

T E M A 2
TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

- 2.1. Centros de generación (centrales eléctricas)**
- 2.2. Líneas de transporte de energía eléctrica**
- 2.3. Estaciones transformadoras**
- 2.4. Redes de distribución**
 - 2.4.1. Red secundaria de distribución**
 - 2.4.2. Red de baja tensión**
- 2.5. Alimentación de receptores**
 - 2.5.1. Alimentación a tensión constante o en paralelo**
 - 2.5.2. Alimentación a intensidad constante o en serie**

3. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN.

4. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL PETRÓLEO.

- 4.1. Transporte marítimo.**
- 4.2. Transporte terrestre.**

5. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL.

- 5.1. Transporte mediante canalizaciones de gas.**
- 5.2. Transporte en estado líquido.**

6. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

7. TRANSPORTE DE LAS SUSTANCIAS RADIATIVAS

8. TRANSPORTE DE LA BIOMASA

9.- LEY DE TRANSPORTES TERRESTRES

BIBLIOGRAFÍA

- **Las fuentes de energía.** Ed. Marcombo Boixerau. Pardo Abad, Carlos J.
- **El cuaderno de la energía.** Ed. Mc-Graw Hill. Barrachina Gómez, Miguel *et. al.*
- **Tecnología Industrial I.** Ed. Everest. 2002.
- **Tecnología Industrial I.** Ed. Santillana. Nieves Jiménez, Germán Cabrales. 1998.
- **Ley 1 6/1 987, de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres.**
- **R.D. 74/1992, de 31 de enero, por el que se aprueba el Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.**

1. INTRODUCCIÓN

Las distintas fuentes de energía y las maneras de usarlas tienen diferentes costos, implicaciones y riesgos, estando estos en función de las cercanías entre el centro de producción y el del consumo final. Durante la mayor parte de la historia humana, la energía tuvo que usarse in situ, en el molino de viento o de agua, o cerca de los bosques. Con el tiempo, la mejora del transporte hizo posible que los combustibles fósiles se quemaran lejos de donde se obtenían, y la manufactura intensiva los difundió mucho más. En el siglo XX ha sido común usar fuentes de energía para generar electricidad, lo cual puede proporcionar energía casi instantáneamente a través de cables lejos de la fuente. Además, la electricidad puede transformarse de manera conveniente en otros tipos de energía.

En la actualidad existe un claro desequilibrio geográfico a nivel mundial entre las zonas de producción de energía y las zonas de consumo. Como consecuencia de esto, los medios y el coste del transporte adquieren una importancia primordial. Se emplean para el transporte de los recursos energéticos todo tipo de medios: ferrocarril, barcos, camiones, conducciones mediante tuberías, hilos conductores de la electricidad, etc.

2. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Excepto en algunos casos muy concretos, la energía eléctrica no se produce en el lugar en que se consume, por lo que es necesario transportarla desde la central eléctrica que se produce hasta su lugar de consumo, distante a veces mucho kilómetros.

Un sistema eléctrico está dividido en tres subsistemas: de producción, de transporte y de distribución.

- El subsistema de producción está constituido por el conjunto de todas las centrales productoras de energía eléctrica, cuyo objetivo fundamental es generar la potencia que se precisa.
- El subsistema de transporte se origina en los centros de producción que conducen la energía eléctrica hasta las subestaciones de transformación mediante las líneas de transporte en muy alta tensión.
- Por último, y desde estas subestaciones transformadoras parten las redes eléctricas de distribución, encargadas de repartir y hacer llegar la energía eléctrica a todos los abonados.

En general, las centrales eléctricas se instalan al pie de los yacimientos de carbón (centrales térmicas), saltos hidráulicos (centrales hidroeléctricas) o cualquier otra fuente de energía y, una vez transformada, se traslada al centro de consumo mediante grandes líneas de distribución, las cuales pueden ser aéreas o subterráneas (en núcleos urbanos). De esta forma se aprovechan mejor las fuentes de energía, a la vez que se reducen los gastos por transporte.

La energía eléctrica no se puede almacenar, y los acumuladores no solucionan ni en parte el problema. Esto unido a que la energía eléctrica debe ser suministrada en el momento en que se solicita, tanto la producción como el transporte y distribución de la misma deben ser flexibles, para adaptarse a la demanda de cada momento.

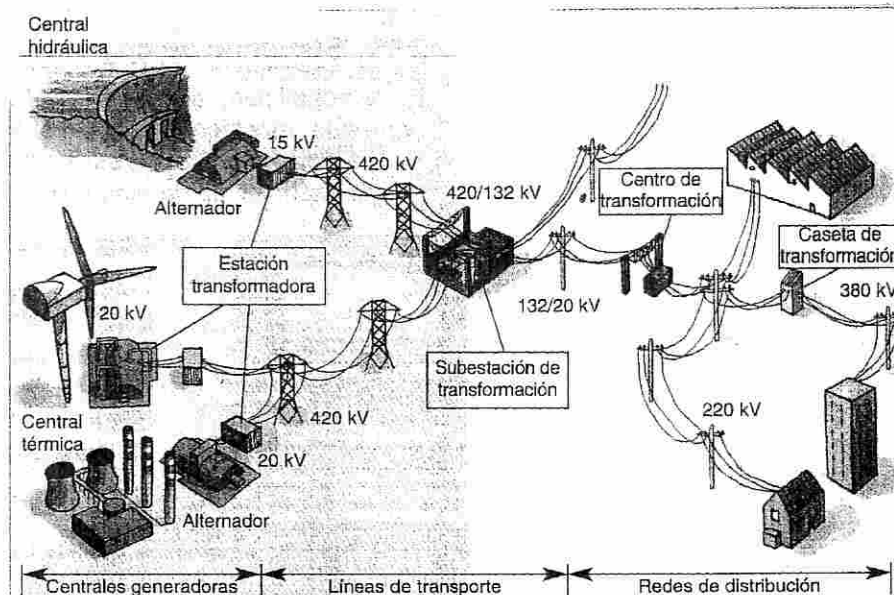
Para transportar la energía eléctrica se debe tener en cuenta una serie de aspectos como: los propios de la complejidad de la instalación, el transporte cruzando ríos, carreteras u otras líneas de transporte de energía o de telecomunicaciones, el paso por zonas geográficas complicadas, etc.

La corriente eléctrica se desplaza por conductores (hilos metálicos) que se deberán ajustar a la capacidad e importancia de la línea de distribución y a si se trata de corriente continua o alterna, o corriente monofásica o trifásica.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en el transporte de la energía eléctrica son las pérdidas de calor, por efecto Joule, que se producen en los conductores a lo largo de las líneas de distribución y transporte. Según Joule, al pasar la corriente eléctrica por un conductor se produce una pérdida de energía en forma de calor, la cual debe ser lo menor posible. Como estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la intensidad, se utilizan transformadores para aumentar el voltaje y reducir la intensidad, manteniendo constante la potencia ($P = V \cdot I$).

Los componentes generales de un sistema de transporte de energía eléctrica son (ver figura):

- Centros de generación (centrales eléctricas)
- Estaciones transformadoras
- Líneas de transporte en alta tensión
- Centros de transformación (transformadores)
- Líneas de distribución en baja tensión (redes de distribución). Estas líneas son las encargadas de llevar la energía eléctrica a los consumidores a tensiones inferiores a 1000 V (400 ó 230 V).
- Instrumentos de medida. Se encargan de medir la energía que se consume para facilitar posteriormente su comercialización. Se instalan en los circuitos que son propiedad de los consumidores.
- Elementos consumidores o receptores. Son los diferentes instrumentos, máquinas y equipos que utilizan energía eléctrica para funcionar.



2.1. Centros de generación (centrales eléctricas)

Son los encargados de producir energía eléctrica dentro del sistema eléctrico. Dependiendo de la energía primaria que utilicen se pueden clasificar en centros con energías renovables (hidráulica, solar, eólica, maremotriz, ...) y de energías no renovables (carbón, fuel. gas, nuclear).

La ubicación de una central generadora de electricidad tiene una serie de condicionantes. Así, las centrales hidroeléctricas han de estar situadas en valles profundos, sobre ríos que tengan suficiente caudal, además de que el suelo sea resistente y lo más impermeable posible (para evitar pérdidas por infiltración).

Las centrales maremotrices han de situarse en zonas donde la diferencia de nivel entre la marea baja y la alta sea muy pronunciada. Las centrales térmicas de carbón se suelen situar en zonas próximas a las minas, con el fin de evitar el coste que supone mover tantas toneladas de material. Si la central es de fuel o gas, es ideal la cercanía a una refinería de petróleo o puerto marino. En las centrales nucleares, es importante que esté alejada de los núcleos de población para evitar la contaminación de las personas en caso de fugas.

En cualquiera de los casos vistos, es necesario que la zona donde se instale la central sea de muy baja o nula actividad sísmica. Cuando se trata de centrales solares o eólicas, la única condición es que las condiciones climáticas de viento y horas de sol sean las adecuadas para que la instalación sea rentable económicamente.

2.2. Líneas de transporte de energía eléctrica

Se denominan redes primarias a los conjuntos de cables que unen las estaciones transformadoras (las cuales se encuentran cerca de las centrales de producción) con las subestaciones de transformación (que se hallan cerca de las poblaciones donde se va a consumir electricidad). Su tensión es de 420 kV. También se las conoce con el nombre de líneas de transporte.

Como ya se ha comentado, para los transportes de energía eléctrica se emplean altas tensiones, consiguiendo reducir la sección de los conductores empleados y tener menores pérdidas de potencia. Esto, no obstante, no quiere decir que una línea de distribución sea más económica cuanto más elevada sea la tensión de transporte, ya que, al aumentar la tensión, los transformadores necesarios aumentan de precio y lo mismo ocurre con los aisladores, apoyos, aparatos de medida, seccionadores y todo material necesario, salvo los conductores. Por otro lado, si se eleva mucho la tensión se deben tener en cuenta las descargas iónicas producidas por el conocido como efecto corona, el cual empieza a tener importancia a partir de 100 kV. Como regla empírica, se suele elevar la tensión de una línea (en kV) hasta una cantidad igual a la mitad de la longitud de transporte en kilómetros (por ej.: 150 kV para 300 km).

En caso de sobreintensidad en una línea (cortocircuito o sobrecarga) las partes afectadas tienen que desconectarse, lo que es misión de fusibles e interruptores automáticos. Los fusibles se pueden utilizar hasta 30 kV. Con tensiones mayores y grandes corrientes, el arco eléctrico resulta muy difícil de apagar, empleándose interruptores (de apertura con aire comprimido o interruptores de aceite), accionados automáticamente por relés de protección conectados a las líneas a través de transformadores de medida. Los interruptores se emplean también para los cortes voluntarios de la línea por reparaciones, ampliaciones y otros.

Una de las protecciones empleadas en las líneas de alta tensión contra las sobreintensidades de origen atmosférico es el hilo de tierra, que es un cable de acero instalado encima de la línea de alta tensión, en la cabeza de los apoyos, unido directamente a éstos y a tierra, para que la acción de las descargas atmosféricas vaya directamente, por este conductor, a tierra.

Para el transporte de la energía eléctrica, la línea más empleada, cuando la energía se consume en lugares distantes del de producción, es la línea de alta tensión aérea, que es aquella cuyos conductores se encuentran al aire, sustentados sobre postes o apoyos. Las líneas aéreas están constituidas por:

- Conductores.
- Aisladores.
- Apoyos.
- Crucetas.

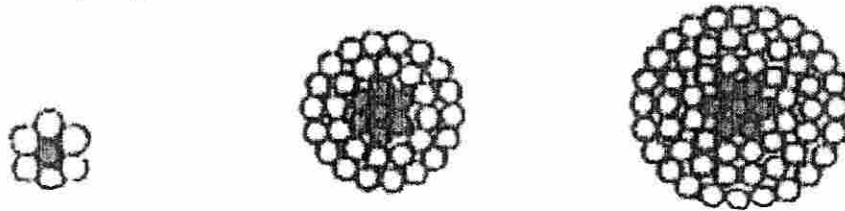
Los **conductores** deben poseer tres características: resistencia eléctrica (cuanto menor sea ésta, menores serán las pérdidas por calentamiento), resistencia mecánica (ya que en las líneas aéreas se originan grandes esfuerzos mecánicos) y economía (cuanto más baratos sean, menor resultará el coste del transporte de la energía eléctrica, obteniendo mayor rentabilidad).

En las líneas aéreas de alta tensión se utilizan básicamente el Cu y el Al, y en la actualidad, solamente el Al y sólo para casos muy justificados el Cu. Por ser la resistencia del aluminio muy pequeña es necesario que, para formar dichos conductores, su alma esté formada por alambres de acero con el fin de aumentar la resistencia mecánica de dicho conductor.

Los cables están formados por un hilo o grupo de hilos centrales, denominados alma o núcleo, alrededor de los que se trenzan helicoidalmente una o varias capas de hilos de igual sección. La sección mínima para conductores de Cu es de 10 mm^2 y la del Al de $12,5 \text{ mm}^2$.

Los conductores más utilizados en las líneas aéreas son los formados por Al – acero. Los hilos o alambres se van colocando en capas superpuestas, siendo los hilos centrales los formados por el acero y las capas exteriores las formadas por hilos de aluminio. Los más usuales son:

- Cable 1+6, formado por un hilo de acero y seis de aluminio.
- Cable 7+30, formado por un hilo central de acero y una capa envolviendo al mismo de 6 hilos de acero, y dos capas de Al superpuestas de 12 y 18 hilos.
- Cable 7+54, formado por un hilo central de acero envuelto por 6 hilos de acero y tres capas de aluminio de 12, 18 y 24 hilos.



Los **aisladores** son los elementos destinados a aislar el conductor de la línea de apoyo que lo soporta. Es preciso que los aisladores posean buenas propiedades dieléctricas para evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo.

Según el reglamento de alta tensión, los aisladores utilizados en líneas aéreas podrán ser de porcelana, vidrio u otros materiales de características adecuadas.

Los elementos utilizados para la fijación de los aisladores a los postes son los herrajes. Su diseño ha de ser adecuado a su función mecánica y para que sean inalterables a la acción atmosférica. Para evitar los fenómenos de oxidación, han de ser galvanizados todos los materiales que en su composición tengan hierro.

Los **apoyos** son los elementos que soportan los conductores y demás componentes de una línea aérea separándolos del terreno. Están sometidos a fuerzas de compresión y flexión, debido al peso de los materiales que sustentan y a la acción del viento sobre los mismos; además, a los desniveles del terreno.

Aunque pueden ser de cualquier material siempre que cumplan las debidas condiciones de seguridad, solamente se utilizan para construir apoyos, la madera, el hormigón y el acero.

Según la función de los postes en la línea, éstos se pueden clasificar en:

- Apoyos de alineación, cuya función es solamente soportar los conductores y cables de tierra. Son empleados en las alineaciones rectas.
- Apoyos de ángulo, empleados para sustentar los conductores y cables de tierra en los vértices o ángulos que forma la línea en su trazado.
- Apoyos de anclaje, cuyo fin es proporcionar puntos firmes, en la línea, que limiten e impidan la destrucción total de la misma cuando por cualquier causa se rompa un conductor o apoyo.
- Apoyos de fin de línea, que soportan las tensiones producidas por la línea; son su punto de anclaje de mayor resistencia.
- Apoyos especiales, cuya función es diferente a las enumeradas anteriormente; pueden ser, por ejemplo, cruce sobre ferrocarril, vías fluviales, líneas de telecomunicación o una bifurcación.

Los apoyos de madera están constituidos por árboles que les ha sido extraída la corteza y tratados convenientemente para que no se pudran (inmersión en líquidos compuestos por agua y bicloruro de mercurio en uno de los casos, o por impregnación de alquitrán cuando la madera está seca). Los tipos de árboles suelen ser castaño, abeto y pino. Su vida media es muy variada dependiendo de la madera utilizada y de la climatología. El extremo superior se prepara para que la lluvia no entre.

Los apoyos de hormigón están compuestos por hierro y hormigón. La armadura metálica está compuesta por varillas de hierro colocadas unas en sentido longitudinal y otras en transversal, para ser recubiertas de hormigón armado. Además, para mejorar las características del hormigón armado, se suelen utilizar las siguientes variaciones: hormigón vibrado, hormigón pretensado y centrifugado.

Las ventajas de los apoyos de hormigón sobre los de madera, son que permiten que los huecos sean mayores, su vida es muy superior, casi ilimitada, siempre que no queden varillas al descubierto y en contacto con el aire, ya que esto ocasionaría su oxidación y deterioro por esta zona. No necesitan mantenimiento. Como inconveniente son mucho más frágiles y pesados que los de madera.

Los apoyos metálicos están realizados con acero confeccionados de diversos tipos de perfiles, siendo los más destacados los que están laminados en forma de U, T, I; unidos por remaches, tornillos o soldadura.

Los apoyos metálicos tienen una serie de ventajas sobre los demás tipos de postes, entre las que destacan: superior resistencia mecánica, armado cómodo en el lugar de izado, fácil mantenimiento, mejor estética, etc. Se deben proteger contra la acción de los agentes atmosféricos, mediante pintado, galvanizado, metalizado, etc.

Los apoyos de celosía metálica, denominados "Torres" son los que se utilizan para el transporte de muy alta tensión (400-220-132 kV), alcanzando alturas desde el suelo próximas a los 55 ó 60 m, en función de la tensión de transporte y accidentes geográficos. Los llamados "Columnas metálicas" se utilizan para media tensión (30-20-15 kV). Se suelen construir con perfiles en U. Pueden ser contruidos de forma rígida o articulada.

Por último, comentar que se recomienda colocar indicaciones de "peligro" en todos los apoyos, recomendación obligatoria en las líneas de alta tensión y en general en todas las zonas frecuentadas.

Las crucetas son accesorios que se montan en la parte superior de los postes para sujetar adecuadamente los soportes de los aisladores. Se construyen de madera, hierro laminado u hormigón armado.

En el interior de los grandes núcleos urbanos, se aconseja en algunos casos y se obliga en otros a que el suministro de la energía eléctrica se realice mediante conductores enterrados. Esto se hace tanto por el peligro que puede ocasionar el instalarlos aéreos, como por aspectos de estética. Las redes de distribución subterráneas son mucho más costosas que las aéreas, entre otras cosas, por el diferente tipo de conductores que se emplean (más sofisticados que los aéreos).

Entre los materiales que se utilizan como aislamiento de los conductores están:

- Policloruro de vinilo (PVC), es un polímero termoplástico, que admite temperaturas de -50 a 60 °C y se emplea para tensiones de servicio de hasta 20 kV.
- Polietileno, es un polímero que soporta temperaturas entre -50 y 80 °C. Se le añade hollín para mejorar su resistencia a la luz y se utiliza para tensiones de servicio de hasta 30 kV.
- Polietileno reticulado, es el material termoestable más utilizado como aislante para cables subterráneos y de gran utilización para conductores aéreos. Puede alcanzar temperaturas de hasta 130 °C.
- Papel impregnado en una mezcla de resinas o aceites minerales.
- Politetrafluoretileno (nombre comercial "teflón") de gran resistencia a la oxidación y a los agentes químicos. Puede alcanzar temperaturas comprendidas entre -55 y 325 °C.

Además los cables suelen llevar una armadura (recubrimiento metálico) destinada a proteger el cable contra acciones mecánicas exteriores. Suelen ser de flejes de hierro, alambres de hierro, alambres de hierro recubiertos individualmente de PVC, pletinas de hierro, flejes de aluminio, alambres de aluminio, ...

Otros elementos que deben tenerse en cuenta en las líneas de transporte subterráneas son los elementos de empalme y derivación.

Empalme es la unión de dos conductores con el objeto de dar continuidad eléctrica y mecánica, ya sea porque al realizar el tendido haya que emplear dos bobinas o porque se haya producido rotura del conductor.

En redes subterráneas se emplean manguitos de empalme, llamados también cajas de empalme o torpedos. Según la finalidad del empalme, se pueden dar varios casos, como son: empalmar dos bobinas de la misma sección, derivar de un cable principal uno o más cables secundarios que generalmente serán de menor sección, y empalmar el cable subterráneo con la línea aérea.

Otro elemento importante en las líneas de distribución de la energía eléctrica subterráneas, es el registro o arqueta. Se trata de un pozo construido de ladrillo u hormigón, con una doble tapa para evitar que entre agua. La tapa interior va cerrada herméticamente y suele ser de fundición con objeto de soportar el peso y los esfuerzos exteriores. La forma de estos pozos puede ser de sección rectangular, elíptica o hexagonal.

Los registros son necesarios en todas las líneas subterráneas bajo tubo para el montaje, empalme, derivaciones y reparaciones, y sus dimensiones deben ser lo suficientemente amplias para poder realizar estos trabajos.

2.3. Estaciones transformadoras

Se trata del conjunto de aparatos eléctricos necesarios para la transformación y conversión de la energía eléctrica, o bien en otra de mayor tensión para un transporte más económico, o en otra de menor tensión para el funcionamiento de los receptores.

Según las características de la estación transformadora y su situación en la red, pueden clasificarse en:

- Estación transformadora; destinadas a transformar la energía eléctrica proveniente del alternador de los centros de producción (centrales eléctricas) en otra energía eléctrica de mayor tensión (420 kV) para ser transportada por las líneas de transporte.
- Subestaciones de transformación; transforman la energía eléctrica en otra de menor tensión que, a su vez, alimenta otras subestaciones o centros de transformación. Reducen el voltaje de la energía eléctrica de 420 kV a 132 kV.
- Centro de transformación; es una subestación destinada a la conexión de dos o más circuitos de media tensión y su maniobra, pudiendo tener salidas en baja tensión. Normalmente reducen la tensión de la energía eléctrica de 132 kV a 20 kV.
- Casetas de transformación; son las que transforman la energía eléctrica en otra de menor tensión (baja tensión), con la que se alimentan directamente los receptores de baja tensión. La entregan a 230 ó 400 V.

Las estaciones transformadoras pueden estar bajo techo (normalmente las de baja tensión), o al aire libre (normalmente las de alta tensión).

Los elementos que intervienen en una estación transformadora son:

- Barras de distribución; son los elementos conductores que unen los demás elementos de la estación. Están formadas con pletina o varilla de cobre de la sección adecuada a la potencia de la subestación.
- Autoválvulas; Son los elementos que protegen las estaciones transformadoras contra las sobretensiones de tipo atmosférico o de cualquier otro tipo. Se instalan entre una fase y tierra. Son, en principio, resistencias sensibles a la tensión (poca resistencia con mucha tensión), compuestas frecuentemente por carburo de silicio. Su funcionamiento consiste en que cuando a la estación llega la tensión nominal, la autoválvula se comporta como un circuito abierto, pero cuando llega una tensión más elevada, se hace conductora (disminuye su resistencia) permitiendo el paso de la corriente a través de ella a tierra, impidiendo la entrada de la sobretensión en la subestación.
- Seccionadores; son los elementos empleados para aislar las diferentes partes de la estación transformadora. Su funcionamiento es manual. Sólo pueden ser desconectados sin carga, cuando no hay ningún receptor conectado al transformador.
- Interruptor automático; es otra protección contra las sobreintensidades. Se desconecta automáticamente cuando hay un aumento de intensidad en cualquiera de las tres fases.
- Equipo de medida; son los aparatos empleados para la medición de la energía eléctrica consumida por los usuarios de la estación transformadora. Consta de bobinas amperimétricas y voltimétricas.
- Transformador de potencia; es el elemento principal de la estación transformadora, ya que, en él, es donde se transforma la energía eléctrica en otra de distinta tensión. Además de las protecciones contra sobreintensidades y sobretensiones ya mencionadas, dispone de sus propias protecciones internas, como relés de protección térmica, relés de máxima intensidad, etc.

2.4. Redes de distribución

2.4.1. Red secundaria de distribución

La línea de alta tensión recibe el nombre de red primaria. A la entrada de los núcleos de población, se instalan estaciones transformadoras que rebajan la tensión a valores inferiores, aunque todavía superiores a los que consumen los receptores de los abonados. Esto tiene por objeto distribuir la energía de un modo económico, aunque sin el peligro de la alta tensión de la red primaria. El conjunto de instalaciones entre las estaciones transformadoras y las subestaciones, que finalmente distribuirán la energía eléctrica a los consumidores, se denomina red secundaria.

En general, la red secundaria no solamente une una subestación transformadora con un único centro de transformación, sino que enlaza varias de ellas de modo que la red queda alimentada por varios puntos y, asimismo, alimenta a varias redes de baja tensión.

Las redes suelen estar cerradas en forma de anillo, para que, de este modo, a un punto determinado le llegue tensión por diversos caminos, y así en caso de avería no faltará el suministro.

2.4.2. Red de baja tensión

Es la que se encarga de llevar a los distintos abonados la energía eléctrica que necesitan. La red de baja tensión se alimenta en las subestaciones de transformación, y recorre, ya sea aérea o subterráneamente, las distintas calles de una ciudad, a fin de que se conecten a ella las diversas acometidas de los abonados.

Las redes de baja tensión forman también anillos cerrados, alimentándose por diversos puntos a fin de que quede asegurado el suministro.

2.5. Alimentación de receptores

2.5.1. Alimentación a tensión constante o en paralelo

En esta forma de alimentación, la estación transformadora mantiene constante la tensión entre los conductores. En derivación con estos conductores, se conectan los receptores en paralelo, de forma que la intensidad total suministrada por el generador es igual a la suma de las intensidades consumidas por cada uno de los receptores. Con esta forma de alimentación se tiene la ventaja de la absoluta independencia de los receptores, de forma que la conexión de uno no influye en el funcionamiento de los demás. El principal inconveniente es la necesidad de emplear cables de gran sección, según nos vamos acercando a la unidad de alimentación.

Un ejemplo de alimentación a tensión constante serían las líneas trifásicas a cuatro hilos. Tres de ellos, de la misma sección, constituyen las 3 fases, y el restante (en general de menor sección) sería el neutro. Otra ventaja de este sistema de alimentación sería el hecho de disponer de dos tensiones distintas y, al mismo tiempo, de poder alimentar receptores trifásicos. Las tensiones más usuales en baja tensión son 230 V y $230/\sqrt{3}$, entre fase y neutro, resultando las tensiones conjuntas, entre fases, de 230 V, y $230 \cdot \sqrt{3} = 400$ V.

2.5.2. Alimentación a intensidad constante o en serie

Consiste en conectar los receptores uno detrás de otro, de forma que la intensidad suministrada por el generador es igual a cada una de las intensidades que circulan por cada receptor, es decir, que la intensidad es constante. Por otro lado, la tensión en el generador es igual a la suma de las

tensiones de cada uno de los receptores. Un ejemplo de alimentación a intensidad constante sería la iluminación pública de calles.

La alimentación en serie es la más sencilla, ya que sólo necesita un hilo conductor de sección constante (porque la intensidad no varía), lo que supone un ahorro en material. Los principales inconvenientes son:

- Los receptores no son independientes entre sí, de forma que si uno se estropea, los demás dejarán de funcionar. Este inconveniente se supera conectando en cada receptor un interruptor automático, que se cierra cuando sucede una avería.
- Si se dispone de muchos receptores, la tensión necesaria es muy elevada, lo que supone un peligro, debiendo ser manejada la instalación por personal especializado.

3. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN.

El carbón es un mineral pesado y difícil de manipular. En el interior de la mina se distinguen las siguientes clases de transporte de material:

- **Manual:** realizado en trayectos muy cortos y con una pendiente muy suave, ya sea por medios rodantes (vagones, carro de artillero,...) o llevando directamente el material.
- **Impulsado mecánicamente:** puede ser mediante cintas transportadoras, cabrestantes (trayectos cortos), cable sin-fín, pancer (máquinas de transporte continuo en las que el material es arrastrado por láminas perpendiculares (regletas) que van unidas a unas cadenas que están impulsadas por una cabeza motriz en un extremo y un tambor loco en el otro), escraper (cabrestante de doble efecto que impulsa un arrastrador metálico que desplaza el mineral en trayectos cortos).

Una vez que el carbón ha sido extraído, necesita ser transportado desde la mina a la planta eléctrica u otro lugar de uso. La situación geográfica de las más importantes áreas exportadoras e importadoras hace imprescindible su comercialización mediante el transporte de grandes tonelajes en barcos, siendo necesarias instalaciones portuarias y barcos carboneros (200.000 – 500.000 Tm. de carga) para dicho transporte. Como alternativa se utiliza el ferrocarril, quedando el transporte por carretera exclusivamente para aquellos sitios inaccesibles.

Por todo esto, es lógico que, aunque el carbón es un combustible relativamente barato, los costes del transporte sean primordiales para determinar su rentabilidad (además de otros aspectos ecológicos y sociales), tanto en la explotación como en su uso. Por esta causa, se tiende a situar los centros de consumo en las proximidades de la explotación o bien cercanos a los núcleos de las vías para el transporte del carbón.

En EEUU, el carbón fluidificado se transporta, también, en grandes tuberías, para que, una vez ya en tierra, distribuirse en camiones para su uso a nivel doméstico o industrial.

4. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL PETRÓLEO.

El transporte de petróleo es una operación fundamental dentro del ciclo del petróleo, como consecuencia de un reparto extendido pero muy desigual de los yacimientos y un distanciamiento entre zonas productoras y consumidoras. Los yacimientos petrolíferos se encuentran en lugares muy localizados y, casi siempre, lejos de las zonas de consumo. Esto implica que el petróleo se transporte a grandes distancias hasta las refinerías y desde ellas se distribuye.

El transporte del petróleo bruto (cuando todavía no ha sufrido ninguna transformación) es el que recorre mayores distancias, para lo cual se utilizan dos medios: transporte marítimo y terrestre. Estos dos medios son complementarios, ya que los petroleros se emplean para el transporte marítimo intercontinental y los oleoductos para el transporte terrestre dentro de un mismo continente.

4.1. Transporte marítimo.

Para transportar el petróleo bruto por mar se utilizan los petroleros. Cuando comenzó el auge del petróleo se construyeron los superpetroleros (buques con más de 200.000 Tm.). Su tamaño se redujo considerablemente a partir de la crisis de los setenta debido a los riesgos económicos y medioambientales que suponían sus grandes dimensiones (en caso de accidente la contaminación era enorme y se producía una reducción en la producción de energía para el país importador). Se tomaron medidas para reducir los riesgos en caso de accidente, entre las que se encuentra la utilización del dobles casco para evitar que la salida del crudo provocase una gran catástrofe medioambiental, aunque se han dado casos como el del Prestige que han hecho plantearse a los gobiernos cómo regular el transporte marítimo del petróleo disminuyendo al máximo los riesgos que ello supone debido a los inseguros medios e infraestructuras que intervienen y por las grandes cantidades de crudo que se manejan.

Por otro lado, recientemente se ha descubierto una bacteria capaz de asimilar los elementos fósiles presentes en ambientes líquidos, lo que representa una mejora de las posibilidades para la eficaz recuperación de los ecosistemas afectados por los vertidos de crudo.

A pesar de la disminución del tamaño, los petroleros siguen siendo el medio más utilizado para el transporte del petróleo a grandes distancias. Este transporte a gran escala ha dado lugar a la creación de amarraderos en alta mar comunicados a través de conductos submarinos con el puerto, así como de enormes puertos capaces de responder a las necesidades de los petroleros y que actúan, al mismo tiempo, como centros de distribución del petróleo hacia puertos de menores dimensiones.

Para el transporte costero y fluvial se utilizan barcos y buques cisternas más pequeños.

El transporte marítimo resulta más económico que el terrestre mediante oleoductos. Además, con el transporte mediante oleoductos, se corre el riesgo de cortes en el suministro ante cualquier modificación de la situación internacional.

4.2. Transporte terrestre.

El método utilizado para el transporte del petróleo bruto y sus derivados por tierra es el oleoducto, que consiste en un sistema de tuberías de acero de diámetro y longitud variable, normalmente cubiertas de material aislante, conectadas entre sí. Las inversiones para este tipo de transporte dependen de la longitud, relieve, capacidad de transporte y de los sistemas de bombeo.

El bombeo es fundamental ya que permite la circulación del crudo por el interior de las tuberías. Esto es posible gracias a las estaciones de bombeo, localizadas generalmente a 50 km unas de otras, aunque, tanto el número, como la distancia entre ellas depende del terreno, del volumen de transporte, de la viscosidad del petróleo y del diámetro de las tuberías.

Los oleoductos, según su función, se clasifican en:

- Oleoductos que unen las refinerías y los centros de consumo. Son propios del transporte interior de los países productores, aunque existen algunos que llegan a unir al país productor con otros consumidores atravesando grandes distancias.
- Oleoductos que conducen el petróleo desde los yacimientos a los puertos de embarque donde serán cargados los petroleros.
- Oleoductos que transportan el petróleo desde los puertos de llegada de los petroleros hasta las refinerías. Son propios de países consumidores.

Los tres tipos de oleoductos pueden, a su vez, ser superficiales, subterráneos o submarinos.

Tienen el inconveniente de que no se puede modificar su trayecto y están sujetos a posibles problemas políticos entre las distintas regiones que atraviesan, que podrían cortar el suministro.

También se transporta en camiones cisterna y por ferrocarril (en vagones cisterna), pero sólo productos derivados y cuando las distancias son pequeñas. Este tipo de transporte encarece mucho estos productos, al ser varias las sustancias resultantes del refino (gasolinas, gasóleos, queroseno, etc.) y muchas las zonas de reparto. Así, los gases procedentes de la destilación fraccionada del petróleo (propano, butano, metano,...) se transportan, mediante camiones o por ferrocarril, en envases como barriles, toneles, bidones, latas, botellas, bombonas de acero,...

159 l/m.

5. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL.

Una vez obtenido el gas natural debe ser transportado hasta los lugares de consumo. Su propia naturaleza física excluye la posibilidad de un transporte convencional bajo condiciones normales de temperatura y presión, ya que, para un mismo volumen transportado, el poder calorífico del gas es bastante inferior al del petróleo.

Como se trata de una fuerza de energía en desarrollo se han creado unos medios para su transporte suficientemente avanzados tecnológicamente que rentabilizan esta tarea. El transporte puede ser mediante canalizaciones de gas, o en estado líquido.

5.1. Transporte mediante canalizaciones de gas.

Consiste en distribuir el gas natural en estado gaseoso por tuberías a diferentes presiones:

- Distribuciones a alta presión. Como red de transporte desde la planta productora. Son los que se conocen como gaseoductos, y utilizan presiones de distribución mayores de 16 bares, pudiendo llegar hasta 70 bares.
- Distribuciones a alta presión. Como red de distribución y suministro a industrias. Utiliza presiones entre 4 y 16 bares.
- Distribución en media presión. Como red de distribución y suministro para consumos domésticos, comerciales e industriales. Utilizan presiones de servicio menores de 4 bares.
- Distribución a baja presión. Como suministro para consumos domésticos y comerciales. La presión de suministro es inferior a 0,05 bares.

La conexión entre las distintas formas de distribución (con diferentes presiones) se realiza por medio de las estaciones de regulación, cuya función es regular la presión de salida.

Para el transporte del gas natural en forma de gas se necesitan una serie de elementos:

- 1- Canalización. Es el conjunto de tuberías y accesorios unidos entre sí que permite la circulación del gas por el interior de los mismos. Las tuberías suelen ser de acero, y se dispondrán enterradas con las correspondientes protecciones.
- 2- Unidades de compresión. Se denominan así al conjunto de aparatos, tuberías, instrumentos de control, válvulas, elementos de seguridad, dispositivos auxiliares y recinto, cuya misión es volver a comprimir el gas para que fluya sin dificultades y sin mucha variación de presión a lo largo de su recorrido. Son imprescindibles cuando el transporte de gas se va a realizar a grandes distancias. Se deben localizar equidistantes entre sí a lo largo del recorrido (aproximadamente cada 120 km).
- 3- Instalaciones complementarias. Como estaciones de regulación, de compresión, de medida, válvulas de seccionamiento, válvulas de seguridad y demás sistemas auxiliares.

Desde el punto de vista económico, los gasoductos son un medio de transporte caro. Estas tuberías necesitan, como ya se ha comentado, un número determinado de unidades de compresión, deben fabricarse con la suficiente resistencia como para soportar las altas presiones (lo que supone el uso de materiales costosos) y, su plena utilización depende de una demanda que fluctúa de acuerdo con las estaciones. Para satisfacer el incremento o decremento de esta demanda basta con aumentar o disminuir la presión de suministro con lo que el caudal de gas aumenta o disminuye.

La construcción de gaseoductos para el transporte del gas descubierto en zonas marinas es más costosa que la correspondiente en tierra. A ciertas profundidades incluso la tecnología hoy disponible, todavía no ha alcanzado el desarrollo suficiente como para realizar las operaciones necesarias.

5.2. Transporte en estado líquido.

El transporte del gas natural en estado líquido se divide en cuatro fases:

1ª Fase: Consiste en el transporte del gas natural por tubería desde los yacimientos al punto de la costa donde esté instalada la planta de licuación.

2ª Fase: Consiste en la licuación del gas tras enfriarlo en etapas sucesivas mediante agentes frigoríficos y posterior subenfriamiento mediante una expansión. Al final del proceso se obtiene el gas natural en estado líquido en unas condiciones de presión atmosférica, una temperatura de -163°C (estado criogénico), con una densidad de 455 kg/cm^3 , lo que equivale a reducir su volumen en unas 600 veces respecto al gas natural en condiciones normales, lo que permite disponer de gran cantidad de energía en un volumen reducido. Los costes de esta operación son muy elevados y las pérdidas de energía se sitúan en torno a un 25 % del contenido energético original del gas como consecuencia de la conversión.

3ª Fase: Transporte en buques especiales que se denominan frecuentemente metaneros. Son barcos de gran complejidad, ya que tienen que ser diseñados para mantener un líquido a temperaturas muy bajas, mediante un sistema de bombas criogénicas. El coste de fabricación de un metanero es el doble del de un petrolero de análogas dimensiones. Además, como el peso específico del gas natural licuado es bajo, una tonelada de este gas ocupa un volumen mucho mayor que una tonelada de crudo.

4ª Fase: Esta última fase consiste en la recepción del gas natural licuado en las instalaciones portuarias del país importador para la posterior regasificación y distribución comercial mediante tuberías. El proceso de regasificación se realiza en dos fases:

- Disminución de la presión del gas natural licuado mediante bombas centrífugas.
- Vaporización mediante intercambio de calor, bien con aporte de calor procedente de calderas auxiliares, o bien por aportación de calor procedente del agua del mar.

Hasta ahora, el transporte del gas natural en forma de líquido mediante barcos metaneros, no es el método más utilizado, sin embargo está aumentando a pesar de los peligros de escape.

6. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

Los principales fluidos que se utilizan para el transporte de la energía calorífica son:

- Agua
- Vapor de agua
- Líquidos termales
- Sales fundidas
- Aceites minerales
- Metales fundidos

Estos fluidos se caracterizan por su capacidad calorífica grande, por una estabilidad química dentro de su rango de aplicación, por su presión de vapor que permite utilizar diseños económicos, y porque la energía mecánica que hay que suministrar para su transporte es aceptable.

El vapor de agua es el fluido más comúnmente utilizado como medio para el transporte del calor, ya que no es tóxico. Su principal inconveniente es que su presión de vapor se eleva considerablemente para temperaturas de más de 500 °C.

Para el calentamiento de locales, el aire es el medio utilizado para transportar el calor por interiores. Para distancias mayores prácticamente el único medio utilizable es el agua o el vapor de agua. Mientras la temperatura requerida para su empleo sea menor de 70-75 °C, se puede utilizar el agua a presión atmosférica en un sistema abierto, como en la calefacción de muchos edificios, pero si se requieren temperaturas más altas, como en procesos industriales o en sistemas de calefacción a distancia, hay que poner el agua a presión o emplear vapor de agua a baja presión, o como en los procesos industriales que se utiliza vapor a alta presión.

El sistema de vapor a baja presión es el utilizado en EEUU para la calefacción de los rascacielos.

Para ceder el calor al medio ambiente se emplean aparatos que ceden el calor por convección o por radiación. Entre ellos están:

- Serpentines de tubos lisos, empleados en fábricas, almacenes, invernaderos, etc. Es un sistema efectivo y sencillo, fácil de mantener limpio.
- Tubos de peine, de hierro fundido o forjado, dotados de aletas formando peines más o menos tupidos que aumentan la superficie de distribución. Se suelen emplear en locales de espacio reducido y sin pretensiones estéticas.
- Radiadores, de chapa de 1-1,5 mm de espesor, o radiadores de fundición. Transmiten el calor por convección y por radiación.
- Convectores, son un tipo de radiadores o de tubos en peine que ceden el calor sólo por convección. Se empotran en las paredes por debajo de las ventanas.
- Batería de aire caliente, formada por un conjunto de tubos de acero de poco diámetro formando como un peine y acoplados por secciones. Para aumentar la capacidad de transmisión de calor, se completa con un ventilador que insufla aire a través de ella. Se suele emplear en talleres, garajes, almacenes, cines, etc.
- Climatizadores, provistos de un dispositivo para dosificar el aire, filtros de aire, baterías de calor y ventiladores. Se utilizan normalmente en oficinas.

7.- TRANSPORTE DE LAS SUSTANCIAS RADIATIVAS

La energía nuclear no se transporta, se utiliza convierte en energía térmica y ésta a su vez en electricidad en las centrales nucleares. Sin embargo, es necesario transportar los materiales radiactivos que se producen durante la explotación para depositarlos en instalaciones seguras y almacenarlos definitivamente en cementerios nucleares.

El transporte de las sustancias radiactivas se realiza de acuerdo con las recomendaciones establecidas por el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA). En el caso europeo, la legislación vigente es el Acuerdo Europeo para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR). La seguridad del transporte se basa en el concepto de "bulto", siendo éste el conjunto formado por el material radiactivo a transportar y el embalaje que lo confina. El grado de resistencia de este embalaje es proporcional a la actividad radiactiva que contiene y a la forma físico-química de las sustancias transportadas, atendiendo a su capacidad de dispersión.

Los residuos de baja y media actividad se mezclan con hormigón y se introducen en bidones que, primero, se almacenan en la propia central y, finalmente se llevan a almacenes definitivos, como el depósito del El Cabril (Córdoba).

Los residuos de alta actividad, provisionalmente se almacenan en la central, dentro de piscinas de hormigón con agua. Luego pueden reprocesarse o encapsularse (se mezclan con vidrio fundido) y depositarse en cementerios nucleares. Un cementerio nuclear es una instalación que debe asegurar su aislamiento, evitar el escape de los isótopos radiactivos, el peligro de irradiación directa y el contacto con los seres humanos y animales. Se construye en diferentes tipos de asentamientos (minas profundas) con estructuras geológicas estables como granito.

8.- TRANSPORTE DE LA BIOMASA

La biomasa debe almacenarse para asegurar el suministro continuo como cualquier otra materia prima utilizada para la producción de energía. La forma de almacenamiento depende del tipo de materia orgánica, y puede ser a la intemperie, bajo cubierta o en silos.

El transporte desde la zona de recogida a la de almacenamiento se hace por medio de distintos tipos de vehículos, en muchos casos dotados con equipos para la autocarga. El transporte interno en los lugares de almacenamiento y utilización suele hacerse mediante cintas transportadoras, tornillos sin fin, transporte neumático, etc.

Los Residuos Sólidos Urbanos que no pueden ser procesados se entierran en vertederos controlados.

9.- LEY DE TRANSPORTES TERRESTRES

Los transportes terrestres están regulados por la Ley 16/1987, de 30 de julio (BOE del 31) (Modificada por: L. 13/96, de 30-12; L. 66/97, de 30-12; RDL 6-98, de 5-6; L. 55/99, de 29-12; L. 14/00, de 29-12; L. 24/2001, de 27-12, y L.29/2003, de 8-10.), en dicha ley quedan recogidos los aspectos fundamentales de las condiciones que deben cumplir los elementos empleados para el transporte de mercancías empleadas en la producción de energía: carbón, combustibles gaseosos y líquidos..., tanto en su manipulación por vehículos que circulen por carretera como los ferrocarriles.

El Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera está regulado por el Real Decreto 74/1992, de 31 de enero y el Real Decreto 2115/1998, de 2 de Octubre, sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera, que se ajusta al texto refundido del Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), que entró en vigor el 1 de mayo de 1985. Dicho R.D. contempla las características que deben reunir los vehículos que se destinan al transporte de materias peligrosas, en las que están incluidas todas aquellas materias que se emplean básicamente como combustibles para la producción de energía tales como: Carbón vegetal, Carbón mineral, Butano, Propano, Metano, Aceites, Mezclas de materias combustibles....

Para el transporte de las mismas se establecen los distintos sistemas de manipulación, almacenamiento y tipo de vehículo, contenedor y envases que deben emplearse en cada caso. En el R.D. se contemplan una serie de definiciones:

- **Transporte a granel:** el transporte de una materia sólida sin envase.

- **Contenedor:** elemento para el transporte, son cajas especiales que tienen un carácter permanente y es, por tanto, lo suficientemente resistente para permitir su reiterada utilización. Está especialmente concebido para facilitar el transporte de mercancías sin operaciones intermedias de carga y descarga y está equipado con dispositivos que permiten su fácil manipulación, especialmente para el trasbordo de un modo de transporte a otro. Concebido de forma que sea fácil! de Llenar y de vaciar y con un volumen interior no menor de 1 m³. Una modalidad de contenedor es el contenedor cisterna que se emplea para contener materias líquidas, gaseosas, pulvulentas o granulares con una capacidad superior a 0,45 m³.

- **Unidad de transporte:** se denomina así indistintamente a un vehículo automóvil al que no se engancha ningún remolque o un conjunto constituido por un vehículo automóvil y el remolque unido al mismo.

- **Vehículo cubierto:** se trata de un vehículo cuya carrocería está constituida por una caja que puede cerrarse.

- **Vehículo descubierto:** es un vehículo cuya plataforma está desnuda o provista solamente de adarves y de una compuerta trasera.

- **Vehículo entoldado:** es un vehículo descubierto provisto de un toldo para proteger la mercancía cargada.

Se indica también en dicho Reglamento el tipo de indicación o distintivo que debe llevar el transporte para su identificación y precaución. Recoge además las disposiciones relativas a la construcción, los equipos adicionales, la disposición del motor, características de los materiales con los que se construyen estas unidades de transporte y los contenedores, en función del tipo de mercancía que deben transportar, en definitiva regula todos aquellos aspectos básicos que garanticen la manipulación, almacenaje y transporte de materias peligrosas entre las que se encuentran los combustibles.

También regula este Reglamento ~~de~~ la manipulación de material radiactivo que se emplea en centrales nucleares, fijando las características de los contenedores y vehículos empleados para dicho suministro.

En algunos casos y debido al tipo de materia que se deba transportar, será necesario contar con la aprobación especial correspondiente por parte de la autoridad competente, tal como sucede en el transporte de material radiactivo para centrales nucleares. En este caso también queda contemplado en este R.D. cuál debe ser el trámite a seguir en cada momento.

En ningún caso una unidad de transporte, conteniendo materias peligrosas, en nuestro caso, combustibles, debe llevar más de un remolque.