

FERRO-CARRILES.**NUEVO MATERIAL ARTICULADO**

DE M. EDMOND ROY, QUE PERMITE EL FACIL Y SEGURO PASO EN CURVAS DE PEQUEÑOS RADIOS Y FUERTES PENDIENTES Á GRAN VELOCIDAD.

Lám. 155.

El ingeniero frances Mr. Ed. Roy, conocido por varios notables escritos y como hábil constructor de caminos de hierro en el trascurso de muchos años, acaba de dar á conocer su inapreciable sistema de material articulado con las esperiencias á que hemos tenido el gusto de asistir, verificadas en Vitry ante muchas de las primeras capacidades científicas en semejante materia, y de comisionados especiales del Emperador y ministro de Obras públicas: esperiencias que nada han dejado que desear, y que, por tanto, han sido coronadas del mejor éxito que se pudiera esperar, mereciendo la aprobacion de cuantas personas las presenciaron y aun tomaron en ellas parte activa.

Terminados los trabajos teóricos que resuelven de un modo tan preciso el problema de que M. Roy se ha ocupado sin descanso durante cuatro años, y habiendo conseguido hacer con feliz éxito los primeros ensayos prácticos con una locomotora y dos wagones en escala de $\frac{1}{10}$, que llamaron la atencion del Emperador de los franceses, halló en seguida proteccion en el ánimo de S. M., que convencido de la utilidad de tan interesante invento, abrió á favor de M. Roy un crédito de 100,000 francos para que por los talleres de la compañía de Orleans se hicieran una locomotora, 10 wagones y un trozo de camino de hierro en forma de 8 con radios de 200^m en el cruzamiento y 30^m en las curvas de mas amplitud. Es así como, al cabo de poco tiempo, hubo de conseguir el autor llegar al triunfo tan completo que ha obtenido su muy recomendable sistema, y que á juzgar por él y los

Tomo IX.

excelentes resultados que separadamente han certificado los ingenieros jefes del material en las líneas de Alicante, Burdeos y otras, despues de recorridos miles de kilómetros con varios de estos wagones, será el sistema Roy preferido con mucho al ordinario por las inmensas ventajas económicas y otras mas que ofrece.

En las esperiencias de Vitry la locomotora tenia 8 ruedas acopladas, pesando 46 toneladas ó 12.000 kilogramos próximamente sobre cada eje: los 10 wagones, de 6 ruedas acopladas, llevaban la carga de 12.000 kilogramos cada uno; haciéndose el atalaje por un sistema particular de que luego se dará una idea.

Estos wagones habian servido ya sin accidente de ninguna especie en los caminos de Paris á Orleans y Burdeos durante tres meses para el transporte de mercancías.

El camino preparado para la prueba tenia, como ya se ha dicho, la forma de un 8, con radios de 200^m y 30^m y un desarrollo de 1040^m. El declive de los carriles era de 15 centímetros, término medio próximo del que corresponde á las velocidades de 40 y 50 kilómetros, ó sea el que corresponderia á 55 kilómetros de velocidad, que es la máxima á que ordinariamente suelen llegar los trenes de mercancías.

Puesta la máquina en movimiento, bien pronto la vimos adquirir la velocidad de 45 kilómetros por hora, y aun 50 kilómetros en ciertos momentos, sin que se notase trepidacion, balance ni movimiento alguno en los wagones, que hiciera conocer habia rozamientos ó esfuerzo que vencer en tales ó cuales puntos del trayecto. En la segunda prueba subimos todos á un wagon y la máquina, en cuya carrera, á igual velocidad que anteriormente no se notó sacudimiento de ninguna especie, ni el movimiento apareció menos suave que si la distancia recorrida hubiera sido en línea recta. La máquina y tender obedecieron fácilmente á la presion del freno, sucediéndose la parada en cualquiera punto del camino sin la menor novedad en el material y carril, ni dejar los ejes de las ruedas de permanecer un solo instante en posicion normal á las curvas, y por

Madrid 15 de Junio de 1861.

consiguiente sin trabajo ni rozamiento alguno por parte del reborde. Debe además advertirse que el camino, como provisional y de una sola vía, carecía de todas las buenas condiciones que tienen los de las líneas explotadas, cuyos terraplenes gozan de mas perfecto asiento, y cuyas traviesas están mas encajonadas y sujetas por el mismo terraplen.

Segun este resultado, lo que se sabe del material rígido, y la opinion de todos los ingenieros mas célebres entre los que asistieron á la prueba, no hay ó no debe haber inconveniente alguno en adoptar con semejante material curvas de menores radios, aunque lleguen estos á 60^m. Pero seguro puede estarse que con el de 80^m y la pendiente del 20 por 1000, á que llega la fuerza de esta locomotora, se podrán subir fácilmente las montañas de faldas mas inclinadas, ahorrándose así en su mayor parte el inmenso gasto que producen las grandes obras de fábrica, como túneles y mayores viaductos.

Analizado el actual material de ruedas, se verá que, despues de tantos años que llevan de práctica los caminos de hierro, lejos de progresar en semejante materia, parece hemos tenido empeño en quedar en la infancia del arte, sin atrevernos á salir ni dar un paso mas allá de lo hecho por nuestros padres en los tiempos mas primitivos. Efectivamente, el material rodado que sirve hoy dia en todos los caminos de hierro, material llamado rígido por el paralelismo constante de los ejes, no es otra cosa que un armazon montado sobre dos ejes de hierro, á cuyos extremos están las ruedas solidariamente unidas á ellos, sin poder tener otro movimiento aquellos y estas á la vez que el de rotacion al rededor del eje matemático siempre perpendicular á la direccion del wagon. Resulta de esta disposicion que en el momento de pasar un tren rígido de la línea recta á la curva, el cuadro invariable de las ruedas se lanzará en aquella direccion, tendiendo á hacer descarrilar las ruedas delanteras segun la tangente en virtud del movimiento impreso: descarrilamiento que infaliblemente podrá tener lugar si falta resistencia en los

carriles sobre el reborde de las ruedas, ó bien si el salto ó trepidacion que estas experimentarán en virtud de esta misma resistencia y la poca flexibilidad del material, es bastante pronunciado en términos que el reborde salga por cima del carril. Debe tenerse en cuenta igualmente que la potencia motriz gasta un gran esfuerzo en vencer estas resistencias, cuyo efecto en último caso es contrario á la conservacion del material fijo y móvil. Es por esto que las curvas máximas que un material rígido puede recorrer sin gran peligro, contando con el corto desvío lateral que permiten las ruedas por medio del juego dejado en cada uno de los coginetes, son las de radios de 500 á 450^m; quedando así obligados en las trazas de caminos á desviarse lo menos posible de la línea recta, y por consiguiente á ejecutar en un país accidentado grandes desmontes y terraplenes, y multitud de obras de fábrica que aumentan de un modo exorbitante el precio de primera construccion.

Si, por el contrario, se procura dar á los ejes cierto movimiento que permita mantenerlos siempre en situacion normal á curvas de pequeños radios, el movimiento de traccion se operará en ellas con iguales condiciones que en la línea recta; empleándose sin temor ni peligro alguno todo el efecto útil de la máquina en el curso uniforme y rápido del tren. Tal es el fin que se ha propuesto M. Roy con su sistema, y tal el que hace catorce años consiguió M. Arnoux con el suyo, de que se hizo una feliz aplicacion en el proyecto ejecutado por el acreditado ingeniero de España D. Ildefonso Cerdá en el camino de hierro de Granelers á San Juan de las Abadesas: proyecto que no obstante el aumento de 24^k en el trayecto, comparado con el que primero hizo aplicando el sistema rígido, ofrecia sobre 144.000.000 de reales una economia de mas de 45.000.000 ó sea cerca de la tercera parte. Hay sin embargo, en el sistema de M. Roy la ventaja de la sencillez y la muy apreciable de no alterar apenas el sistema rígido, puesto que no obstante de proponer seis ruedas acopladas por cada wagon y quebrado el eje del medio, pueden

bastar al efecto que se desea producir las cuatro que llevan los carruajes ordinarios, con tal de cambiar el coginete existente por *la caja de coginete de corredera oblicua*; es decir, *de un coginete facultado á resbalar horizontalmente dentro de la caja de grasa en sentido inclinado á la longitud del wagon.*

Estas cajas obligan efectivamente á hacer converger los ejes segun los radios de las curvas; con lo cual, y dando mas ó menos conicidad á las llantas de las ruedas, ó dejando libres las del medio (cuando el wagon tenga tres pares), se completará la idea permitiendo que cada una de las ruedas del mismo eje se desarrolle segun el espacio que deba recorrer sobre cada carril. El autor, no obstante, propone como mas seguro hacer el eje del medio en dos partes, entrando el muñon de la una en una caja que lleva la otra, y quedando así con facultad de girar segun la cantidad de movimiento que se precisa para completar la convergencia del eje (fig. 1).

En la descripcion que hace M. Roy de las cajas de grasa y coginetes oblicuos, presenta tres disposiciones diferentes, si bien con la primera queda perfectamente resuelto el problema, como lo han demostrado las experiencias en pequeña y grande escala, sin temor que por la facilidad que tienen los ejes extremos de variar de lugar inclinándose á derecha ó izquierda, segun el sentido de la curva, resulte demasiada accion en el movimiento lateral, y por consiguiente facilidad de descarrilar.

Esta primera disposicion consiste en dejar á los ejes extremos de las ruedas la facultad de resbalar con sus coginetes, quedando el del medio fijo como en el sistema rigido, con el objeto de servir de punto de apoyo que obligue al movimiento de los otros ejes en el instante de entrar en una curva.

Los ejes son todos de igual longitud, á fin de que su fijeza ó movimiento sea uno mismo en ellos. La oblicuidad de los coginetes de los ejes extremos es de 45° ; y como se hallan colocados aquellos en sentido inverso unos respecto de otros, resulta que al resbalar dentro de sus cajas de grasa, los extremos de los ejes

se separan entre si esteriormente á la curva recorrida, al paso que interiormente se aproximan; pasando en este movimiento del paralelismo, cuando se marcha en línea recta, á la situacion convergente luego que el camino es curvo; conservando siempre los tres ejes la normalidad debida.

Al resbalar los coginetes en sus cajas de grasa lo hacen siguiendo una trayectoria recta ó curva segun sea la proyeccion de las caras verticales de aquellas: en el primer caso los coginetes marchan paralelamente á si mismos, al tiempo que los ejes toman oblicuidades que pueden llegar á 2° si la separacion de estos es bastante sensible. De aquí resulta que al entrar el wagon en una curva, los ejes matemáticos de las ruedas y los de los muñones no se hallarán en un mismo plano vertical, obrando entonces el coginete como cuña dentro de la caja de grasa. Para los wagones ordinarios es de poca ó ninguna consideracion este defecto; pero si (como es conveniente evitarlo en las locomotoras) quiere hacérsele desaparecer, no habrá mas que trazar en arco de círculo la trayectoria (como se indica en *ec*, figuras 1 y 2). El centro *o* se determinará levantando dos perpendiculares á las trayectorias rectas en los puntos *ff* en que cortan el eje del muñon.

Se puede dispensar la trayectoria curva y mantenerla recta disponiendo el coginete en dos partes (fig. 5), una la pieza que resbala y otra el coginete en forma de rótula, que siga las inclinaciones diversas que tome el muñon.

Las otras dos disposiciones de coginete oblicuo no ofrecen en la práctica mas ventajas que la de la acabada de describir. En la primera de estas dos últimas el coginete móvil existe en el eje central, en forma de cuña de que la parte mas ancha es la interior. A derecha é izquierda tiene unidos tirantes que resbalan longitudinalmente entre dobles placas de guarda sobre el bastidor del corruaje; las cuales, unidas á su vez á las cajas de los ejes extremos, que se hallan montados en coginetes fijos de rótula, imprimen á estos el movimiento angular que adquieren al paso de una curva, quedando así obligados á tomar la posicion

normal á la misma. La otra disposicion difiere de esta en que los coginetes existen sin oblicuidad al interior de las ruedas, y en que los tirantes de trasmision van diagonalmente de un extremo del eje del medio al opuesto de los laterales; reemplazándose por ellos la oblicuidad de los coginetes. De aquí resulta un rectángulo articulado cuyas diagonales obligan en un cambio de posicion de ejes á hacer perder á estos su paralelismo, y por consiguiente á colocarse en direccion normal á la via.

La aplicacion de los coginetes de corredera es independiente del número de ejes del vehiculo, que puede tener á voluntad 2, 3, 4 ó 5. Las cajas de grasa pueden colocarse interior ó exteriormente á las ruedas. M. Roy piensa que para vias de 1^m,5 será mejor colocarlas exteriormente, y al contrario para las de 1^m,7 á 1^m,8.

Topes y amarras.—El sistema de amarra ó atalaje puede ser el mismo que el empleado ordinariamente para los trenes rigidos; pero á fin de obviar el inconveniente que ofrecerian los dos topes laterales en el paso de curvas de pequeños radios, presenta el autor otra ingeniosa disposicion, consistente en un solo tope central sobre el eje del wagon, que á la vez sirve para los choques y traccion, prestándose muy bien á la vuelta independiente de cada carruaje sin movimiento ni oscilacion lateral. Este tope central (figs. 1.^a y 5.^a) se apoya para el choque sobre el resorte que le es mas inmediato en el bastidor, y ejerce la traccion por medio de los vástagos que van hasta el resorte opuesto. Su forma es la de un semicilindro vertical en cuyo vástago existe un anillo *c* con cuatro orejas *nn*, que tiene libertad de girar al rededor de su eje: de este modo, cuando se han de unir dos wagones, se presenta en la parte superior del cilindro un collar *d* que lleva tambien consigo el otro anillo, y dejándose caer abraza los dos topes á la vez: lo propio se hace con el collar inferior, y ambos se sujetan con un pasador que atraviesa las orejas *nn* entre que caen las que llevan los espresados collares. La rigidez de estos impide todo género de sacudimiento al principio y fin de

la marcha: y el tener su diámetro interior un poco mayor que el del cilindro que componen los dos topes opuestos hace que estos no se toquen y queden naturalmente en libertad de moverse en cualquier sentido.

Para las máquinas locomotoras con su tender (que pueden tener 4 ó 5 pares de ruedas acopladas) dispone el autor los dos ejes del medio con coginetes fijos, unidos exteriormente con las bielas motrices, que transmitirán el movimiento á los otros ejes situados bajo el tender y caldera, por medio de otra biela colocada en su medio. A semejante fin estos ejes serán acodados en su union á la biela.—El marco será doble y los cilindros exteriores y sujetos al marco.

Estas máquinas, que cargadas tendrian un peso de 45 á 60 toneladas podrán remolcar 200 á 500 toneladas sobre una pendiente de 20 por 1000 con velocidad de 20 kilómetros por hora á una tension del vapor de ocho atmósferas. Cuando son de cinco pares de ruedas, el gran peso que tiene queda repartido en cinco puntos, y por consiguiente no habrá necesidad de hacer los carriles tan pesados como lo exigen las locomotoras de cortas dimensiones, puesto que en este caso toda su gran carga insiste sobre dos ó tres puntos próximos.

Habida cuenta de todo lo que el autor ha demostrado en su teoría, los resultados de sus cálculos comparativos y los informes y opiniones que en la práctica y pruebas ha merecido este sistema de todos los hombres mas competentes en la materia, resultan las ventajas siguientes:

1.^a Evitarse los casos de descarrilamiento en las curvas, por causa del paralelismo de los ejes en el material rigido.

2.^a Facilidad de emplear sin peligro algun curvas de 100^m y 80^m de radio.

3.^a Economizar un 50 por 100 en los gastos de construccion de caminos de hierro por terreno montañoso.

4.^a Reduccion del peso muerto que transporta.

5.^a Disminucion de la resistencia á la trac-

ción y del desgaste de las ruedas por la combinación de los ejes quebrados y coginetes de corredera.

6.^a Posibilidad de construir locomotoras tan ligeras como lo permita su potencia para subir grandes rampas, utilizando de una manera absoluta el peso total del aparato motor.

Hay, en fin, la cuestión de interés público; puesto que se podrán crear líneas baratas que sirvan para unir entre sí los centros alejados de las grandes arterias, estableciéndose así el equilibrio comercial, industrial y estratégico y permitir el mayor desarrollo de riqueza pública.

Paris 28 de setiembre de 1860.

N. VALDES.

DETERMINACION DE LA FORMA DEL TRASDOS

Y DEL VOLUMEN DE

LAS BÓVEDAS CILÍNDRICAS Y DE LAS DE REVOLUCION,
POR MR. CELESTINE ROCHE.

Lám. 151.

§ I.

Trazado de la curva del trasdos.

Pueden trasdosarse las bóvedas según una superficie curva paralela y equidistante á la del intrados, ó bien según un plano horizontal; pero la primera de estas disposiciones peca por poco sólida porque los riñones de la bóveda quedan debilitados (1), y la segunda por poco económica, porque esos mismos riñones se encuentran entonces fortalecidos superabundantemente. Para que las bóvedas tengan la misma resistencia en todas sus partes y ofrezcan por consecuencia, bajo la menor masa posible, la mayor solidez de que sean susceptibles, es menester que su trasdos forme

una curvatura particular, diferente para cada especie de arco.

Véase la manera de trazar la verdadera curva del trasdos de una bóveda semicircular ó de medio punto.

Se prolongan (fig. 1) las líneas de junta de las dovelas (habiendo tenido cuidado de hacerlas iguales) hasta el centro O de la semicircunferencia; se traza rz paralela al eje OS y á una distancia de él igual á la mitad del espesor que la bóveda deba tener en la clave, espesor que siempre es uno de los datos del problema. Por el punto a donde rz corta á la prolongación de la línea de junta de la clave, punto que se halla determinado de manera que el doble de Ja es el espesor de la clave sobre el eje, se tira la JP paralela al radio OA . Entonces las partes ab , bc , cd , de , de la línea JP , comprendidas entre las prolongaciones de las juntas entre dovelas, serán respectivamente los espesores medios de dichas dovelas; por consiguiente llevando estas distancias sobre las normales tiradas por las mitades de las dovelas se obtendrán los puntos de la curva buscada (2).

Se vé por esta construcción que el espesor de cada dovela, medida como la de la clave por el espacio que comprenden sobre la línea JP las juntas prolongadas, es á la de la dovela siguiente como la diferencia de las tangentes de los ángulos que sus planos ó líneas de junta forman con la vertical OS ; y como hemos admitido que las boquillas de todas las dovelas ocupen una misma longitud en la curva del intrados, lo que siempre se verifica en las bóvedas bien construidas, se sigue de ello que los pesos de estas dovelas son entre sí como sus espesores. Esta condición, dada por los géometras Parent y Lahire, como la mejor que se puede obtener para el equilibrio de las bóvedas, ha sido considerada como tal por el cé-

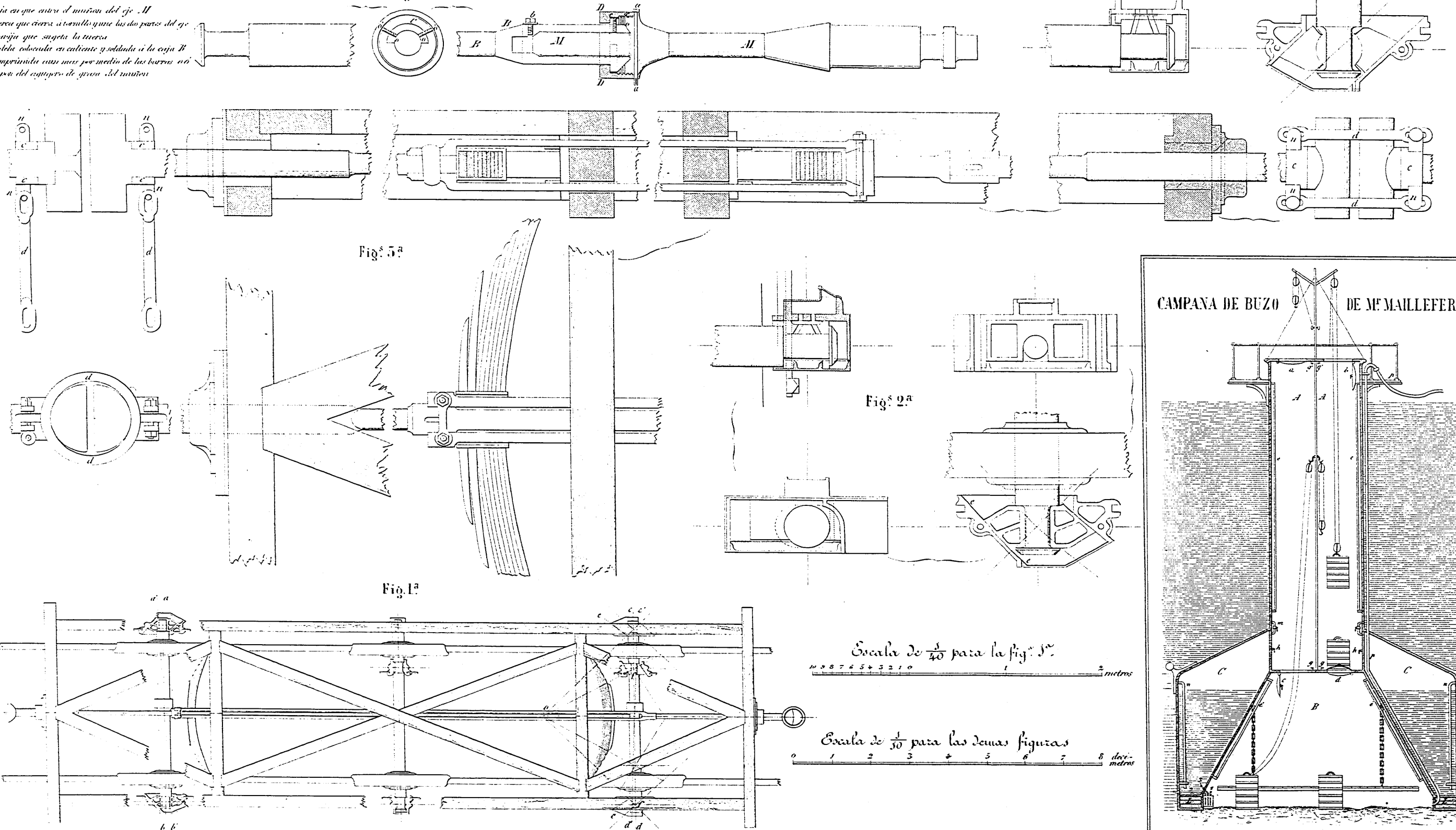
(1) Las bóvedas parabólicas y catenarias forman escepcion.

(2) La misma construcción se emplearía si el punto a estuviese encima de la bóveda, lo que ocurre cuando el espesor de la clave es mayor que su altura, solo que en este caso sería preciso prolongar las líneas de junta por el lado opuesto al centro O para que pudiesen cortar á la horizontal que pasase por el punto a .

Sistema de Edmond Roy.

Fig. 3a

Fig4



CAMPANA DE BUZO DE M^{re} MAILLEFERT.