

La electrificación del ferrocarril de las Arenas

por D. PEDRO MENDIZÁBAL, Ingeniero Industrial

No podían sustraerse los ferrocarriles de la comarca a esta fuerte corriente de opinión que tiende a la electrificación de ferrocarriles, y el de Bilbao a Algorta es el primero que hace la transformación, seguido ahora por los Ferrocarriles Vascongados.

Decidida la electrificación del ferrocarril, es evidente que la corriente continua era la adecuada, y fué elegido este sistema con una tensión de 1.500 voltios en el hilo de contacto.

Una tensión de 750 voltios hubiera sido tan acertada para esta línea, pero la conveniencia de electrificar todos los ferrocarriles en el mismo sistema indujo a resolver en favor de la tensión de 1.500 voltios, pues parece que hay casi unanimidad en que este es el sistema más conveniente para los ferrocarriles españoles, al menos para los de vía estrecha de toda esta región.

Aunque las Compañías eligen el mismo sistema, sin ponerse de acuerdo previamente, no estaría mal que se impusiera un sistema para concederse una electrificación.

Refiriéndonos al de Las Arenas, objeto de este

artículo, vamos a hacer una ligera descripción de la forma en que se ha hecho la electrificación.

Una idea un poco errónea, cuando se electrifica un ferrocarril, es creer que la velocidad ha de ser mucho mayor; la velocidad viene en general limitada por las condiciones de la vía, y por esa causa no varía, en general, la velocidad máxima.

Pero como las aceleraciones son mayores en tracción eléctrica, son mas cortos los períodos de arranques, y como se gana también en las rampas, la velocidad media es mayor.

En la línea de Las Arenas no se puede alcanzar una velocidad de 60 kilómetros por hora más que en las proximidades de Lamiaco. Sin embargo, por las razones antedichas, se calcula que se invertirá en el recorrido Bilbao-Algorta una media hora, aproximadamente, como tiempo medio de los diversos trenes.

Entrando en la parte descriptiva de la instalación, para mayor claridad, vamos a dividirla en tres partes: Automotores, central de transformación y línea.

Automotores

Para el servicio que ha de establecerse se han adquirido ocho coches y tres furgones automotores.

Parte mecánica.—Los coches están constituidos por cajas montadas sobre carros giratorios, de dos ejes cada uno, sistema Brill, con zapatas dobles en cada rueda, accionadas por timonerías de freno de husillo y de vacío automático, tipo Hardy.

Tanto los largueros como las barras transversales del bastidor y las traviesas del pivote son hierro.

El revestimiento exterior de las cajas es de teca barnizada al natural y el decorado interior es semejante al de los actuales coches. El suelo es de chapa ondulada, sobre la que se ha extendido una capa de terrazzolith.

Los coches llevan un departamento de 1.ª clase, con entrada por el centro del coche; a los lados, dos departamentos de 2.ª clase, con entrada por los dos

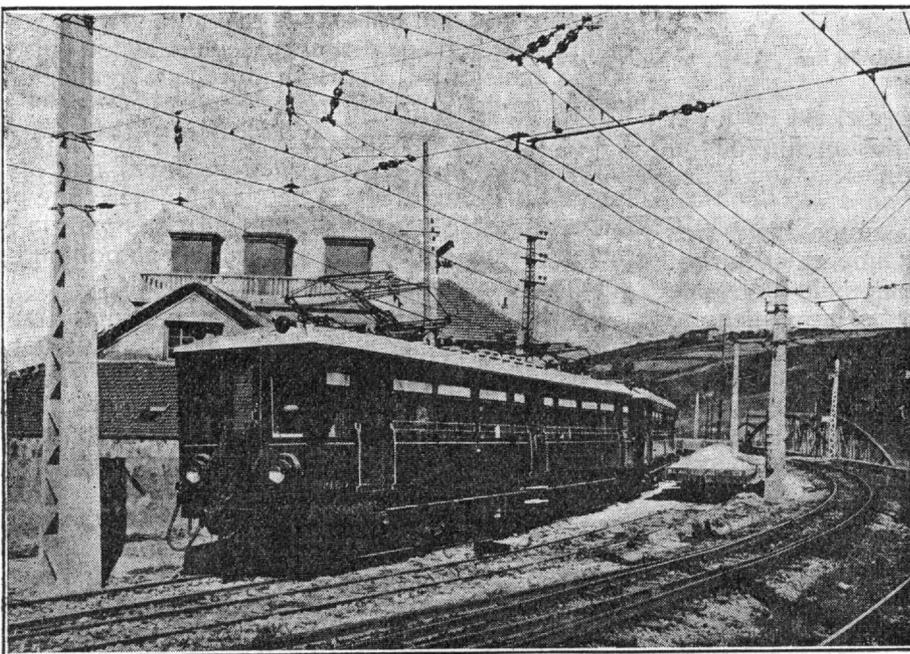


Fig. 1.ª—Coche automotor

extremos, y dos cabinas de mando, en cabeza y en cola.

Cada coche dispone de 18 asientos de 1.ª clase y 32 de 2.ª

Parte eléctrica.—Cada eje lleva un motor de 76 Kw. de potencia unihoraria; en la llanta, motor de tipo autoventilado, con polos de compensación para trabajar a una tensión de 750 voltios, en forma que siempre tienen que estar, por lo menos, cada dos motores en serie. El motor apoyado, por un lado, por

LS 703 D
 50 Voltios - 76 Kw - 113 Amperes - 700 r.p.m. -
 diam. de los ruedas: 850 mm. - Relación de engranaje 1 : 3,68
 100% de excitación
 50% " " "

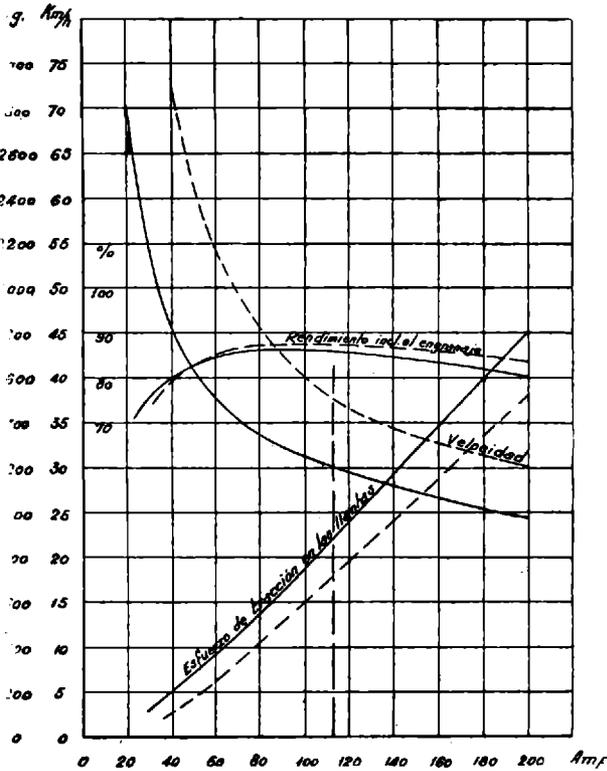


Fig. 2.ª—Características del motor de 76 kw.

medio de cojinetes antifricción sobre el eje, y por el otro en el truck; acciona el eje por medio de un par de engranajes con una relación de velocidades de 1: 3,68.

El arrollamiento inductor del motor tiene tres conexiones: dos en los extremos y una en el centro. Conectando las de los dos extremos, la corriente circula por todo el arrollamiento y así se obtiene lo que denominamos *campo completo*; si se conecta una del extremo con la del centro se tiene el *campo debilitado*, por circular la corriente solamente por la mitad del arrollamiento. La utilización de los dos campos permite una regulación más fácil de la velocidad y un aprovechamiento mejor de la energía.

Las características principales del motor son:

- Potencia horaria en la llanta: 76 Kw.
- Revoluciones a la potencia horaria..... { 700 con campo completo.
850 con campo debilitado.
- Esfuerzo de tracción en la llanta a la potencia horaria..... { 890 Kgs. con campo completo.
710 " " " debilitado.
- Potencia en servicio continuo: 54 Kw.

Sobrecargas: el 50 % de la potencia horaria durante dos minutos, y el 100 % durante treinta segundos, 20 veces por hora.

Rendimiento a la potencia horaria, incluídas las pérdidas en el engranaje:

85,5 % con campo completo.
88 % " " " debilitado.

Las curvas características de este motor se ven en la figura 2. Las de trazo lleno corresponden al campo completo y las de puntos al campo debilitado.

La regulación es del sistema de unidades múltiples. Sabido es que con este sistema se pueden intercalar en un tren varios automotores, manejándolos todos desde una cabina de cualquiera de ellos.

Como se ha dicho, cada automotor lleva dos cabinas con controller, que acciona un sistema de contactores electromagnéticos, los que, según los contactos establecidos, permiten nueve posiciones de marcha: cinco, en serie, y cuatro, en paralelo; la última de éstas con campo debilitado.

El accionamiento de los contactores se hace por medio de una corriente auxiliar de 550 voltios.

La manivela del controller lleva un botón que hay que oprimir *necesariamente* si se ha de tener corriente de mando. En caso de que por accidente del conductor, abandona éste la manivela, automáticamente quedan fuera de servicio los motores.

La corriente a 550 voltios, necesaria para la regulación, se produce por medio de un grupo motor-dinamo, 1.500/550 voltios, de 17 Kw. de potencia. Esta corriente se emplea también para el alumbrado y la calefacción de los coches.

Para tomar la corriente de la línea lleva cada coche dos pantógrafos, montados sobre armazones de hierro y cojinetes de rodillos. Los arcos que llevan los frotadores tienen un pequeño movimiento de giro alrededor de un eje horizontal perpendicular al hilo de toma, para facilitar un buen contacto. No se precisa ninguna maniobra para cambiar el sentido de la marcha.

Llevar también los coches aparatos de protección.

Para las sobretensiones que puedan proceder de alguna descarga atmosférica, tienen pararrayos de antenas, con una bobina de reactancia, para impedir que la sobretensión alcance a la instalación del coche, y una resistencia amortiguadora que reduce la corriente de descarga a tierra.

Para las sobrecargas se dispone de un relai de máxima, y para sobrecargas menores que las que hacen funcionar el relai de máxima, pero que por su larga duración pudieran ser peligrosas para la instalación, existe un fusible principal, con bobina apaga chispas.

Además, cada coche lleva un interruptor múltiple que permite, en caso de avería del coche, aislar toda su instalación de regulación, e intercalarlo en cualquier posición en un tren, como remolque, sin interrumpir el circuito eléctrico que se debe tener de un extremo a otro del tren, absolutamente necesario en el caso de mando por unidades múltiples.

Por último, para producir el vacío necesario para el frenado, existe un motor eléctrico de 3,2 Kw. de potencia, a 1.400 revoluciones y 550 voltios que, por medio de engranajes, mueve una bomba de vacío.

Llevar también los coches instalación de areneros, araña piedras, un indicador y un aparato registrador de velocidad, faros, luces de señales y una bocina de vacío.

Se modifican los coches remolques actuales, colocando a unos cuantos de ellos cabinas de mando, permitiendo el sistema de unidades múltiples colocar el automotor en cola o en cualquier otro lugar, manejado desde la cabina de cabeza del tren. Este procedimiento se piensa emplear entre Las Arenas y Algorta.

Central de transformación

Dada la longitud de la línea electrificada y la tensión elegida, basta una sola subestación que se ha emplazado en Luchana.

En esta central se recibe corriente de la Hidroeléctrica Ibérica, trifásica, 50 períodos, a 30.000 voltios, y de ella se alimenta la línea del ferrocarril, con corriente continua a 1.650 voltios, tensión un poco más alta que la normal, para compensar las pérdidas que haya en la línea.

La transformación de la corriente se hace por me-

Esos transformadores reciben la corriente a 30.000 voltios, trifásica, teniendo su secundario formado por un arrollamiento hexafásico, constituyendo el punto neutro de este arrollamiento el polo negativo de la corriente continua.

La capacidad de cada grupo es de 1.000 Kw. siendo de 606,5 amperios la intensidad correspondiente a un rectificador, a la tensión de 1.650 voltios.

Entre un transformador y su rectificador hay dos bobinas de reactancia, que equilibran la carga de los anodos que trabajan en paralelo y hacen que los rectificadores tengan una característica de tensión descendente, condición indispensable para el buen funcionamiento en paralelo.

Cada rectificador tiene 12 anodos, por donde entra la corriente, conectados de dos en dos a las seis fases del transformador, y de esos anodos pasa la corriente al cátodo, que lo constituye una cubeta de mercurio y que es el polo positivo de la corriente continua.

El vacío en el interior del rectificador tiene que ser sumamente intenso, 0,005 m/m. de mercurio, próximamente, pues si sube la presión la corriente puede establecerse entre anodos, pudiendo llegar a invertirse.

El vacío se hace en el rectificador por medio de dos bombas, una rotativa y una bomba de mercurio. Con la primera se extrae el aire hasta conseguir una presión de 0,5 m/m., y entonces se pone a funcionar la segunda hasta llegar al vacío de trabajo. La bomba de mercurio funciona sin interrupción, impulsando los gases extraídos en un depósito, y cuando en éste se llega a una presión de 5—10 milímetros se pone en marcha la bomba rotativa.

El vapor de mercurio ha de tener conductibilidad. Al comenzar no deja pasar la corriente y

para que se establezca el arco hay un dispositivo de encendido, consistente en una varilla metálica, que se pone en contacto con el mercurio del cátodo, separándose en cuanto ha hecho contacto para que salte el arco. Entonces comienza a pasar la corriente de los anodos.

Si la intensidad baja de unos 20 amperios se apaga el rectificador. Para que esto no suceda, si la carga descende de ese valor, automáticamente se conecta el dispositivo de encendido al llegar a los veinte amperios.

Los rectificadores están refrigerados para que su temperatura no pase de unos 40°.

Grupo motor-generator.—Este grupo está constituido por un motor asincrono de 535 Kw., a 3.000 voltios y 970 revoluciones, acoplado directamente a una dinamo de excitación, independiente, de 500 Kw., a 1.650 voltios.

Este motor-generator recibe la corriente de un transformador trifásico 30.000/3.000 voltios, de 650 KVA., con bornas auxiliares, para variaciones de $\pm 5\%$ de la tensión de alimentación.

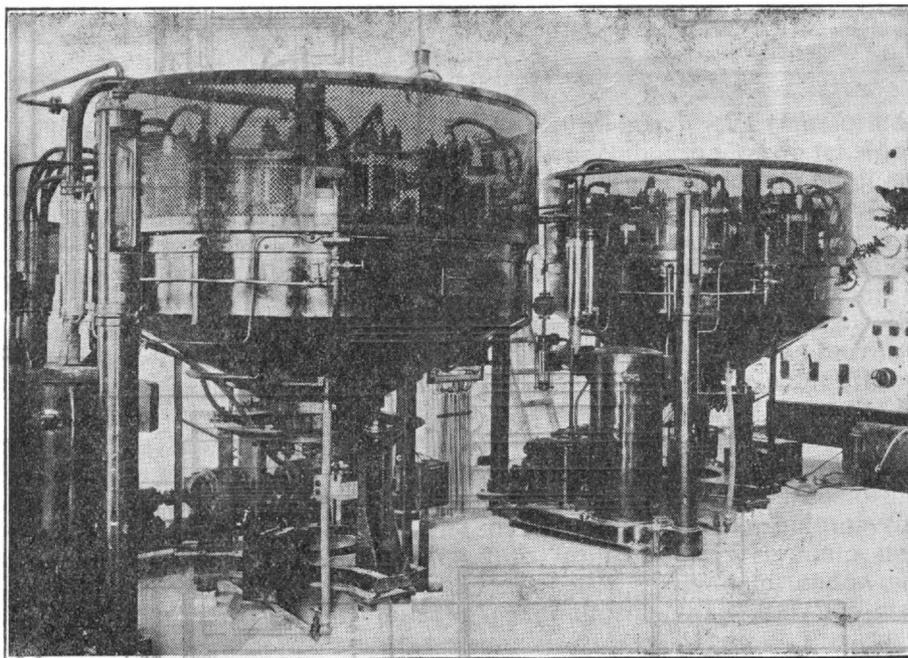


Fig. 3.ª—Grupo de rectificadores

dio de transformadores trifásicos de tensión y rectificadores de mercurio, existiendo como reserva un grupo motor generator.

Rectificador de mercurio.—Sabido es que estos aparatos se basan en la propiedad que tiene el vapor de mercurio, en espacio prácticamente vacío, en dejar pasar la corriente en un solo sentido.

Si se alimenta, por consiguiente, un rectificador con corriente alterna quedan solamente las ondas de un sentido de corriente y si ésta es trifásica, por superponerse las ondas, tendremos corriente siempre en un sentido, sin interrupción, aunque realmente no es corriente continua, sino ondulada, siendo la ondulación tanto menor cuanto mayor es el número de fases.

Como el rectificador de mercurio no es transformador de tensión, ⁽¹⁾ la corriente a 30.000 voltios tiene que transformarse primeramente, y para eso se han instalado en la central dos transformadores trifásicos, alimentando cada uno un rectificador, formando dos grupos completamente independientes.

(1) No es la misma la tensión de entrada que la de salida, pero están en relación invariable.

28.500 voltios

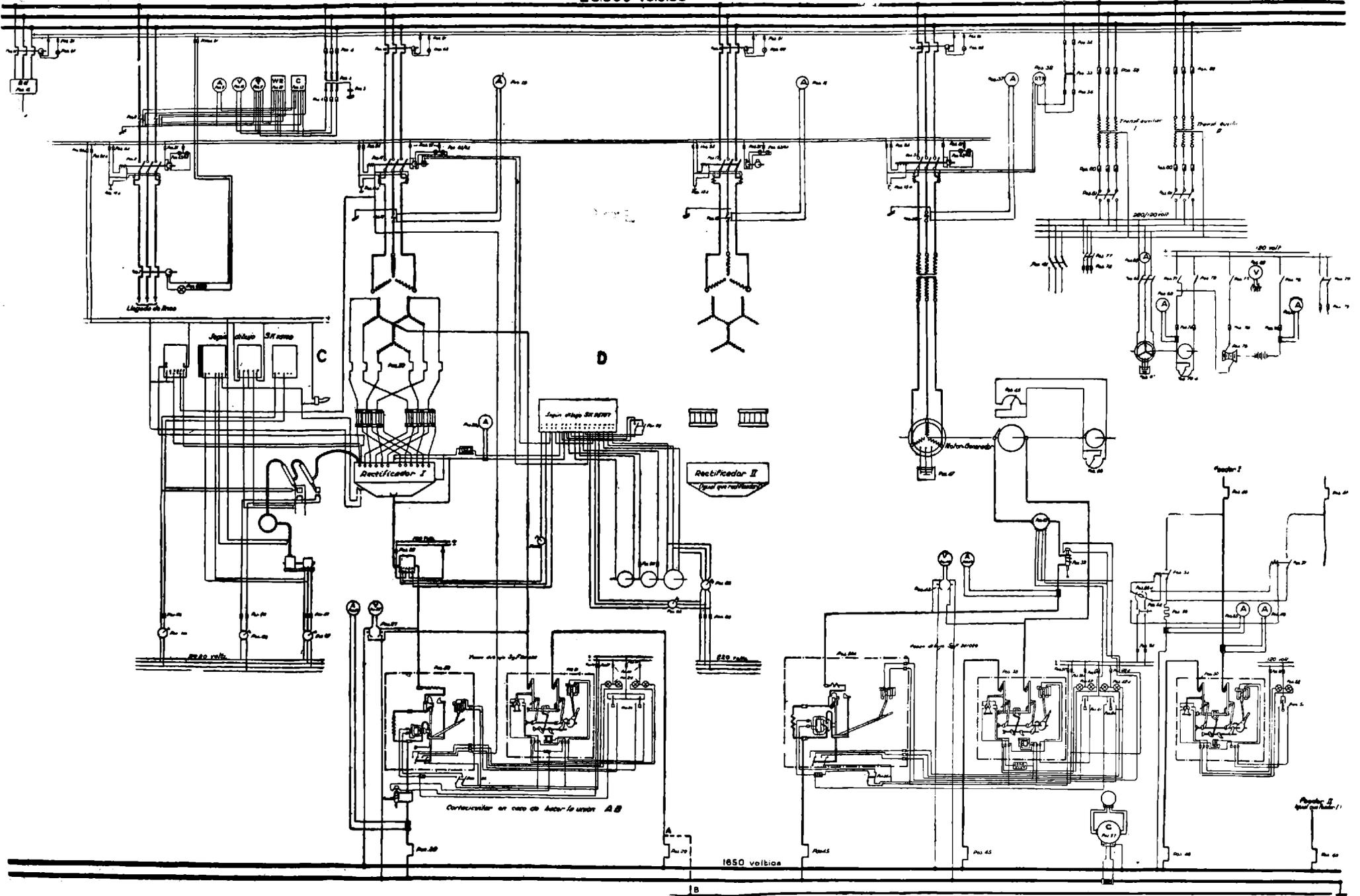


Fig. 4.—Esquema de conexiones de la subestación de Luchana.

- | | |
|---|---|
| <p>Pos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectador tripolar con dispositivo de accionamiento. 2. Interruptor de aceite, tripolar. 3. Transformador de tensión para corriente trifásica. 4. Fusibles de alta tensión. 5. Cortacircuito de perforación. 6. Cortacircuitos unipolares de baja tensión. 8. Transformadores de intensidad. 9. Amperímetro de precisión. 10. Voltímetro de precisión. 11. Fasímetro. 12. Vatímetro registrador. 13. Contador trifásico. 14. Desconectador tripolar como Pos. 1. 15. Aparato contra sobretensiones sistema Bendmann. 16. Desconectores tripolares como Pos. 1. 17. Interruptores de aceite como Pos. 2. 18. Transformadores de intensidad. 19. Amperímetros de precisión. 20. Desconectores unipolares. 21. Interruptores automáticos de máxima para 22. Extrarrápidos de contracorriente para mando a distancia. 23. Relais de máxima y de tiempo para los automáticos de la Pos. 21. 24. Conmutadores de accionamiento. 25. Dispositivos de señal. 26. Voltímetros de precisión. 27. Conmutadores de voltímetro. 28. Amperímetros de precisión. 29. Desconectores unipolares. 29.^a Amperímetros. 30. Desconectador tripolar como Pos. 1. 31. Interruptor de aceite. 32. Relais de tensión nula. 33. Transformador de tensión monofásico. 34. Cortacircuitos de alta tensión como Pos. 4. | <ol style="list-style-type: none"> 35. Cortacircuitos unipolares de baja tensión como Pos. 6. 36. Transformador de intensidad. 37. Amperímetro de precisión. 38. Interruptor automático de máxima como Pos. 21. 38.^a Extrarrápidos de máxima. 39. Relais de máxima y de tiempo como Pos. 23. 40. Relais de contracorriente para Pos. 38. 41. Conmutador de accionamiento. 42. Dispositivos de señal. 43. Voltímetro de precisión. 44. Conmutador de voltímetro. 45. Desconectores unipolares como Pos. 29. 46. Accionamientos para el regulador de excitación. 47. Accionamiento para el aparato de arranque. 47.^a Amperímetro de precisión. 48. Desconectores unipolares como Pos. 29. 49. Amperímetros de precisión. 50. Interruptores automáticos de máxima como Pos. 21. 51. Conmutadores de accionamiento. 52. Dispositivos de señal. 53. Contadores para corriente continua. 54. Botones de manejo. 55. Amperímetros de precisión. 56. Resistencia de prueba. 57. Contador de continua. 58. Desconectores tripolares como Pos. 1. 59. Cortacircuitos unipolares como Pos. 4. 60. Cortacircuitos unipolares de baja tensión. 61. Desconectores tripolares de palanca. 62. Dispositivos de señal. 63. Dispositivos de señal. 64. Dispositivos de señal. 65. Interruptor automático tripolar. 66. Amperímetro. 67. Accionamiento para el aparato de arranque. 68. Amperímetro. |
|---|---|

En la forma en que se ha montado la central se dispone de tres grupos, formados cada uno por un transformador y un convertidor, absolutamente independientes, lo que da la mayor seguridad posible.

Servicios auxiliares.—Para el accionamiento de las bombas de los rectificadores, de las bombas para el agua de refrigeración, alumbrado, etc., se necesita corriente a baja tensión. Se han colocado dos transformadores trifásicos de 30.000/220 voltios de 10 KVA., para esos servicios.

A la línea de baja de estos transformadores están conectados los motores que mueven las bombas de vacío y las de agua.

Para el encendido de los rectificadores se emplea corriente continua, producida por una dinamo a 65 voltios, movida por un motor trifásico a 220 voltios, al que está acoplada.

Para el alumbrado auxiliar y para el accionamiento de relays, se dispone de corriente continua a 120 voltios, producida por un pequeño grupo motor-generador de cinco Kw. de potencia.

Existe, además, una batería de acumuladores de 66 elementos, con una capacidad de 74 amp. / hora.

Los rectificadores consumen en la refrigeración unos 800 litros por hora, y se ha dispuesto un sistema de refrigeración para utilizar el agua en circuito cerrado.

Esquema de conexiones.—La figura 4 representa el esquema de conexiones de la subcentral.

La línea que llega de la Hidroeléctrica pasa por un desconectador tripolar (1), un interruptor de máxima en baño de aceite (2) y un transformador de intensidad (8) a las barras a 30.000 voltios.

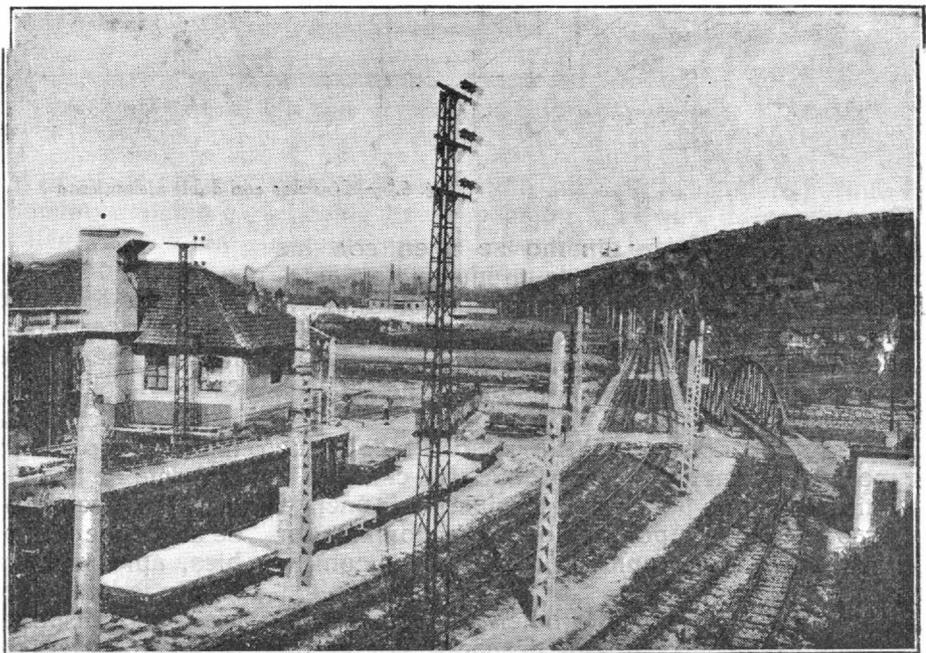
El transformador de intensidad (8) y un transformador de tensión (3), permiten la conexión de todos los aparatos de medida: amperímetro, voltímetro, fasímetro, vatímetro registrador y contador.

A la izquierda del esquema y unido por medio de un desconectador tripolar se ve un aparato Bendmann (15), para proteger la instalación contra sobretensiones.

De las barras de alta tensión, por un desconectador tripolar (16) y un interruptor automático de máxima (17), recibe la corriente el transformador que va a alimentar el rectificador I. Entre ambos hay unos desconectores (20) y las bobinas de reactancia.

Un transformador de intensidad (18) permite conectar un amperímetro (19).

Del punto neutro del arrollamiento de baja del transformador sale uno de los hilos de continua pasa por un interruptor automático de máxima (21)

Fig. 5.^a—Trozo de línea del F. C. de Bilbao a las Arenas

que se maneja desde el cuadro y se une a las barras.

El otro hilo sale del catodo del rectificador y pasa por un interruptor extrarrápido de contracorriente (22), también con mando a distancia, antes de empalmarse a las barras.

Los desconectores (20) y (29) permiten aislar el rectificador y los interruptores en caso de alguna reparación.

Los esquemas situados a izquierda y derecha del rectificador I se refieren a aparatos de señales y alarma (C) y al encendido (D), dispositivos que no se detallan.

El grupo del rectificador II es exactamente igual al anterior.

Un desconectador tripolar (30) y un interruptor de máxima (31) unen con las barras al transformador trifásico de 30.000/3.000 que alimenta al motor regenerador.

Esta corriente continua sirve para el alumbrado auxiliar de la subcentral y para el mando de todos los relays y aparatos que se manejan desde el cuadro.

Las barras de continua se unen a los feeders que alimentan la línea por medio de interruptores automáticos de máxima.

Por último un contador de corriente continua (57) permite medir la potencia suministrada por la subcentral que relacionándola con la medida en el contador (13) da el rendimiento del conjunto de la instalación.

El hilo positivo está unido a la vía y el negativo a la línea. Conectados en esta forma no se tiene la alta tensión en la envolvente exterior del rectificador, por lo que no es necesario ponerle la defensa que usualmente suele llevar.

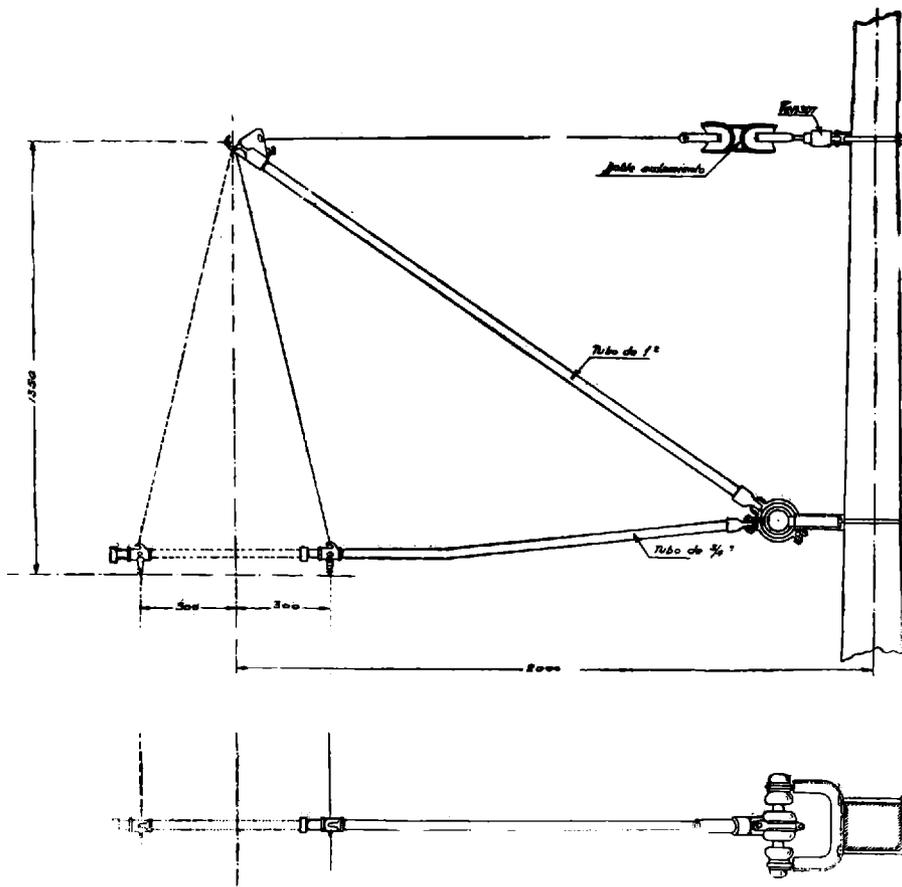


Fig. 6.ª—Ménsulas con doble aislamiento

Los dos polos de la dinamo se unen con las barras de continua por medio de un interruptor automático de máxima (38) y un extrarrápido (38 a).

A las barras de alta tensión, por medio de desconectores unipolares están unidos los transformadores auxiliares que alimentan las barras de trifásica a 220 voltios.

El interruptor tripolar (65) da paso a la corriente al grupo motor generador que produce la continua a 120 voltios. Los dos polos de la dinamo se unen a las barras de continua por medio de un conmutador unipolar (71) y un interruptor automático de contracorriente (72).

A esas barras está unida la batería de acumuladores regulándose la corriente de descarga por el reductor (75) y evitándose el automático (72) que la batería pueda descargar sobre la dinamo.

Línea aérea

Como las velocidades que se han de alcanzar en este ferrocarril son moderadas a causa del perfil del trazado, se ha elegido para la línea aérea el tipo de catenaria simple. (fig. 5)

Este tipo, sumamente conocido, consiste en dos hilos: el superior, fijo en los postes, tiene entre ellos la forma de una catenaria, cuya flecha depende de la tensión de tendido y el inferior, que es el de contacto, se suspende del primero por medio de enlaces flexibles, aproximándose a la horizontalidad.

En todo el trayecto de Bilbao a Algorta hay doble vía y para disponer libremente de una vía en el caso de tener que hacer una reparación en la otra se ha hecho que las dos líneas instaladas sean independientes mecánica y eléctricamente, por lo que cada una

se apoya en una serie de postes colocados al lado de la vía correspondiente. Para emplazar el hilo de contacto sobre el centro de la vía, se han colocado en los postes unas ménsulas que en su extremo llevan la catenaria y el hilo de contacto,

Queda constituida la línea por los postes, las ménsulas y la línea propiamente dicha.

La distancia entre postes es variable según estén situados en una alineación recta o en curva, dependiendo en ésta de su radio. Así, la distancia mínima adoptada es de 23 metros y la máxima de 70 metros en recta.

Los esfuerzos a que están sometidos los postes son también diferentes según su emplazamiento y por esta causa se han construido seis tipos distintos como soportes de la línea y dos tipos más para anclaje del hilo de trabajo. De estos últimos nos ocuparemos más adelante.

De esos seis tipos de postes, tres sirven de apoyo a la línea y otros tres para atirantado en las curvas. Los primeros tienen una altura de 7 metros sobre el terreno y los últimos de 5,75.

quiere la importancia que alcanzaría con ménsulas fijas. Además permiten la tensión automática del hilo.

En la figura 6, se ven las dos longitudes que tienen las ménsulas: una está indicada con trozo lleno y la otra de puntos. La distancia del eje del poste al de la vía es de dos metros y los extremos de las ménsulas van quedando alternativamente a un lado y otro del eje de la vía, a una distancia de 30 centímetros con el objeto de que el hilo de contacto, formando zig-zag, no frote siempre en un mismo punto del pantógrafo, estropeando rápidamente el frotador, sino que roce en una extensión de 60 centímetros.

En la parte superior de la ménsula se fija el cable de suspensión y de él cuelga el hilo de contacto.

Generalmente, una línea, tipo catenaria simple, consta de un cable de acero del que está suspendido el hilo de contacto, alimentado por feeders que van sobre los postes de la línea. Pero se construyen también con cable de cobre como hilo de suspensión, como se ha hecho en este ferrocarril.

Evidentemente, la sección del cable de cobre tiene que ser mucho mayor que la del de acero, pero ha

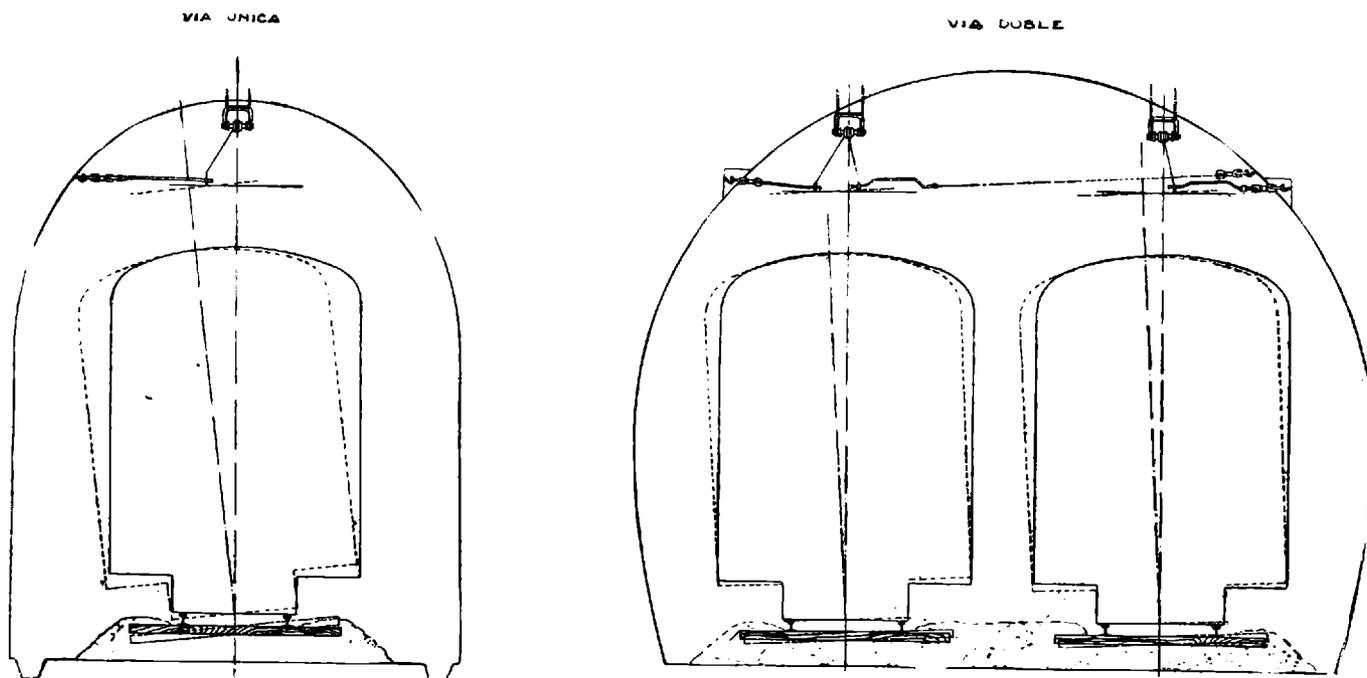


Fig. 7.ª—Disposición de la línea en túneles

La menor sección corresponde al poste de apoyo en alineación recta, en el que el momento máximo a que estará sometido, escasamente llegará a 2.000 kg./m. y el mayor al poste de atirantado para las dos vías en el que ese momento puede valer 4.500 kg./m.

Todos los postes son de hormigón armado.

Las ménsulas que se han colocado en los postes se ven en la figura 6, en la que se observa que están provistas de doble aislamiento para mayor seguridad de la línea, pues la rotura de uno de los aisladores no ocasiona derivación de ninguna clase.

Las ménsulas son giratorias alrededor de un eje vertical, con objeto de que la rotura del hilo de contacto no lleve consigo la rotura de varias ménsulas que no podrían soportar una tensión tan grande, siendo giratorias, una pequeña desviación de su posición hace bajar considerablemente la tensión del hilo del lado que no ha sufrido avería y ésta no ad-

permitido en cambio suprimir los feeders porque entre el cable de suspensión y el hilo de contacto tienen sección suficiente para que la caída de tensión, en el caso más desfavorable, tenga un valor perfectamente admisible.

El cable de suspensión, de cobre, es de 19 hilos de 3,2 m/m. de diámetro cada uno, resultado para el cable un diámetro de 16 m/m. y una sección de 155 m/m.²

El hilo de contacto es de sección ranurada y tiene 107 m/m.² de sección, siendo de 268 m/m. la sección total de la línea y de 0,0687 ohmios la resistencia por kilómetro.

El cable se ha colocado con una tensión inicial de 988 kilogramos a 15°. La temperatura y el viento influyen muy sensiblemente en la tensión, habiendo calculado que en el caso más desfavorable el cable estará sometido a un esfuerzo de 1355 kilogramos. Por el contrario, el hilo de trabajo, con la disposición

adoptada, estará sometido a una tensión constante, con objeto de evitar el peligro de una posible rotura del hilo por un gran descenso de temperatura y conservar con la mayor igualdad la flecha entre péndolas, (enlaces flexibles entre el hilo de suspensión y el de contacto).

El hilo de contacto está formado por trozos de 1500 metros aproximadamente, que son independientes entre sí. Cada uno de estos trozos está fijo en su punto medio a un poste de anclaje y en sus extremos lleva unos contrapesos, colocados en postes de anclaje, que son los que le dan la tensión elegida, que en este ferrocarril es de 800 kilogramos. Estos postes de extremidad de anclaje son los más robustos de la línea, pues el momento a que están sometidos llega a 14.200 kilogramos metros.

Poco antes de terminar un trozo, comienza otro en forma que el pantógrafo en un pequeño recorrido frote en los dos hilos, para que el paso se haga sin solución de continuidad.

Las péndolas son de cobre y están formadas por cable multifilar, sumamente flexible, con objeto de

entre carriles, se unen éstos por medio de unas conexiones formadas por 24 cintas de cobre y dos terminales que se embuten a presión en agujeros hechos en los carriles. Estas conexiones tienen una sección de 90 m/m².

A ciertas distancias están unidos ambos carriles de una vía y en algunos lugares ambas vías.

La resistencia eléctrica por kilómetro de vía sencilla es de 0,0854 ohmios.

Calculando con este dato y con la resistencia de la línea la caída de tensión resulta que en los casos más desfavorables de reparto de carga difícilmente llega esa caída de tensión al 10 % de la tensión en la subcentral.

Independientes las dos líneas, aunque en algún punto no lo son por completo, una avería en una de ellas permite que circulen los trenes por la otra, pero deseando localizar más las averías, la línea está seccionada en todas las estaciones.

La figura 8, representa el esquema de seccionamiento.

La línea está cortada donde se ve interrupción en

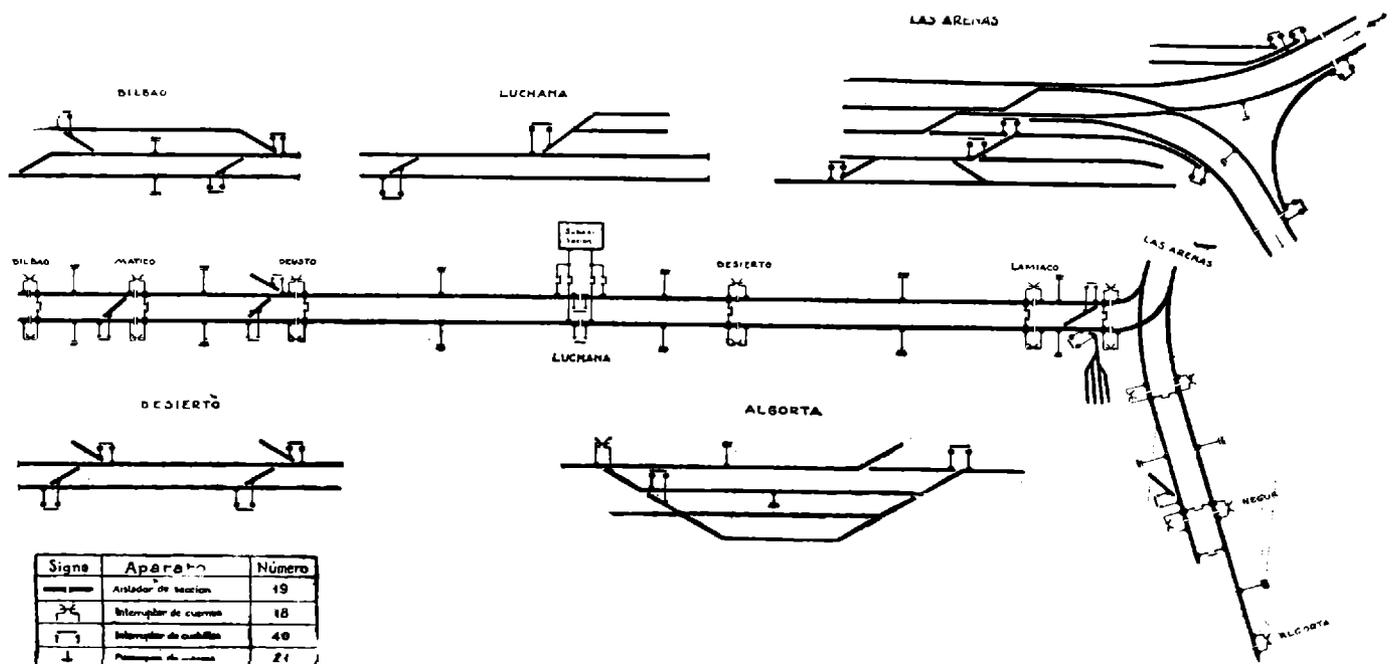


Fig. 8.ª - Seccionamiento de línea

que no den lugar a puntos duros en la línea, permitiéndose la toma de corriente a velocidades muy superiores de las que en esa línea se han de realizar.

En los túneles se ha conservado también la disposición de catenaria, aunque el procedimiento de suspensión es diferente que en vía libre. La figura 7, da idea de la disposición y se refiere tanto en vía sencilla como en doble a alineación curva, viéndose los atirantados para colocar el hilo de contacto en la posición debida.

No han permitido los túneles colocar el hilo de contacto a la altura que en vía libre, siendo de 4,10 metros la altura mínima y de 5,10 la máxima.

Aun para conseguir esa altura mínima en túnel ha habido que rebajar la vía en el túnel de Matico.

La línea aérea descrita constituye uno de los conductores del circuito. El otro está formado por los carriles.

Para evitar la discontinuidad debida a las juntas

el trazo grueso, cerrándose el circuito por los interruptores.

Vamos a suponer que haya una avería en la línea de la derecha entre Matico y Deusto. Se abren los interruptores de cuernos de esa vía colocados en Matico y Deusto y el de cuchillos de Matico, quedando así aislada esa sección, en la que se puede trabajar para reparar la vía, quedando las demás disponibles para el tráfico. La sección Bilbao-Matico, de la vía derecha, se alimenta por medio del interruptor de cuchillas de Bilbao, que pone en comunicación eléctrica ambas vías.

Los demás esquemas se refieren a seccionamiento de vías de apartado y secundarios en las estaciones.

La colocación de algunos cambios en la vía completarán la instalación de seccionamiento, permitiendo se pase de una vía a otra en el lugar oportuno.

Como se vé también en el esquema la línea está protegida por pararrayos, uno en cada sección.

Conclusión

Próximos a terminar los trabajos, en plazo breve ha de comenzar el servicio eléctrico pero ha de existir un intervalo de transición con todas las dificultades e inconvenientes que presentan las situaciones provisionales.

La composición normal de un tren será de un automotor y tres remolques, yendo el automotor en cabeza de Bilbao a Las Arenas y en cola de Las Arenas a Algorta, haciéndose el mando del remolque que va en cabeza. La marcha en esta forma tiene por objeto evitar la maniobra en Las Arenas, estación que, por ser de retroceso, complica mucho el tráfico.

Por esa causa el servicio comenzará seguramente entre Bilbao y Las Arenas, continuando a Algorta con tracción a vapor, aunque se quiere que este período de tracción mixta sea lo más breve posible.

Como se ha dicho al principio de este artículo, no

variará gran cosa la velocidad máxima, calculándose que un tren de composición normal hará el recorrido de Bilbao a Algorta en media hora, con tres paradas entre Bilbao y Las Arenas.

Este cálculo se hace partiendo de las curvas características de los motores que dan la relación entre la velocidad y los esfuerzos en la llanta y de las resistencias de la vía, pero como el coeficiente de tracción, variable entre límites bastante grandes, no se ha determinado experimentalmente, no se conoce con suficiente exactitud para que la realidad no modifique algo los resultados de los cálculos.

Por último; los coches en su parte mecánica, se han construido en los talleres de Carde y Escoriaza, de Zaragoza, habiendo suministrado los trucks la firma Brill, de Filadelfia y los ejes montados la casa Krupp. El material eléctrico de la subcentral, coches y línea ha sido suministrado y montado por la A. E. G.