que un tercio de la capacidad de los carros vacíos.

La locomotora puede arrastrar, por consiguiente:

De Curanilahue a Yane 180 ton. brutas (60 ton. peso muerto i 120. ton de carbon)	
De Sanfurgo a Yane.... 218 » » (73 » » » 125 » » » )	
De Yane a Curanilahue 115 » » (73 » » » 42 carg. de retor.	

La carga de 42 toneladas de retorno es probable, i con esto trabajará la locomotora económicamente, puesto que se aprovechará toda su fuerza de arrastre.

Consideremos ahora un tráfico de 7 trenes diarios en cada sentido, lo que equivaldria a una movilizacion de carga de:

	Bruta	Neta
Curanilahue a Yane..	1 536 toneladas diarias	1 025 toneladas diarias
Yane a Curanilahue..	805   »   »	224   »   »
Totales.....	2 341 toneladas diarias	1 249 toneladas diarias

Segun nuestro proyecto los trenes saldrán de Curanilahue i tendrán rémolque hasta Sanfurgo, km 5,040.

CUADRO DE LAS GRADIENTES MEDIAS ENTRE LAS DIFERENTES ESTACIONES I LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DE SUBIDA I DE BAJADA.

ESTACIONES	Distancia parcial	Gradiente media	Curva menor	Velocidad en km por hora	
				Subida	Bajada
	m	%	m	km	km
Curanilahue-Sanfurgo..	5 040	1,6 sub.	100	18	20
Sanfurgo-Villa-Alegre ..	8 560	0,4 »	100	18	30
Villa Alegre Matamala.	8 200	0,07 »	100	20	20
Matamala-Quiapo.....	9 100	2,14 baj.	100	18	20
Quiapo-Locoe ..... ..	4 100	0,04 »	300	35	35
Locoe Yane.....	11 600	0,08 »	100	35	35

## VELOCIDADES I TIEMPOS EMPLEADOS

ESTACIONES	Distancias parciales	Velocidad en km por hora				Tiempo empleado en la	
		Bajada		Subida		Bajada	Subida
		x	y	x	y		
Curanilahue-Sanfurgo ..	5 040 m	20-18 km	18-16 km	0 h 17 m	0 h 19 m		
Sanfurgo-Villa-Alegre ..	8 560 »	30-28 »	20-18 »	0 h 18 »	0 h 32 »		
Villa-Alegre-Mutamala..	8 200 »	20-18 »	20-18 »	0 h 27 »	0 h 27 »		
Matamala-Quiapo.....	9 100 »	20-18 »	18-16 »	0 h 30 »	0 h 34 »		
Quiapo-Locoe .....	4 100 »	35-33 »	35-33 »	0 h 08 »	0 h 08 »		
Locoe-Yane. ....	11 600 »	35-33 »	35-33 »	0 h 21 »	0 h 21 »		

x significa velocidad máxima en el trayecto, i

y » » media » »

El viaje de Curanilahue a Yane durará (sin contar paradas) .....2 h 17 m

El viaje de Yane a Curanilahue durará ( » » » ) .....2 h 05 m

Los tiempos calculados se entienden naturalmente sin las paradas necesarias en las estaciones, que se determinarían por las exigencias del tráfico, cruzamientos de trenes, etc.

### Determinación del consumo de agua i de carbon

Es de gran importancia para la ubicación de las aguadas el saber cómo será probablemente el consumo de agua en el servicio, i debe, para este objeto, considerarse ámbos sentidos de tráfico, el de Curanilahue a Yane i el de Yane a Curanilahue.

Parecería al primer momento lógico valerse de la gradiente media dentro de la distancia entre dos estaciones para fijar el esfuerzo en HP de la locomotora, pero un perfil longitudinal como el del ferrocarril en cuestión, que muestra un gran número de gradientes i contragradientes en un trecho entre estaciones, de modo que un resultado basado en un gradiente media sería a todas luces optimista i por lo tanto quedaría bajo de la realidad.

La gradiente máxima por ejemplo, da un resultado, sin duda alguna, abultado,



cada HP desarrollado un consumo de agua o de vapor de 10-12 kg por HP hora i para desarrollar un HP vapor hora se necesita con carbon de 6 000 calorías (2 kg)

Para nuestros cálculos tendremos:

12 kg de vapor por HP hora

2 » de carbon » » la relacion vapor: Carbon 6 : 1.

El desarrollo en HP — N de una locomotora para un trabajo dado se establece fácilmente por medio de la fórmula:

$$\text{HP} = \text{N} \frac{\text{Esfuerzo de traccion} \times \text{Velocidad por segundo (en m)}}{75}$$

Considerando un tráfico en el sentido de Curanilahue a Yane, tendríamos:

Peso de la locomotora .....	42 toneladas
» bruto del tren .....	218 »

Entre Curanilahue i Sanfurgo es el esfuerzo máximo de traccion:

29,5 kg para la locomotora	$42 \times 29,5 = 1\ 239$ kg
26,5 kg para el tren	$218 \times 26,5 = 5\ 777$ kg
Esfuerzo total.....	<u>6 916</u> kg

Como la locomotora de explotacion no tiene sino un esfuerzo máximo de traccion igual a 6 000 kg, resulta que para los restantes 916 kg necesarios debe prestar sus servicios la locomotora de remolque.

La velocidad comercial de subida en el trecho de Curanilahue a Sanfurgo es de 16 km por hora, resultando la fórmula:

$$\text{N} = \frac{6\ 916 \times 16\ 000}{75 \times 60 \times 60} = \frac{6\ 916 \times 16}{270} = 410 \text{ HP}$$

La caldera de la locomotora no desarrolla sino vapor para  $91 \times 4 = 364$  HP; el exceso teórico de 46 HP, que en la práctica será algo mas por tener que considerar tambien el peso propio de la locomotora de remolque (25 toneladas) i pérdidas de enerjía, serán desarrolladas por las calderas de la máquina de remolque.

Entre Sanfurgo i Villa Alegre es el esfuerzo máximo de traccion.

25,5 kg para la locomotora	$42 = 25,5 = 1\ 071$ kg
22,5 kg para el tren	$218 = 22,5 = 4\ 905$ kg
Esfuerzo total.....	5 976 kg

La velocidad comercial en este trecho es de 16 km por hora; tendríamos la fórmula:

$$N = \frac{5\ 976 \times 16}{270} = 354 \text{ HP}$$

Entre Villa-Alegre y Matamala existen gradientes i contragradientes entre las cuales tenemos una corta gradiente con 1,5%. Esta gradiente exige igual N que en el trecho anterior, pero como es muy corta se ha adoptado una marcha comercial para el trecho, de 18 km por hora, de modo que en la gradiente de 1,5% la velocidad sea 16 km i en las bajadas mayor de 18 km, hasta obtener la velocidad fijada de 18 km. por hora.

$$N = 354 \text{ HP}$$

Entre Matamala i Quiapo hai pendientes de 3% i N resulta por lo tanto negativo.

$$N = \text{negativo}$$

El trecho Quiapo-Locoe-Yane puede considerarse para el tráfico en ambos sentidos como horizontal. Si es cierto que en este sentido, de Curanilahue a Yane, existen una gradiente de 0,08% con curva de 300 m de radio i contragradiente de 0,06% con curva de 500 m de radio, entre las estaciones de Quiapo i Locoe. Entre Locoe i Yane hai una gradiente de 0,01% con curva de 100 m de radio i contragradiente de 0,06 con curva de 500 m de radio.

La pendiente media entre Quiapo i Yane es inferior a 0,01% i puede por lo tanto considerarse como horizontal.

En este trecho tenemos como esfuerzo máximo:

10,5 kg para la locomotora	$42 \times 10,5 = 441$ kg
7,5 kg para el tren	$218 \times 7,5 = 1\ 635$ kg
Esfuerzo total.....	2 076 kg

La velocidad comercial es de 33 km por hora.

$$N = \frac{2\ 076 \times 33}{270} = 254 \text{ HP}$$

En dirección de Yane a Curanilahue tenemos un tren mas liviano, de 105 toneladas, de modo que el esfuerzo de tracción resulta menor.

10,5 kg para la locomotora	$42 \times 10,5 = 441$ kg
7,5 kg para el tren	$115 \times 7,5 = 862$ kg
Esfuerzo total.....	<u>1 303</u> kg

La velocidad comercial es de 33 km por hora.

$$N = \frac{1\,303 \times 33}{270} = 160 \text{ PH}$$

Para el cálculo de las resistencias se ha considerado curvas de 100 m de radio. Entre Locoé-Quiapo, desarrolla la locomotora 160 HP.

Entre Quiapo i Matamala es el esfuerzo máximo en kg por tonelada:

40,5 kg para la locomotora	$42 \times 40,5 = 1\,701$ kg
37,5 kg para el tren	$115 \times 37,5 = 4\,312$ kg
Esfuerzo total.....	<u>6 013</u> kg

Velocidad comercial: 16 km por hora.

$$N = \frac{6\,013 \times 16}{270} = 357 \text{ HP}$$

Entre Matamala i Villa-Alegre es el esfuerzo de tracción por la gradiente de 2,5% en cortos trechos

35,5 kg para la locomotora	$42 \times 35,5 = 1\,491$ kg
32,5 kg para el tren	$115 \times 32,5 = 3\,738$ kg
Esfuerzo total.....	<u>5 229</u> kg

Velocidad comercial: 18 km por hora.

$$N = \frac{5\,229 \times 18}{270} = 350 \text{ HP}$$

Entre Villa-Alegre i Sanfurgo..... N es negativo  
 Entre Sanfurgo i Curanilahue..... N es negativo

Resumiendo los diferentes resultados tendríamos:

## DE SUBIDA

			Gasto de agua i carbon
Curanilahue-Sanfurgo.....	410 HP	en 0 h 19 m	1 558 kg
Sanfurgo-Villa-Alegre.....	354 HP	en 0 h 32 m	2 265 kg Aguada
Villa-Alegre-Matamala .....	354 HP	en 0 h 27 m	1901 kg
Matamale-Quiapo .....	0 HP	en 0 h 30 m	300 kg
Quiapo-Locoe.....	254 HP	en 0 h 08 m	406 kg Aguada
Locoe Yane.....	254 HP	en 0 h 21 m	1 066 kg

## DE BAJADA

			Gasto de agua i carbon
Yane-Locoa .....	160 HP	en 0 h 21 m	672 kg
Locoe-Quiapo.....	160 HP	en 0 h 08 m	252 kg
Quiapo-Matamala .....	357 HP	en 0 h 34 m	2 427 kg Aguada
Matamala-Villa-Ale7re .....	350 HP	en 0 h 27 m	1 890 kg
Villa-Alegre-Sanfurgo.....	0 HP	en 0 h 18 m	200 kg
Sanfurgo-Curanilahue.....	0 HP	en 0 h 17 m	200 kg

Total entre agua i combustible:

En direccion Curanilahue-Yane.....	7 506 kg de agua i 1 251 de carbon
En direccion Yane-Curanilahue.....	5 651 kg de agua i 940 de carbon

Aguadas tendrán que proyectarse en Curanilahue, Villa Alegre, Matamala, Quiapo i Yane.

El carbon alcanza para una direccion, por lo tanto se proyectarán carboneras para el servicio de locomotoras en Curanilahue i Yane.

Con un tráfico de 7 trenes diarios con viajes redondos i remolques entre Curonilahue i Sanfurgo tenemos un consumo de agua con la reparticion siguiente:

En Curanilahue 42 m<sup>3</sup>. En Villa-Alegre, Matamala, Quiapo i Yane 21 m<sup>3</sup> cada uno. Con base de estos datos hemos adoptado un estanque con capacidad de 36 m<sup>3</sup> en las aguadas nombradas.

En todas las estaciones nombradas para establecer aguadas hai gran facilidad para obtener el agua necesaria. En algunas está el río a la cercania mas inmediata i en otras se puede llevar el agua desviando quebradas por simple gravitacion.

Para las estaciones pueden proyectarse estanques que se llenarian por medio de arietes hidráulicos, motores de viento i pulsómetros. Estos últimos pueden hacerse funcionar directamente con el vapor de la locomotora o por medio de un caldero especial. Las locomotoras de maniobras pueden hacer funcionar los pulsómetros hasta llenar los estanques.

Las locomotoras de maniobra van provistas de un eyector con chorro de vapor lo que facilitará la toma de agua durante la construccion, pues por medio de mangueras pueden aspirar el agua del arroyo o quebrada mas cercano.

Para un tráfico de 1 000 toneladas diarias de carbon se necesitaría un equipo con capacidad total de 800 toneladas, incluyendo aquí tambien los carros de construccion especiales. Además serian necesarias 4 locomotoras de maniobras i 5 para la explotacion.

Un estudio sobre el costo de la tonelada de carbon trasportado de Curanilahue a Yane, seria sin duda, mui interesante, pero saldria del programa del presente estudio. Como decíamos al principio, cobra la Compañía de Arauco un flete entre 6 i 8 pesos por tonelada de carbon i basta sólo enunciar esta tarifa para comprender que el ferrocarril en proyecto tendrá una base enorme de economía.

Para formar un criterio con cierta base de exactitud, seria necesario tomar en consideracion el costo total de las instalaciones i equipo que necesitaría un ferrocarril con capacidad de transporte de casi 400 000 toneladas al año i esta base nos falta por lo pronto, por cuanto que el proyecto elaborado se reduce únicamente al trazado de una línea férrea económica en su construccion i explotacion i habria forzosamente que considerar el monto del capital invertido, su interes i amortizacion i el costo de explotacion.

Es mas fácil calcular el valor de los gastos que orijinaria un tren cargado hasta Yane i su vuelta, pero siempre quedan incógnitas por resolver.

La comparacion entre dos o mas ferrocarriles similares no ha dado resultados exactos ni en Prusia, donde los ferrocarriles del Estado llevan una estadística rigurosa.

Un punto que nos parece interesante es el modo de considerar del punto de vista financiero el dinero invertido en la construccion i explotacion de un ferrocarril.

Un capitalista, por ejemplo, que invierta un millon de pesos en acciones que dan el 8% o 10, recibe un interes que le parece aceptable i se conforma con esa entrada que le proporciona su capital sin trabajo mas que el cobro semestral i el riesgo que corre, de que el negocio desmejore etc.

El dinero invertido en un ferrocarril es una inversion parecida. Pero tenemos el caso que el capitalista no sólo desea entradas líquidas, lo que correspondería a los intereses, sino que castiga las entradas con el interes del capital invertido mas la amortizacion que se cuenta en jeneral para un período entre 20 i 25 años. A nuestro juicio sólo debe considerarse la amortizacion, que corresponde al desgaste del material etc., mientras que el interes del capital invertido ya se considera en los gastos de

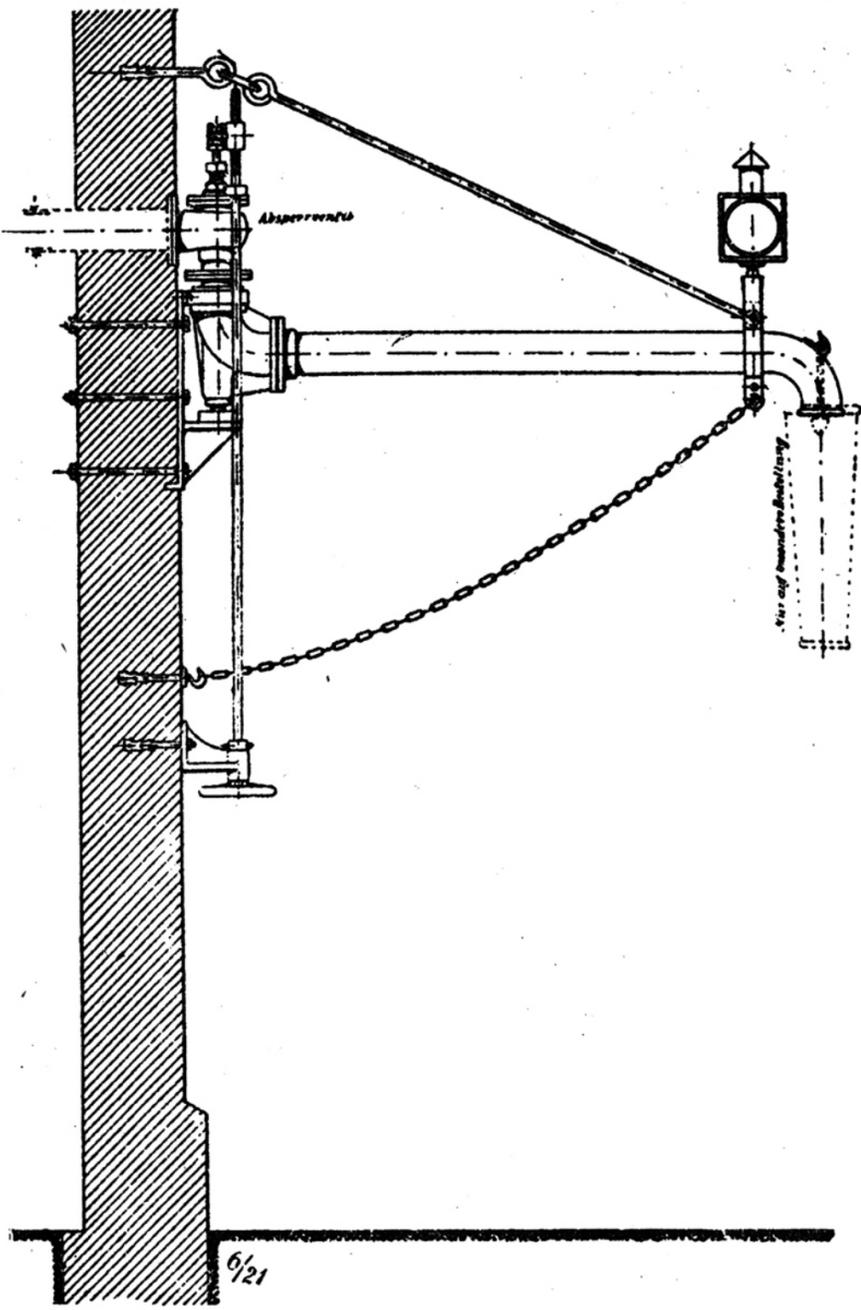
esplotacion, reparaciones, adquisiciones nuevas etc. No vemos otro justificativo el que se considere el interes del capital invertido en un ferrocarril que en jeneral los ferrocarriles se construyen con empréstitos i deudas que se contraen con capitalistas.

En el caso de la Compañía de Curanilahue son los mismos dueño los capitalistas que con su dinero construyen para sus necesidades de trasporte i por este motivo hemos espresado las reflexiones de mas arriba.

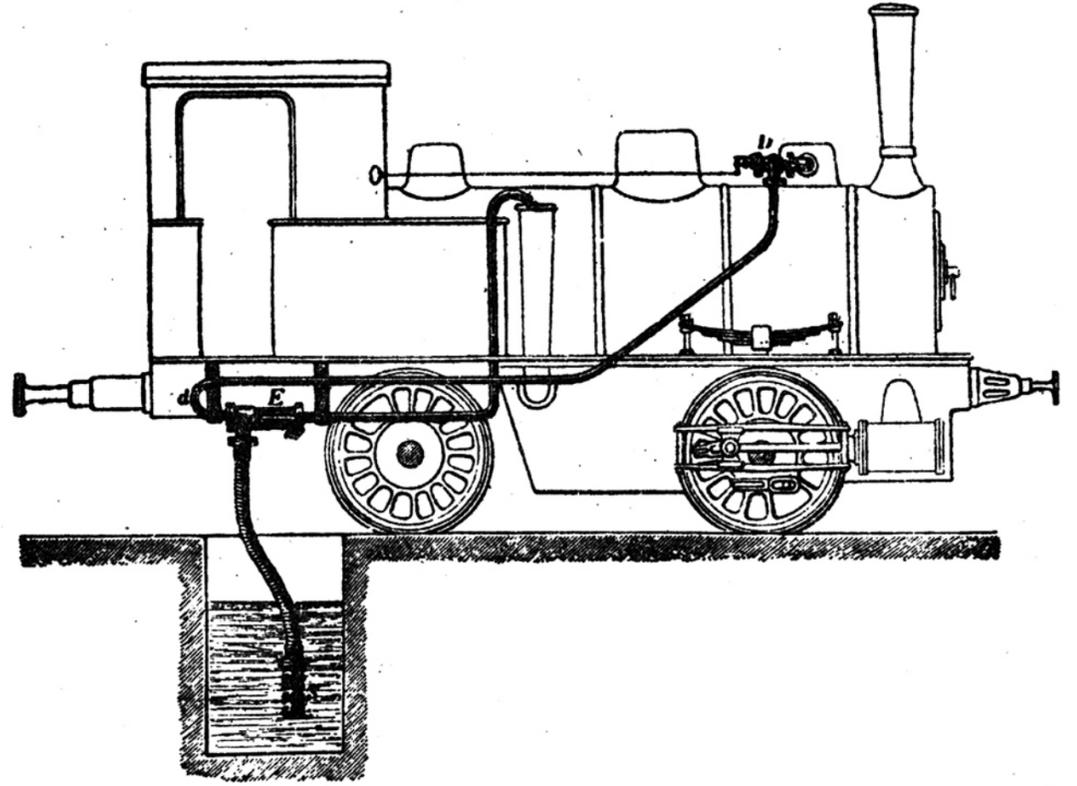
CÁRLOS LANAS.

*(Continuará)*

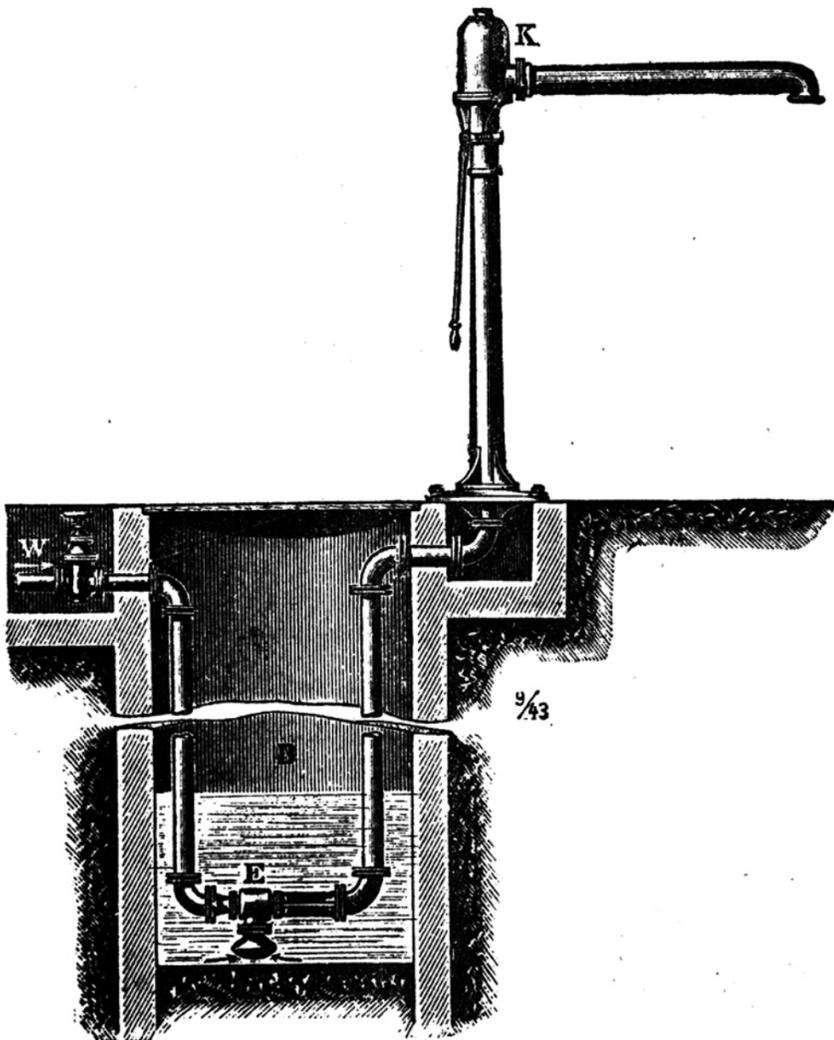




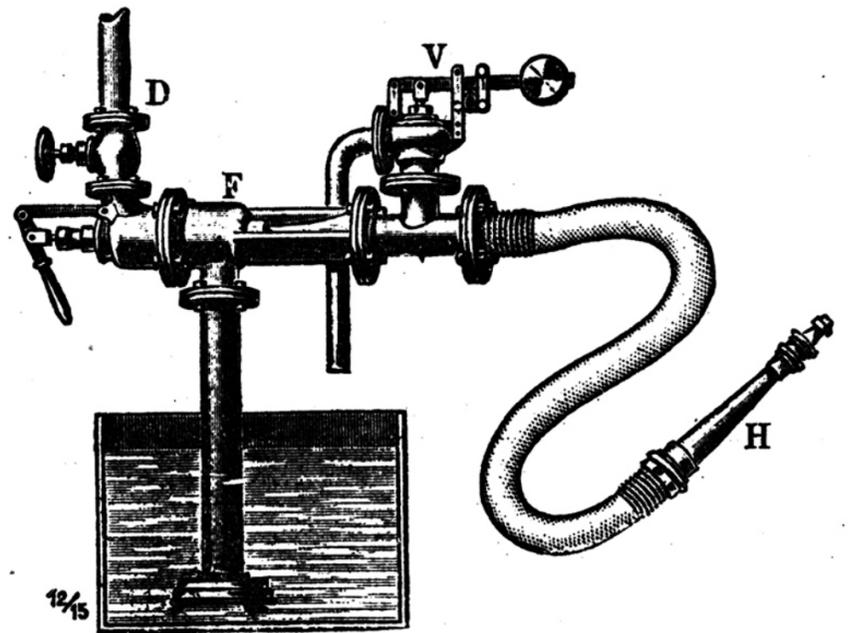
GRUA CONUSO LA GIRABLE GRUA NÚMERO 7 CON APARATO DE CIERRE.



PARA PEQUEÑA INDUSTRIA O DONDE INSTALACIONES DE PULSÓMETROS NO SEAN ADOPTABLES SE RECOMIENDA LOS ELEVADORES AL RAYO DE VAPOR

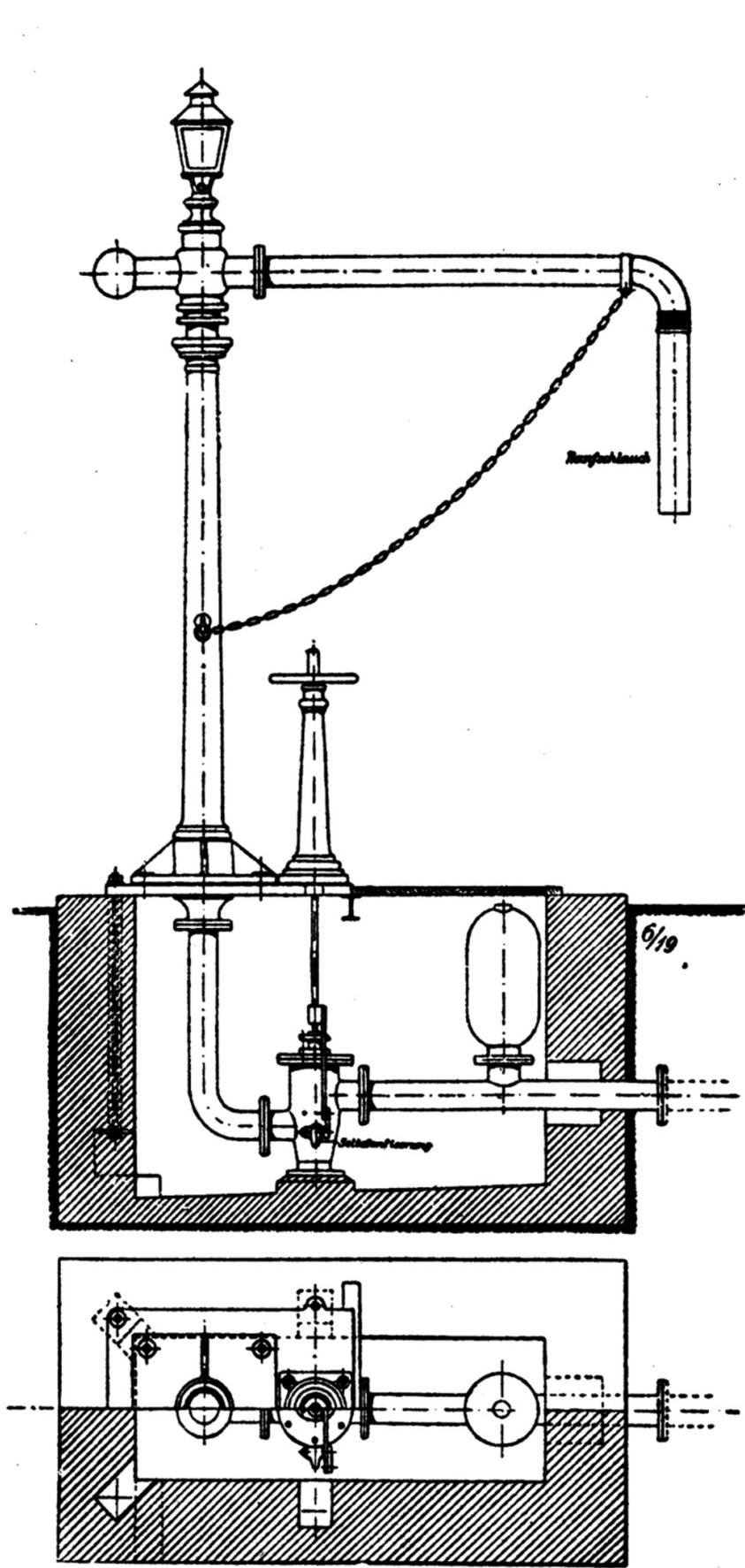


ELEVADOR AL RAYO DE AGUA EN UN POZO

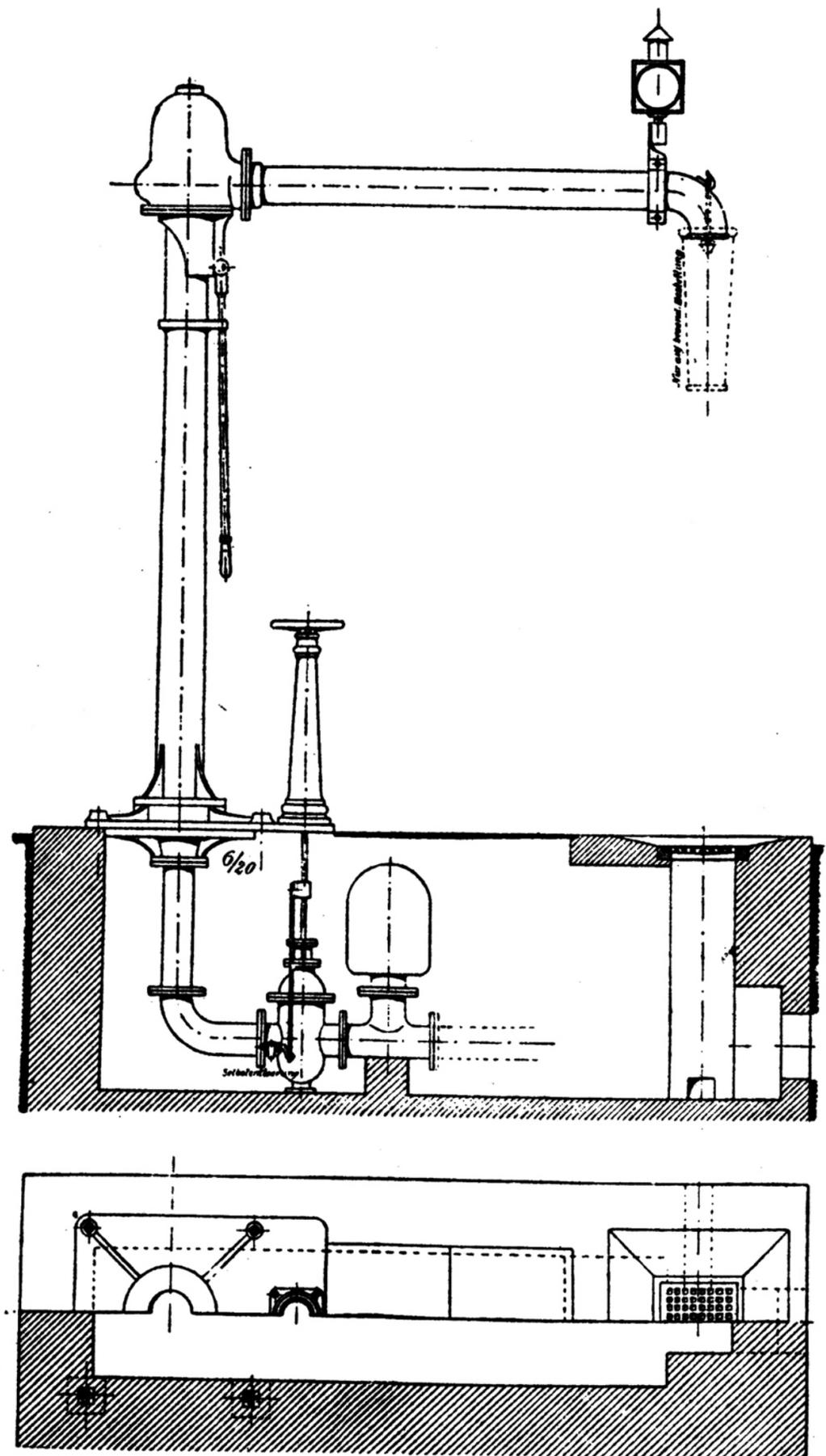


BOMBAS AL RAYO DE VAPOR PARA LAVAR CALDEROS DE LOCOMOTORA

# GRUAS DE AGUA

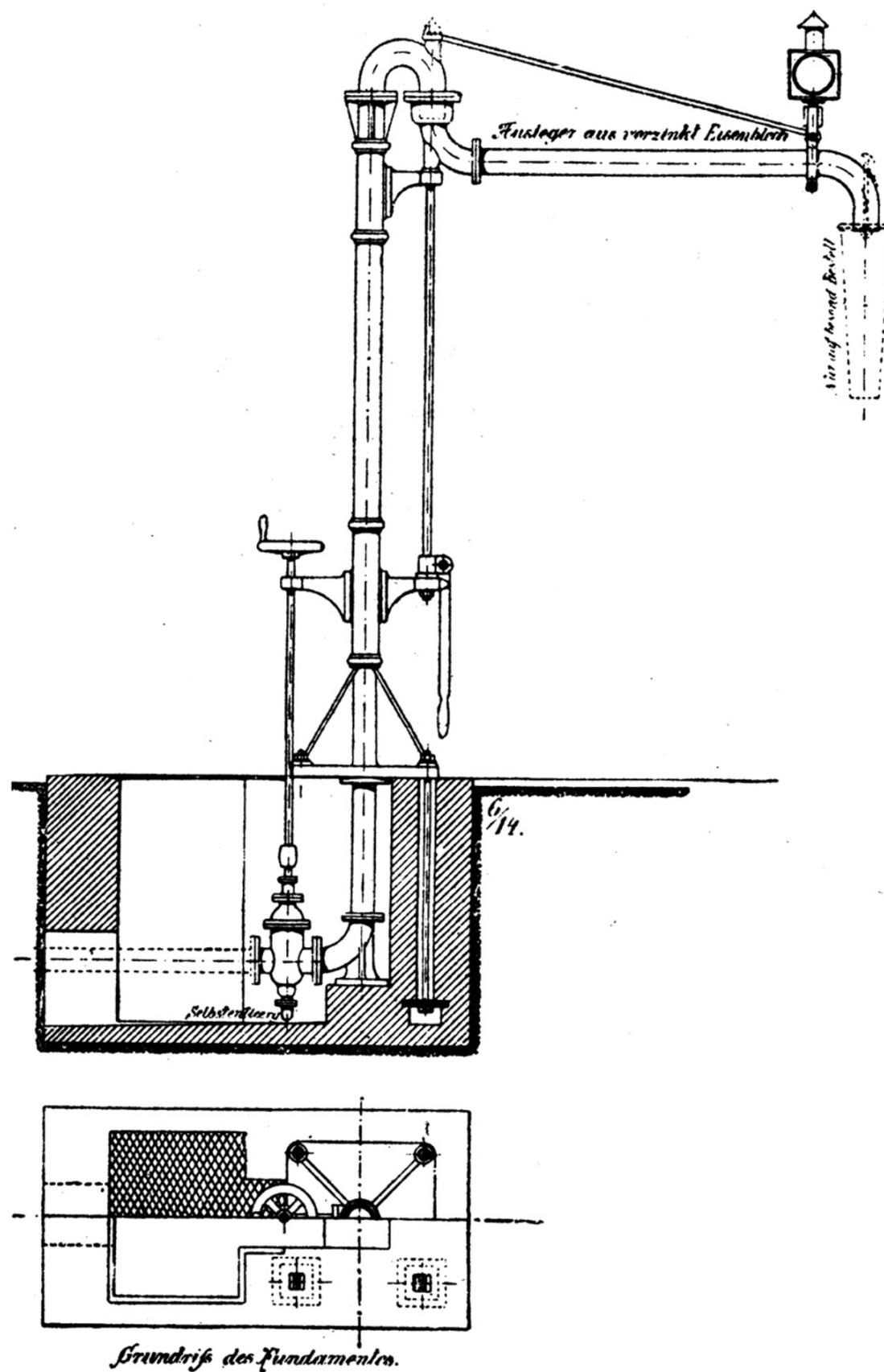
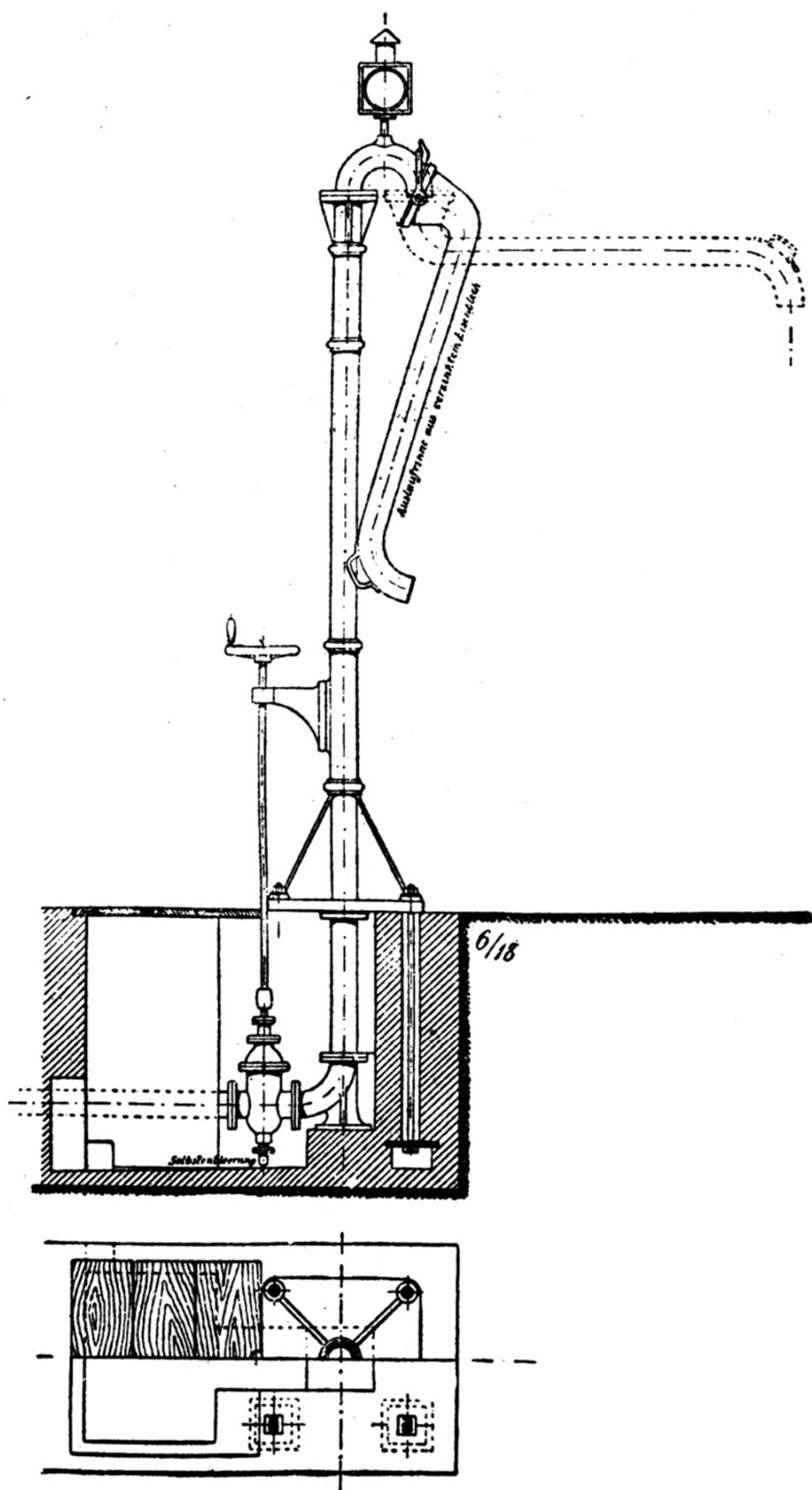


GRUA LIBRE, NÚMERO 5, CON ESTENDEDOR GIRATORIO APARATO DE CIERRE AUTOMÁTICO I CÁMARA DE AIRE



GRUA LIBRE. NÚMERO 6, DISPOSITIVO ANÁLOGO AL MODELO NORMAL NÚMERO II DEL FERROCARRIL REAL PRUSIANO

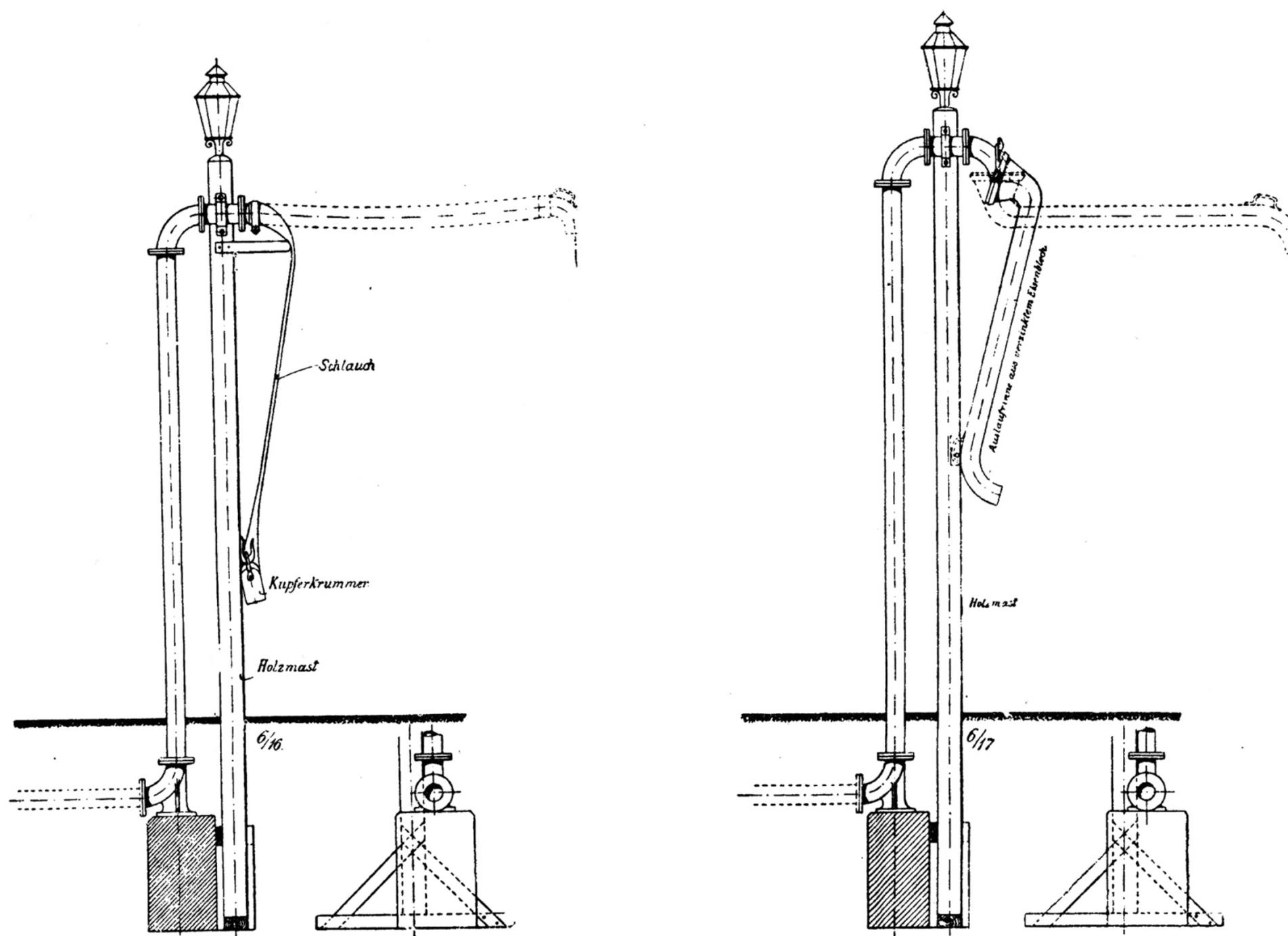
# GRUAS DE AGUA

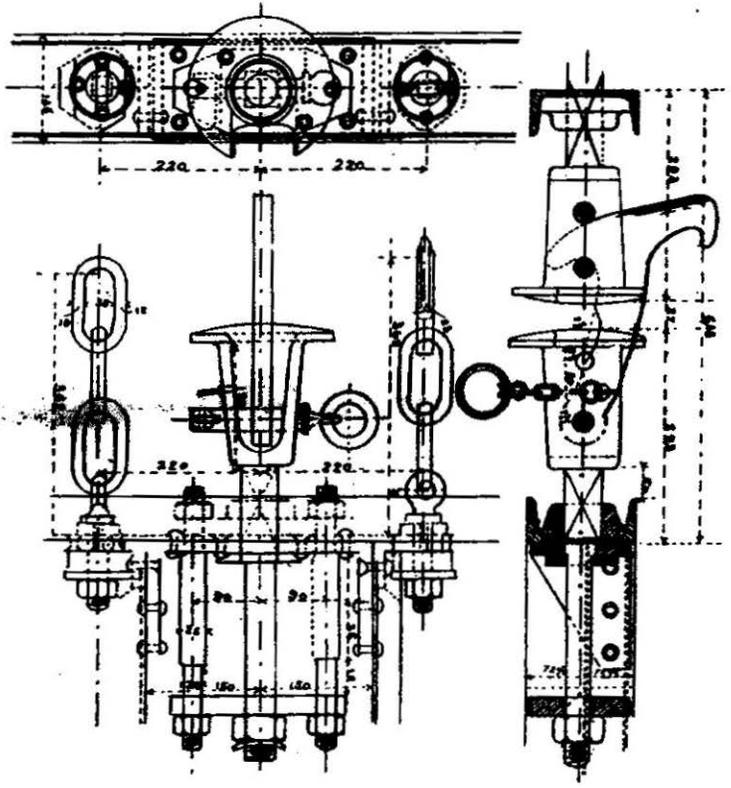


GRUA LIBRE, NÚMERO 3, CON CANAL DE SALIDA DE FIERRO DÚCIL GIRABLE Y APARATO DE CIERRE CON AUTO DESAGÜE

GRUA LIBRE, NÚMERO 4, CON ESTENDEDOR GIRABLE TENDIDO Y DISPOSITIVO DE CIERRE CON AUTO DESAGÜE

## GRUAS DE AGUA





# GRUAS DE AGUA

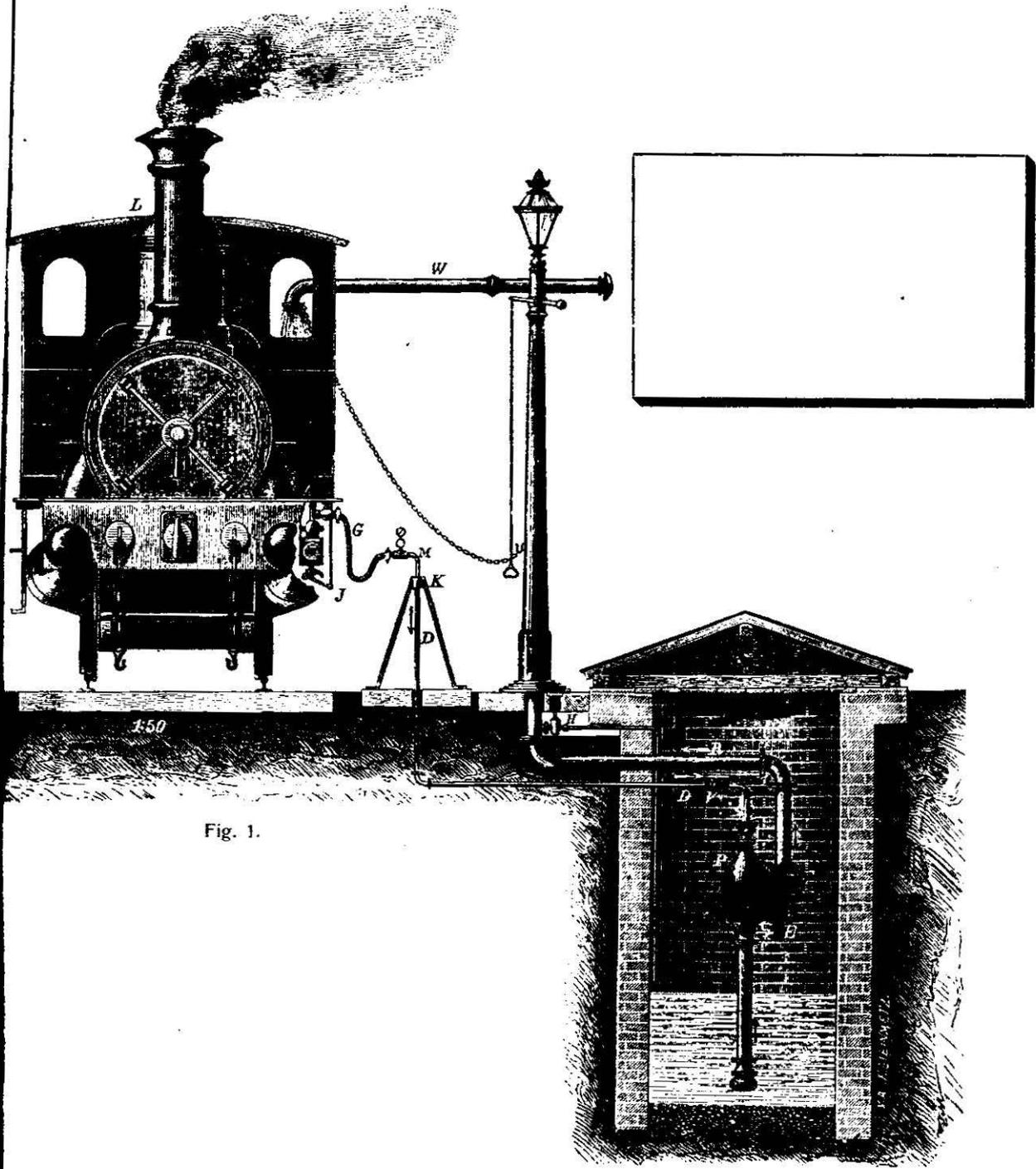


Fig. 1.

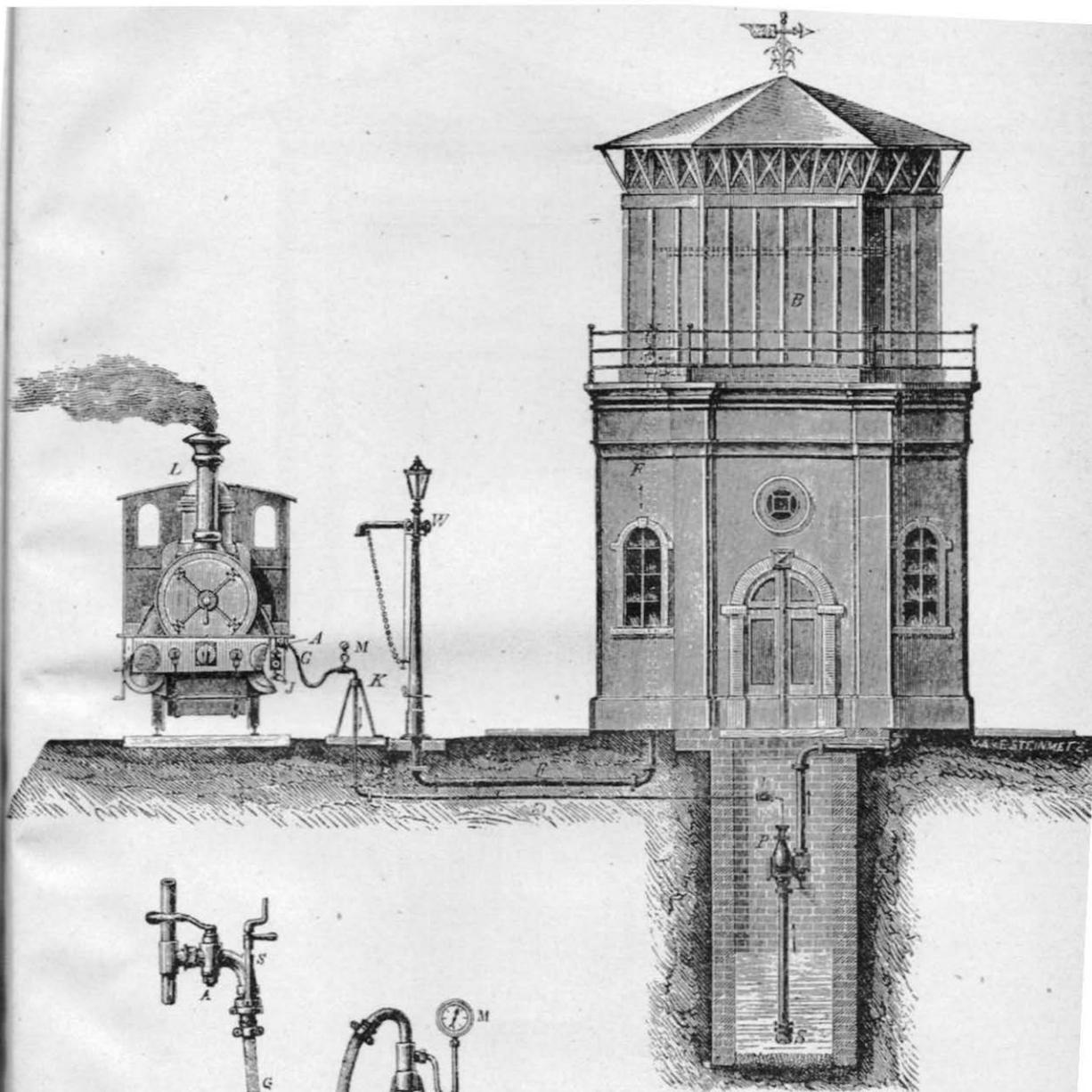


Fig. 2.

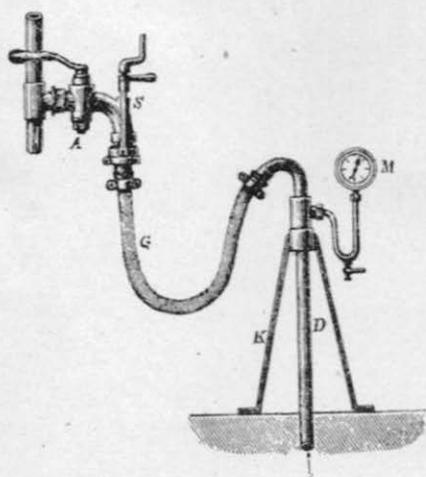


Fig. 2.



Fig. 3.

IMPULSION DEL AGUA A UN ESTANQUE POR MEDIO DE UN CALDERO ESTACIONARIO