

## **Tema 2**

### **Transporte y Distribución de la Energía**

#### **Índice.**

- 1. Introducción.**
- 2. Energía Eléctrica.**
  - 2.1. Línea Aéreas de Alta Tensión.**
    - 2.1.1. Conductores.**
    - 2.1.2.- Aisladores.**
    - 2.1.3.- Apoyos.**
    - 2.1.4.- Crucetas.**
  - 2.2.- Líneas Subterráneas de Alta Tensión.**
    - 2.2.1.- Cables.**
    - 2.2.2.- Clasificación de los Cables Subterráneos.**
    - 2.2.3.- Materiales Conductores.**
    - 2.2.4.- Aislantes.**
    - 2.2.5.- Pantallas.**
    - 2.2.6.- Armadura.**
    - 2.2.7.- Cubierta.**
    - 2.2.8.- Elementos de Empalme y Derivación.**
    - 2.2.9.- Registros o Arquetas.**
  - 2.3.- Estructura de la Distribución de la Energía Eléctrica.**
- 3.- El Carbón.**
- 4.- Gas Natural.**
  - 4.1.- Redes de Distribución de Gases Combustibles.**
  - 4.2.- Transporte de Gas Natural en Estado Líquido (GNL).**
- 5.- El Petróleo.**
- 6.- Gases procedentes de la Destilación Fraccionada del Petróleo.**
- 7.- La Biomasa: Producción y Transporte.**
  - 7.1.- Combustión Directa de Residuos y Producción de Electricidad.**

**7.2.- Producción de Etanol.**

**7.3.- Producción de Biogás.**

**8.- Energía Geotermal.**

**9.- Ley de Transportes Terrestres.**

**9.1.- Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.**

**10.- Conclusión.**

**Bibliografía.**

- Tecnología Electricidad: Instalaciones y líneas. Ed. Edebé. Barcelona, 1993.
- Francisco Silva, José Emilio Sanz: Tecnología Industrial, Ed. McGraw Hill, Madrid, 1996.
- Revista del Ilustre colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia. Nº 8.
- AA.VV.: Medios de transporte. Ed. El País-Altea, Madrid, 1994. Enciclopedia Visual. Ed. Salvat, Navarra, 1978.
- AA.VV.: Energía. Ed. Altea. De la colección Ciencia Visual Altea.
- Ley 16/1987, 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.**

Hace algunos años existían pocas formas de obtener energía y era básicamente la madera y el carbón vegetal y mineral los elementos que se utilizaban para ello. La forma de transportarlos a los lugares de empleo se hacía básicamente con animales o se utilizaban los ríos para el transporte de los troncos de madera. El desarrollo del transporte por carretera y el ferrocarril, así como la utilización de otras fuentes de energía, facilitaron y propiciaron la distribución de los elementos energéticos, así tenemos que gran parte del tráfico de mercancías en Gran Bretaña, a principios de siglo, era de trenes carboneros. En la actualidad y debido al empleo de otras fuentes de energía no existe tanto transporte de carbón pero han surgido otros elementos para poder disponer de la energía en los lugares donde sea necesaria. Se emplean para ello todo tipo de medios: ferrocarril, barcos, camiones, conducciones mediante tuberías, hilos conductores de electricidad... ¿pero cómo son estos sistemas de transporte de energía? ¿en qué consisten? ¿cuáles son sus elementos? ¿cómo se emplean?.

A lo largo del tema daremos respuesta a estas y otras preguntas e iremos desarrollando cada uno de los sistemas de transporte de energía que se emplean en la actualidad y ahondaremos en sus características, regulación y utilización en general.

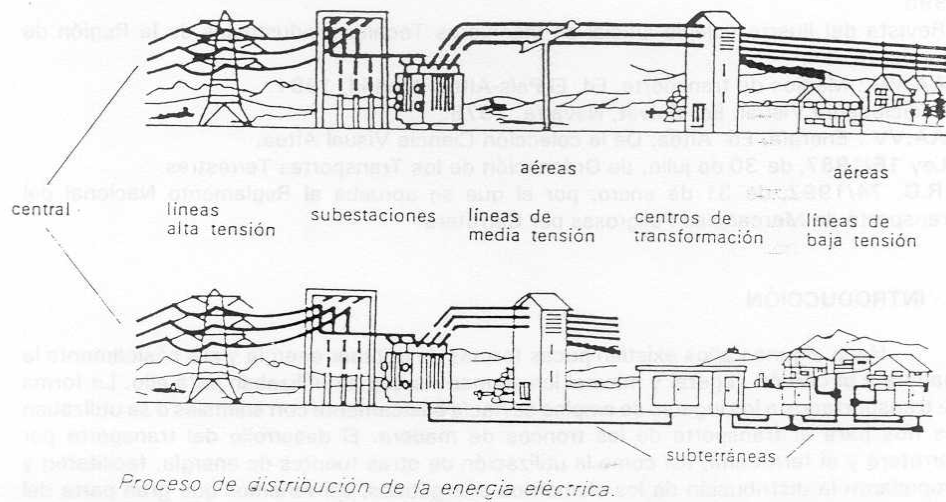
## **2. Energía Eléctrica.**

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 centenares de kilómetros.

Por regla general, las centrales generadores de energía eléctrica se instalan al pie de los yacimientos de carbón, saltos hidráulicos o cualquier otra fuente de energía y, una vez transformada, se traslada al centro de consumo mediante grandes líneas de distribución. Estas líneas pueden ser aéreas o subterráneas, estas últimas se dan más en los núcleos urbanos. Con este sistema de transporte de energía se consigue aprovechar mejor las fuentes de energía, a la vez que se reducen los costes de transformación, al centrarlos en pocos lugares. También, de esta forma, es posible la instalación de industrias en zonas del país que carezcan de fuentes primarias de energía.

Para realizar el transporte de energía eléctrica, es necesario superar muchos problemas:

- los propios de la complejidad de la Instalación,
- el cruce sobre ríos, carreteras y otras líneas de transporte de energía o de telecomunicaciones,
- su instalación en terrenos accidentados y a los que es difícil hacer llegar los elementos necesarios para la instalación de las líneas de distribución (conductores, apoyos, torres, herrajes ...)



Para el transporte de energía, se emplean altas tensiones (A.T.). en las que se utilizan líneas aéreas y líneas subterráneas. Para la distribución dentro de los núcleos urbanos se emplean líneas de baja tensión (B.T.), que también pueden ser aéreas y subterráneas.

Las líneas de alta tensión se clasifican en categorías según el voltaje de las mismas, así tenemos:

- 3ª categoría para tensiones nominales de 3-20 KV.
- 2ª categoría para tensiones nominales de 30-66 KV.
- 1ª categoría para tensiones nominales de 132-220 y 380 KV.

¿Pero cuáles son los elementos que componen una línea de alta tensión?, pasarnos al siguiente apartado del tema...

## 2.1.- Línea de alta tensión aérea.

Se entiende por línea aérea de A.T. aquella cuyos conductores se encuentran al aire, sustentados sobre postes. La línea aérea es la forma más empleada de transporte de energía eléctrica cuando esta se consume en lugares distantes del de producción.

Esencialmente las líneas aéreas están constituidas por:

1. Conductores.
2. Aisladores.
3. Apoyos.

#### 4. Crucetas.

Veamos en qué consiste y cuáles son las características de cada uno de estos elementos.

##### 2.1.1. Conductores.

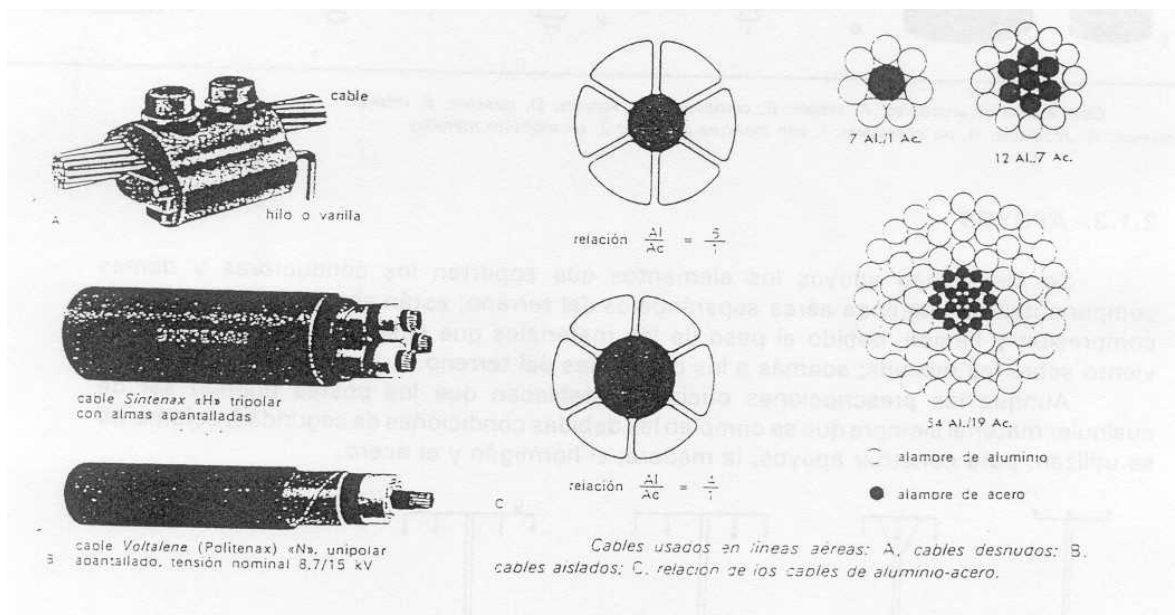
El Reglamento Electrotécnico establece como definición de conductor:

“cualquier material metálico o combinación de ellos que permita construir alambres o cables de características eléctricas y mecánicas adecuadas para el fin a que van a destinarse, siendo éstas inalterables con el tiempo además de presentar una resistencia elevada a la corrosión atmosférica”

Podrán emplearse como conductores: alambres, cables, cables huecos ... Pero las características exigibles para la elección de los conductores son básicamente tres:

- Resistencia eléctrica.
- Resistencia mecánica.
- Poco coste.

Se denomina sección de un cable la suma de las secciones de los hilos.



##### 2.1.2.- Aisladores.

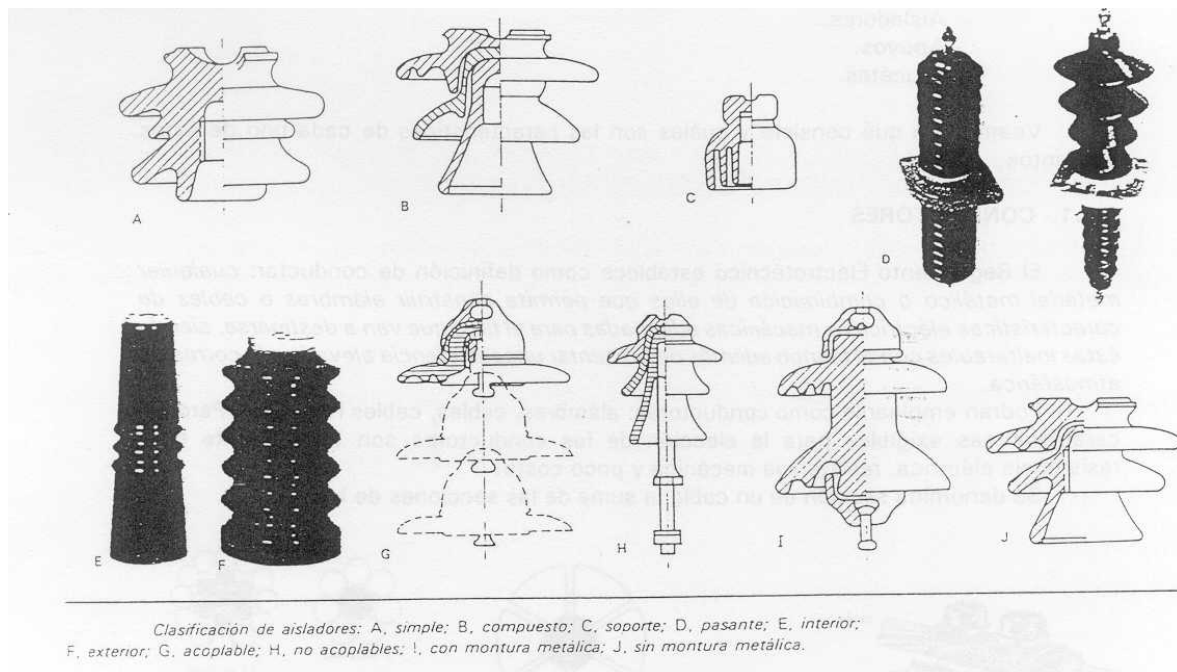
Son los elementos cuya finalidad consiste en aislar el conductor de la línea de apoyo que lo soporta. Al

emplearse los conductores, generalmente desnudos, se precisa que los aisladores posean buenas propiedades dieléctricas ya que la misión fundamental del aislador es evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo.

La unión de los conductores con los aisladores y de éstos con los apoyos se efectúa mediante piezas metálicas denominadas **herrajes**.

Los materiales que se emplean generalmente en la fabricación de aisladores son:

- porcelana,
- esteatita,
- resinas epoxi ,
- vidrio.

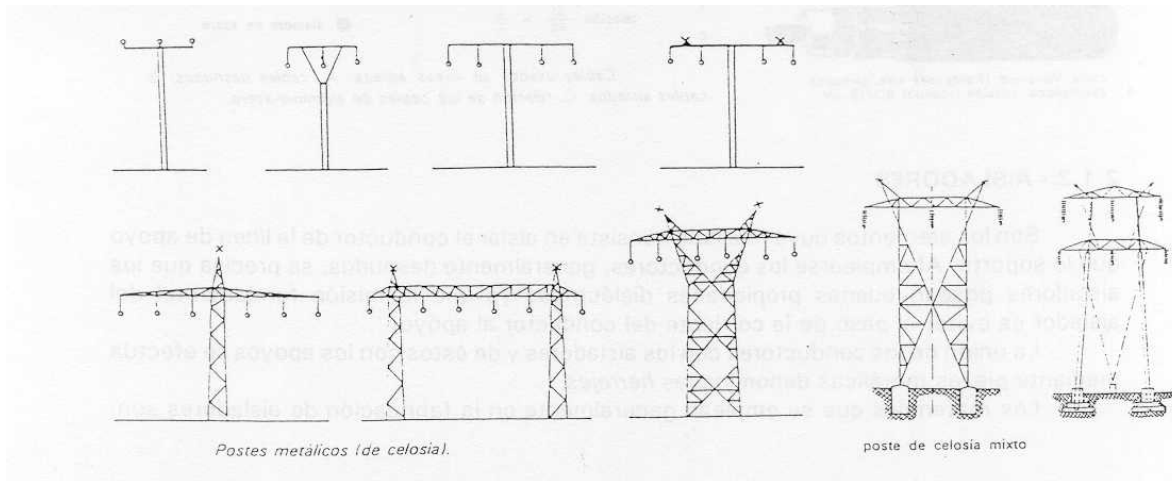


### 2.1.3.- Apoyos.

Se denominan apoyos 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 las prescripciones oficiales establecen que los postes podrían ser de cualquier material siempre

que se cumplan las debidas condiciones de seguridad, solamente se utilizan, para construir apoyos, la madera, el hormigón y el acero.



#### 2.1.4.- Crucetas.

Son accesorios que se montan en la parte superior de los postes para sujetar adecuadamente los soportes de los aisladores. En su construcción se emplea madera, acero laminado y hormigón armado.

### 2.2.- Líneas Subterráneas de Alta Tensión.

Ya se han visto las características y los elementos que componen una línea aérea de alta tensión, veamos ahora las razones de emplear líneas subterráneas en el transporte de la energía eléctrica y los elementos básicos que las constituyen.

En las grandes aglomeraciones urbanas, la canalización que se emplea, casi exclusivamente, en líneas de alta tensión es la subterránea, debido a que las líneas aéreas presentan peligro para los habitantes, y el panorama es poco estético cuando los cables y postes son numerosos.

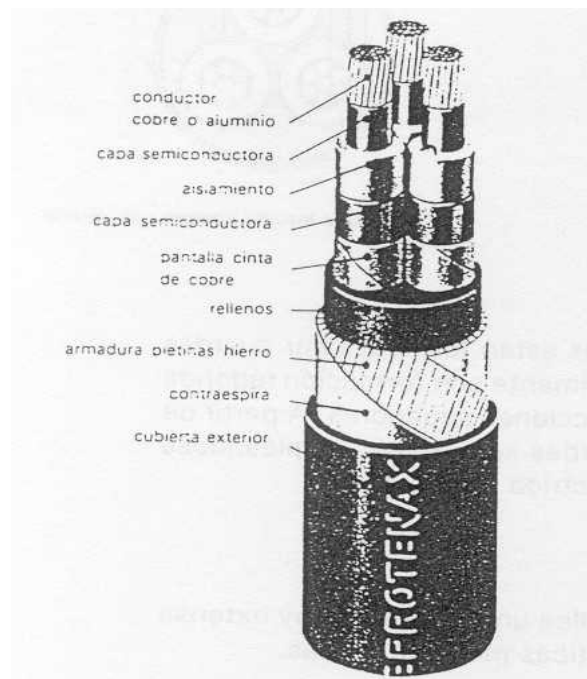
Se ha experimentado mucho con canalizaciones subterráneas y se realizan actualmente con plena garantía; de aquí que cada día se empleen más en alimentación de centros de transformación, aeropuertos,...

#### 2.2.1.- Cables.

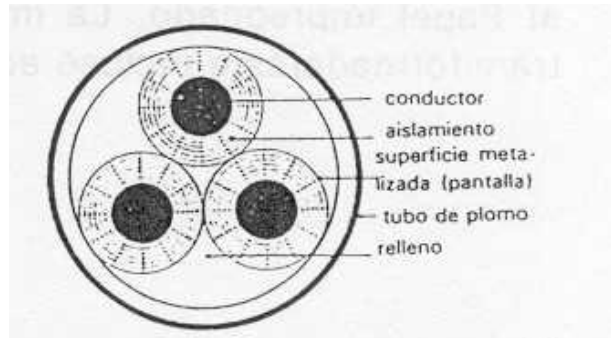
Es conveniente distinguir entre conductor y cable. Conductor es el elemento metálico, generalmente de cobre o aluminio, que cumple la función de conducir la corriente eléctrica. Cable es el conjunto formado por una o varias ternas reunidas con recubrimientos protectores.

Las partes constituyentes de un cable son:

1. **Conductores.** Generalmente son cableados y su misión es conducir la corriente. Cada uno de los cables se llama cuerda. El conductor se recubre de una capa semiconductora, cuya misión es doble:
  - a) Impedir la ionización del aire, que en otro caso se encontraría en la superficie de contacto entre el conductor metálico y el material aislante (efecto corona).
  - b) Mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor.
2. **Aislante.** Cada conductor lleva un envolvente aislante, de diferentes características, según el tipo de cable.
3. **Pantalla.** Se aplica una pantalla sobre cada uno de los conductores aislados. La pantalla está constituida por una envoltura metálica de cobre.
4. **Rellenos.** Su misión es dar forma cilíndrica al conjunto de los tres conductores.
5. **Armadura.** Es un envolvente constituido por cintas, pletinas o alambres metálicos.
6. **Cubierta.** Recubre exteriormente el cable, protegiendo la envoltura metálica de corrosión y otros agentes químicos.







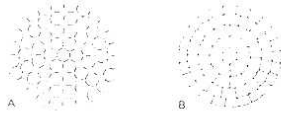
**Configuración del Campo Eléctrico en cable Tripolar de Campo radial**

### **2.2.2.- Clasificación de los cables Subterráneos.**

1. Según su configuración se pueden dividir en:
  - Unipolares.
  - Multipolares.
2. Con respecto al campo se dividen en:
  - Radiales.
  - No radiales.
3. Según el aislamiento se dividen en:
  - cables con aislamiento sólido.
  - cables con aislamiento sólido y aceite.

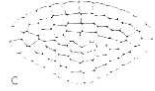


Fig. 4.2 Cable unipolar armado con fleje.

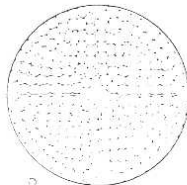


A

B

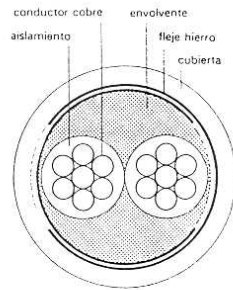


C

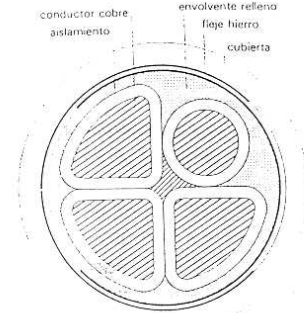


D

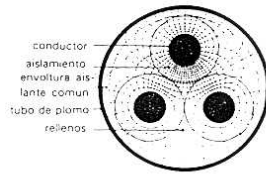
A) conductor, cuerda redonda normal; B) conductor, cuerda redonda compacta; C) conductor, cuerda sectorial.



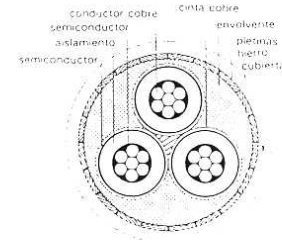
Cable bipolar armado con fleje.



Cable tetrapolar armado con fleje.



Configuración del campo eléctrico de un cable tripolar de campo no radial.



Cable tripolar armado con pletina de hierro.

## 2.2.3. MATERIALES CONDUCTORES

### 2.2.3.- Materiales Conductores.

En los cables subterráneos los conductores eléctricos están formados por cuerdas de cobre desnudo recocido o de aluminio semiduro, normalmente con formación redonda de hilo único hasta la sección de 4mm y de cuerda para secciones superiores. A partir de 50 mm inclusive, se prevén las cuerdas compactas y cuerdas sectoriales, empleándose estas últimas sólo cuando se trate de cables de campo eléctrico no radial.

### 2.2.4.- Aislantes.

En la fabricación de los cables subterráneos, se emplea una variedad muy extensa de aislantes, dependiendo, en cada caso, de las características más apropiadas.

Los materiales principalmente empleados son:

1. Papel impregnado. La impregnación se hace con aceite fluido similar al de transformadores e incluso aceites más espesos mezclados con alguna parafina.
2. Aislantes:

- Termoplásticos (policloruro de vinilo, polietileno).
  - Termoestables (polietileno reticulado).
  - Elastómeros (caucho natural y sintético, etileno-propileno).
3. Aislantes especiales:
- Siliconas.
  - Aislantes minerales.
  - Teflón.
4. Aislantes con aceite fluido y con hidrógeno.

### 2.2.5.- Pantallas.

En los cables subterráneos de campo radial, a fin de evitar la formación de huecos ionizables, en Media y AltaTensión es necesario rodear al conductor de una pantalla equipotencial que puede estar formada por papel conductor, cloruro de polivinilo conductor o cualquier conductor o semiconductor. Y para conseguir un reparto radial del campo, se coloca otra pantalla exterior constituida por un envoltorio metálico (cinta de cobre, hilos de cobre, ... ).

las pantallas tienen varias misiones, entre las cuales las más importantes son:

- Configurar el campo eléctrico al interior del cable.
- Lograr una distribución simétrica y radial del esfuerzo eléctrico en el aislamiento.
- Limitar la influencia mutua entre cables próximos.
- Evitar o, al menos, reducir peligros de electrocuciones.

### 2.2.6.- Armadura.

Está constituida por cintas, pletinas o alambres metálicos, dispuestos sobre un asiento apropiado y bajo la cubierta, con lo que la armadura resulta protegida contra las corrosiones químicas y electrolíticas.

Las diversas funciones de la armadura son:

- Refuerzo mecánico, longitudinal o transversal.
- Pantalla eléctrica contra accidentes.
- Barrera de protección contra roedores e insectos.
- Protección contra el fraude de energía eléctrica.

### **2.2.7.- Cubierta.**

La misión de las cubiertas no es eléctrica, sino de protección contra la corrosión y agentes químicos. Cuando la envoltura metálica es de plomo, no se emplea cubierta.

### **2.2.8.- Elementos de Empalme y Derivación.**

Otros elementos que deben tenerse muy en cuenta en las líneas de transporte de energía eléctrica 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.

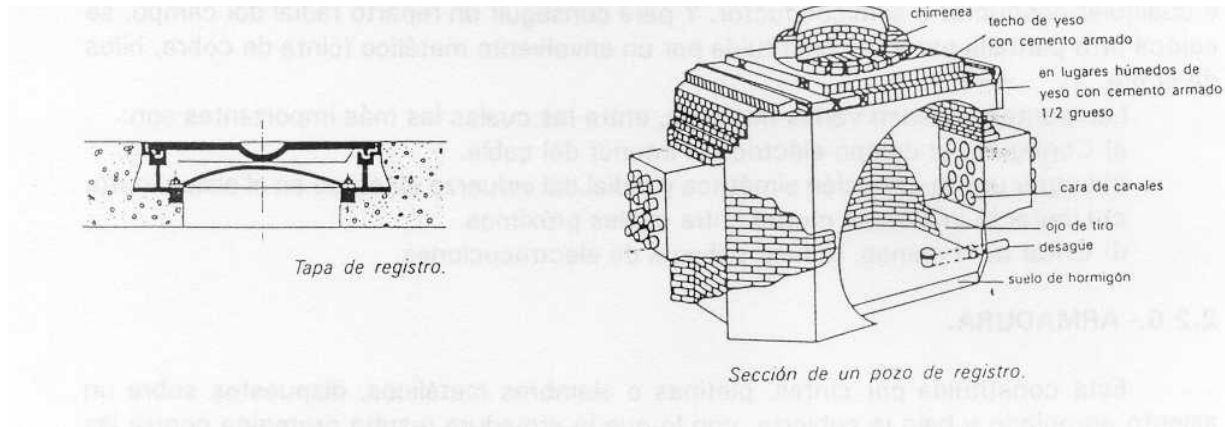
En redes subterráneas se emplean manguitos de empalme, llamados también cajas de empalme o torpedos. Según la finalidad del empalme, se pueden dar varios casos, como son: empalmar dos bobinas de la misma sección; derivar de un cable principal, uno o más cables secundarios, que generalmente serán de menor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

Actualmente, en los diversos sistemas empleados para realizar un empalme, derivación o terminación, tienden a emplearse unos kits, o conjuntos constructivos que contienen: los elementos de montaje, los accesorios, instrucciones....

### **2.2.9.- Registros o Arquetas.**

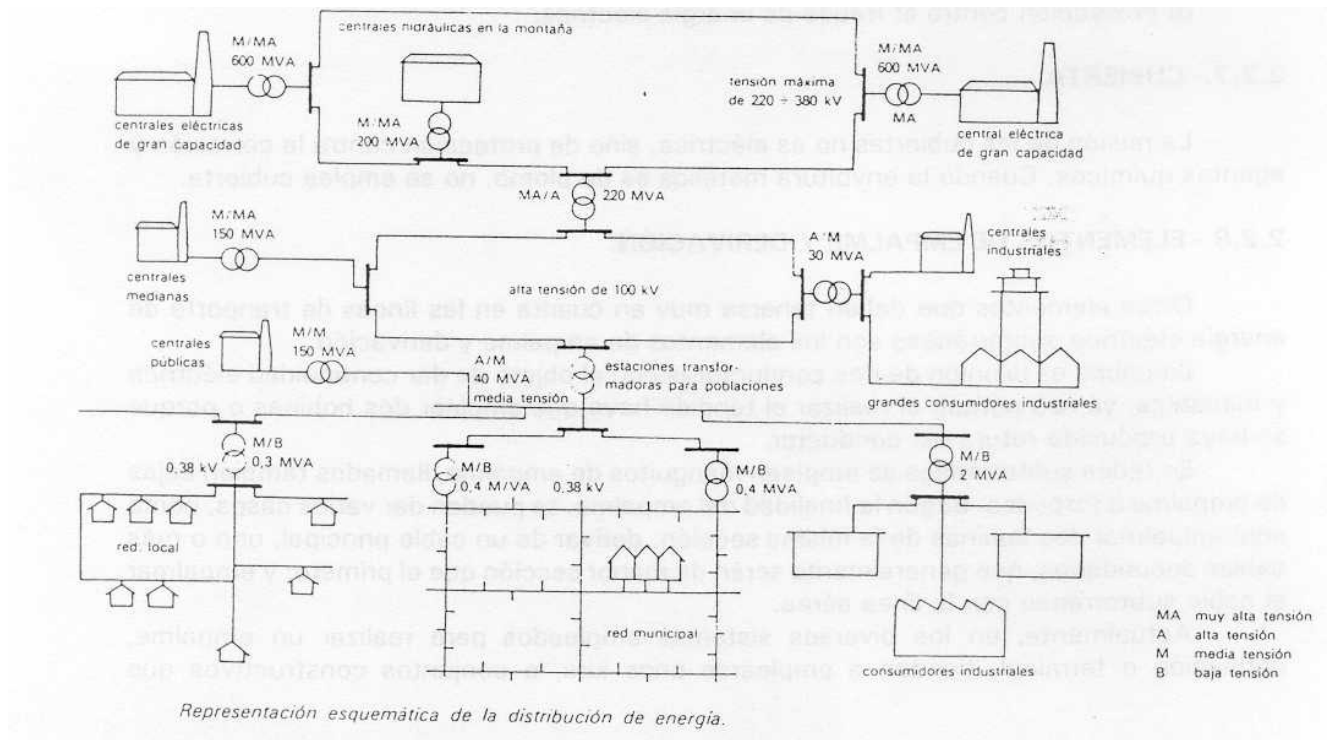
El registro o arqueta es un pozo construido de ladrillo u hormigón, con una doble tapa para evitar que entre agua. La tapa interior va cerrada herméticamente y suele ser de fundición con objeto de soportar el peso y los esfuerzos del exterior.

La forma de estos pozos puede ser de sección rectangular, elíptica y hexagonal. Son necesarios en todas las líneas subterráneas bajo tubo para el montaje, empalmes, derivaciones, reposición y reparaciones. Por lo tanto las dimensiones deben ser lo suficientemente amplias para poder realizar estos trabajos con la mayor comodidad. En las paredes de los pozos se sujetan los cables mediante soportes adecuados.



### 2.3.- Estructura de la Distribución de la Energía Eléctrica.

Los diversos pasos por los que pasa la energía eléctrica desde su producción hasta el consumo se representan en la figura adjunta; asimismo se expresan las potencias, tensiones y distancias en los distintos puntos:



Las redes de muy alta tensión, 380 y 220 KV, conectan las grandes centrales entre sí, compensando las fluctuaciones en el abastecimiento de energía. La segunda etapa tiene una tensión 110 KV y abastece poblaciones, distritos rurales y grandes fábricas industriales. Las centrales eléctricas de las propias

industrias se empalman a la red de alta tensión con vistas de intercambio.

Las redes de media tensión (desde 5 a 30 KV) transmiten a empresas industriales medianas, zonas residenciales y pueblos con la red de alta tensión a través de transformadores.

De las estaciones transformadores de media a baja tensión, parten líneas de abastecimiento para viviendas e industrias, en poblaciones y pueblos. La forma de estas líneas puede ser radial, de alimentación por dos puntos, anular o interconectada.

### **3.- El Carbón.**

Existen dos maneras de obtenerlo, lo que obliga a un determinado sistema de manipulación y puesta a disposición de su transporte para el consumo. Estas son:

- explotación a cielo abierto.
- explotación subterránea.

En las primeras se genera el movimiento del mineral mediante palas y tractores y en el segundo se sube el mineral desde el pozo, en unos casos por medio de vagonetas y, en instalaciones más modernas, utilizando cintas transportadoras, elevadores y otros medios automatizados.

El carbón que se obtiene por medio de una u otra explotación contiene materias que reducen su poder calorífico y dificultan su utilización. Por ello, cuando se extrae del filón, y antes de trasladarlo al lugar de consumo, pasa por diversas instalaciones para limpiarlo. Así tenemos, que la hulla pasa a una trituradora y la antracita a una planta de lavado y clasificación.

El carbón limpio, triturado y clasificado es apto para ser utilizado y se transporta por medio de vagones ferroviarios, camiones e incluso barcos cargueros. Su manipulación de carga y descarga se hace mediante la ayuda de palas mecánicas y cintas transportadoras generalmente.

### **4.- Gas Natural.**

La distribución y transporte del gas natural desde los yacimientos o centros de producción hasta los puntos de consumo se realiza de dos formas:

- Mediante canalizaciones de gas o redes de distribución.

- Mediante transporte en estado líquido.

#### 4.1.- Redes de Distribución de Gases Combustibles.

En la actualidad funciona un gasoducto propiedad de Enagas y Gas Natural, entre la costa de Marruecos y la costa de Cádiz, que permite la llegada del gas natural desde los yacimientos de Argelia. Un consorcio, del que forma parte CEPSA, ha decidido construir otro a gasoducto entre la costa de Argelia y la de Almería que llevará por nombre "Medgaz".

La distribución del gas natural en estado gaseoso (GN) por tuberías se realiza a diferentes presiones. Como criterio general se pueden indicar las siguientes:

- **Distribución a alta presión.** Como red de transporte desde la planta productora. Generalmente se denominan gaseoductos (tuberías de acero de gran diámetro normalmente enterradas), y utilizan presiones de distribución mayores de 16 bar, que en nuestro país puede llegar a 72 bar.
- **Distribución a alta presión.** Como red de distribución y suministro a industrias. Utilizan presiones entre 16 y 4 bar.
- **Distribución en media presión.** Como red de distribución y suministro para consumos domésticos, comerciales e industriales. Utilizan presiones de servicio menores de 0,4 bar.
- **Distribución a baja presión.** Como suministro para consumos domésticos y comerciales. La presión de suministro es inferior a 0,05 bar.

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

Estas redes de distribución están reguladas por el Reglamento de Redes y Acometidas de combustibles gaseosos recogido en la Orden Ministerial de Industria de 18 de noviembre de 1974 y modificada parcialmente por las OO.MM. de 26 de octubre de 1983 y la de 6 de julio de 1984, este Reglamento también aprueba las Instrucciones MIG que vienen contempladas en un anexo del mismo, estas Instrucciones especifican las características, valores y condiciones que deben cumplir las instalaciones de gas y los elementos de las mismas.

Se entiende por red, las instalaciones de suministro de gas por canalización, comprendidas entre centros

de producción, de tratamiento, de almacenamiento, de distribución y la llave de acometida a las instalaciones receptoras; es decir:

- el entramado de tuberías con sus accesorios,
- las acometidas,
- las estaciones de regulación y de compresión,
- las instalaciones auxiliares que pueden formar parte de dichas canalizaciones.

¿Pero en qué consisten y qué son cada uno de estos elementos o unidades? Pasamos a su descripción:

- 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 enterradas se tenderán de forma que la distancia entre la generatriz superior de los tubos y la superficie del suelo sea la suficiente para proteger la canalización de los esfuerzos mecánicos exteriores. En cualquier caso, según la Instrucción MIG correspondiente, no puede ser inferior a 60 centímetros.

Cuando no puedan respetarse las profundidades señaladas y la tubería no haya sido calculada para resistir dichas cargas externas, deberá interponerse entre la tubería y la superficie del terreno losas de hormigón o planchas metálicas que reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes a los de la profundidad calculada. Igualmente debe preverse la protección de las tuberías a la corrosión y, cuando sea preciso, la correspondiente protección catódica.

El material que se emplea para las tuberías es normalmente acero. Tanto los materiales como las dimensiones, espesores, resistencia... vienen determinados en la normalización UNE la cual está reseñada en las Instrucciones MIG mencionadas. Los tubos pueden ser sin soldadura, con soldadura longitudinal o con soldadura helicoidal, siempre que cumplan las condiciones de resistencia indicada en las normas al respecto.

- 2. Estaciones de compresión.** Se denominan así al conjunto de aparatos, tuberías, instrumentos de control, válvulas, elementos de seguridad, dispositivos auxiliares y recinto, instalados con el propósito de elevar la presión del gas.

Las estaciones de compresión deberán estar suficientemente alejadas de las propiedades vecinas que no estén bajo control de la Empresa explotadora, o bien separadas por un muro cortafuegos. Así tenemos que cuando la presión de salida sea superior a 12 bares, dicha distancia será como



mínimo de 5 metros según las normas.

3. **Instalaciones complementarias.** Según el Reglamento mencionado se entiende por instalaciones complementarias todos los elementos de una canalización que no sean la tubería en sí, tales como estaciones de regulación, de compresión, de medida y demás sistemas auxiliares.
4. **Llave de acometida o elemento de corte.** Es el dispositivo que, situado en la acometida, tiene por finalidad cortar el paso del gas a las instalaciones receptoras de los usuarios.
5. **Presión de prueba.** Es la presión a la que efectivamente se somete la canalización en el momento de la prueba.
6. **Presión máxima de servicio.** Es la máxima presión efectiva a la que es o será efectivamente explotada una canalización.
7. **Presión de servicio.** Es la presión a la que trabaja una canalización en un momento determinado. Su valor no puede exceder de la presión máxima de servicio.
8. **Unión.** Es el artificio, técnica o dispositivo que da solución de continuidad a la canalización ligando entre sí los diferentes elementos de la misma.

Las uniones entre tubos y entre tubos y accesorios deberán permanecer estancas y mantener la uniformidad de calidad a lo largo de la tubería, a fin de garantizar su correcto funcionamiento a la presión máxima de servicio para la que ha sido proyectada la tubería.

El montaje de los diversos elementos constitutivos de la canalización: tubos, accesorios y elementos auxiliares, durante la construcción de ésta se efectuará preferentemente mediante soldadura a tope, la cual se verificará obligatoriamente mediante técnicas radiográficas y/o ensayos no destructivos adecuados.

Los materiales empleados en la fabricación de las uniones deberán ofrecer la necesaria resistencia frente a las acciones físicas o químicas del gas transportado y de sus eventuales condensados y garantizar la conservación de sus cualidades iniciales de estanqueidad.

9. **Válvula de seccionamiento.** Es el elemento cuya finalidad es interrumpir la circulación del gas en el lugar donde está instalado.
10. **Válvula de seguridad.** Es un elemento cuya finalidad es evitar que la presión en el interior de una canalización sobrepase un valor prefijado, cortando el paso del gas o permitiendo su escape a la atmósfera de forma automática.

#### 4.2.- Transporte de Gas Natural en Estado Líquido (GNL).

Para que se produzca el transporte del GNL es necesaria la siguiente cadena:

- Planta de tratamiento y licuación del gas natural.
- Transporte de GNL en barcos metaneros.
- Terminal de recepción, almacenamiento y regasificación.

Como alternativa a la regasificación en la terminal, queda como opción el transporte de GNL mediante camiones cisterna criogénicos hasta el lugar de consumo.

El GNL se transporta y almacena en unas condiciones de presión atmosférica y temperatura de  $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$  (estado criogénico), para que los recipientes sólo tengan que soportar la presión hidrostática.

Se conoce con el nombre de estado criogénico aquel en el que se encuentra un fluido a muy baja temperatura, manteniendo esta situación por el propio frío que genera la evaporación que es reconducida de nuevo al recipiente contenedor, y parte a la antorcha exterior.

El proceso comúnmente utilizado para licuación del gas natural consiste en enfriarlo en etapas sucesivas mediante agentes frigoríficas y posterior subenfriamiento mediante una expansión.

En el proceso anterior se obtiene GNL con una densidad aproximada de  $455\text{ Kg/ml}$ , lo que equivale a reducir su volumen en unas 600 veces respecto del GN en condiciones normales.

Normalmente los barcos metaneros disponen de su propio sistema de bombas criogénicas, las cuales, unidas a los brazos de descarga existentes en el muelle, vehiculan el GNL hasta los tanques de almacenamiento.

A fin de mantener la presión adecuada, se conecta un brazo secundario de retorno de vapor.

Una vez almacenado el GNL es regasificado. Para ello se siguen los siguientes pasos:

- Presurización del GNL mediante bombas centrífugas.
- Vaporización del GNL mediante intercambio de calor, bien con aporte de calor procedente de calderas auxiliares, o bien por aportación de calor procedente del agua del mar.

El GNL procedente del barco metanero se conduce hasta el tanque de almacenamiento. la fase gaseosa se devuelve al barco, tras atravesar un separador, para evitar sobrepresiones en el tanque, y equilibrando las fases de metanero y el tanque de almacenamiento.

Unas bombas primarias son las encargadas de vehicular el GNL hacia el relicuador, que alimenta las bombas secundarias. Estas son las que proporcionan la presión necesaria en la red de GN.

El GNL se transforma en gas en los vaporizadores, alimentados por algún fluido caliente: agua, aire, vapor... Parte del GN se devuelve nuevamente al relicuador tras aumentar su presión mediante

compresores. Una expansión se encarga de licuar este GN.

En todo este proceso se produce una cierta cantidad de GN sobrante mezclado con otros gases no condensables, que es conducida a la antorcha para su incineración. Mediante este procedimiento se eliminan los gases no deseados.

## **5.- El Petróleo.**

El petróleo se encuentra en el interior de la Tierra formando bolsas en rocas porosas, de tal manera que para su localización y obtención es necesario perforar en el terreno hasta llegar a ellas y seguidamente extraerlo.

La extracción se realiza mediante un pozo petrolífero que consta básicamente del siguiente proceso: Una bomba para sacar el líquido al exterior y llevarlo a un depósito donde se extrae el gas que contenga. Se pasa luego a otro depósito donde se separa el agua, almacenándose seguidamente el petróleo crudo en grandes depósitos para su posterior traslado.

Para el transporte a los puntos de refinación y consumo que en la mayoría de los casos las distancias son considerables, y con objeto de abaratar costes se utilizan prácticamente dos formas para este traslado:

1. Grandes barcos petroleros. Disponen de capacidades que superan las 100000 Tm y llegan incluso a 500.000 Tm en los superpetroleros.
2. Oleoductos. Son conductos compuestos por tuberías soldadas por los que circula el líquido impulsado por potentes bombas desde el pozo de explotación a los puertos donde se cargan los barcos petroleros o, incluso, hasta las refinerías.

## **6.- Gases procedentes de la Destilación Fraccionada del Petróleo.**

Son básicamente el propano, butano, metano. Su transporte se realiza básicamente de las formas siguientes.

- En recipientes pequeños: botellas, para uso doméstico fundamentalmente.
- En vagones cisterna de ferrocarril, formando los denominados trenes bucaneros, que realizan las operaciones de carga y descarga en terminales especialmente diseñadas para este fin.
- Mediante transporte por carretera en vehículos cisterna.

## 7.- La Biomasa: Producción y Transporte.

Consiste en la fermentación de residuos orgánicos para producir energía. Existen cuatro grupos fundamentales de residuos:

- Residuos agrícolas

De todos los subproductos agrícolas, la paja de cereales es la que presenta mayor potencia; como fuente de energía, a escala mundial.

- Residuos forestales.

Estos residuos tienen un enorme potencia; energético aunque se usan raramente como combustible, por el alto coste de su recogida, transporte y manejo. En general, los residuos de las industrias de productos forestales se utilizan. como fuentes de energía en las propias industrias.

- Residuos animales.

Estos residuos están constituidos por el estiércol de ganado vacuno, cerdos y aves de corral, principalmente las ovejas y las cabras no se suelen considerar, ya que sus desechos se acumulan con dificultad. La materia orgánica del estiércol animal produce biogás por digestión anaeróbica, usándose el residuo de esta digestión como fertilizante, ya que el proceso de conversión en energía emplea sólo los componentes carbonadas dejando los nitrogenados y minerales.

- Residuos urbanos.

Son fundamentalmente las basuras domésticas cuya eliminación representa, en muchos casos, un grave problema. Pueden emplearse como fuente de producción de energía.

¿Pero cómo se pueden emplear estos residuos para la producción de energía? ¿En qué forma de energía pueden transformarse? ¿Cómo se puede aprovechar dicha energía? y ¿cuáles son los medios que emplearnos para su transporte?

### 7.1.- Combustión Directa de Residuos y Producción de Electricidad.

Los residuos son seleccionados, triturados, prensados, procurando empaquetarlos con la mayor densidad posible y posteriormente transportados a la planta de producción mediante: ferrocarril, camiones, barcos cargueros, etc.

Actualmente la conversión de biomasa, por combustión, en energía eléctrica, puede conseguirse con una eficacia superior al 25%. La ventaja de esta conversión es que la electricidad es una energía de alta

calidad fácilmente transportable como ya se ha visto.

### **7.2.- Producción de Etanol.**

Algunos tipos de residuos, por su alto contenido en azúcar son aprovechados para la obtención de etanol por fermentación alcohólica. Por otra parte, existen otros procesos de bioconversión de residuos, a base de energía solar que, además de producir combustibles líquidos, también producen microorganismos que pueden utilizarse como fuente de proteínas en la alimentación humana y animal.

### **7.3.- Producción de Biogás.**

Se denomina biogás a las mezclas de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  producidas por acción de las bacterias metanogénicas sobre residuos orgánicos. Los residuos agrícolas, forestales y ganaderos que tradicionalmente han supuesto un estorbo de costosa eliminación se pueden convertir, mediante su transformación en biogás, en una fuente de energía alternativa capaz de abastecer de combustible a muchas explotaciones agrícolas y ganaderos.

Estos residuos son manipulados, seleccionados y transportados mediante camiones especiales a la planta transformadora. Estas plantas obtienen aproximadamente 65% de  $\text{CH}_4$ , 34% de  $\text{CO}_2$  y 1 % de  $\text{H}_2$  y su rendimiento es de 0,7  $\text{m}^3$  de biogás / Kg de residuo. El biogás producido se puede utilizar por combustión para alumbrado, calefacción o producción de electricidad. La distribución y transporte puede hacerse mediante redes de distribución, depósitos, botellas, cisternas, etc.

## **8.- Energía Geotermal.**

Se emplea básicamente en los países nórdicos: Islandia, Finlandia.... y se obtiene aprovechando el calor de debajo de la superficie terrestre, por lo que obtienen agua caliente y vapor de agua. El vapor se emplea para producir electricidad y el agua caliente se lleva por unas tuberías hasta las casas para sistemas de calefacción.

## **9.- Ley de Transportes Terrestres.**

Los transportes terrestres están regulados por la Ley 16/1987, de 30 de Julio, 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.

Destacamos en el desarrollo de esta Ley el Real Decreto que regula el Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, que desarrollaremos a continuación así como el Reglamento del Transporte por Ferrocarril. En los cuales se especifican las características básicas que deben tenerse en cuenta en cada uno de los casos.

### **9.1.- Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.**

Antes de concluir el presente tema conviene hacer mención, por su relevancia, al Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (TPC), que está regulado por el Real Decreto 74/1992, de 31 de enero, 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 mineras.
- 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. Así resaltamos las siguientes definiciones contempladas en el R. D.:

- **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  $1 \text{ m}^3$ . Una modalidad de contenedor es el contenedor cisterna que se emplea para contener materias líquidas, gaseosas, pulverulentas o granulares con una capacidad superior a  $0,45 \text{ m}^3$ .

- **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 adrales 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 a distintivo** que debe llevar el transporte para su identificación y precaución. Recoge además las disposiciones relativas a:

1. La construcción,
2. los equipos adicionales,
3. la disposición del motor,
4. 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 TPC 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 o semirremolque.

## **10.- Conclusión.**

En conclusión y para terminar decir que el transporte de la energía en las distintas modalidades en que puede realizarse, nos permite el poder utilizar elementos energéticos en el sitio que más convenga sin que para ello sea necesario disponer de la fuente de energía correspondiente en el lugar de su empleo.

Hemos podido ver, en el desarrollo del tema, cuáles son las formas más habituales de transporte de la energía: conductores eléctricos, tuberías, barcos, trenes, camiones....., así como los elementos básicos que componen cada una de las formas de transporte: sus accesorios, materiales empleados, instalaciones necesarias, vehículos, contenedores.

También se ha mencionado aquella normativa legal que regula los aspectos fundamentales de cada forma o modo de transporte de la energía.

Se ha tratado además la manera de emplear las nuevas energías, como es el caso de la biomasa y la energía geotermal, por el interés que puede tener en el futuro y en el presente, sobre todo en instalaciones con redes locales de distribución energética.

## **Anexo. Esquema del tema.**

### **Transporte y distribución de la energía**

1 – Introducción

2 – Energía eléctrica

2.1– Líneas aéreas de alta tensión

2.2 – Líneas subterráneas de alta tensión



2.3 – Estructura de la distribución de energía eléctrica

2.4 – Transformadores eléctricos (T–49)

2.5 – Instalaciones eléctricas domesticas e industriales (T–53)

3 – Carbón

4 – Gas natural

4.1– Redes de Distribución de Gases Combustibles

4.2 – GNL (Liquido)

5 – Petróleo

6 – Gases procedentes de la destilación fraccionada del petróleo

7 – La biomasa: Producción y transporte

8 – Energía geotermal

9 – Ley de transportes terrestres

9.1– Reglamento nacional de transporte de mercancías peligrosas por carretera

⇒ Transporte de energía térmica (instalaciones de calefacción T–52)

12 – Conclusiones