

# Instalaciones Eléctricas

---

## Guía de Trabajo

---



## **Visión**

Al 2021, ser la mejor universidad para el Perú y el mundo en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial.

## **Misión**

Somos una organización de educación superior dinámica que, a través de un ecosistema educativo estimulante, experiencial y colaborativo, forma líderes con mentalidad emprendedora para crear impacto positivo en el Perú y en el mundo.



[ucontinental.edu.pe](http://ucontinental.edu.pe)



# Instalaciones Eléctricas

Pedro Gurmendi Párraga  
Manual – Unidad 1

# Índice

	Pág.
Introducción	3
Organización de la asignatura	4
Unidades didácticas	4
Tiempo mínimo de estudio	4
UNIDAD 1: Generación, transmisión, distribución y normas legales y reglamentos de la energía eléctrica	5
Diagrama de organización	5
Tema n.º 1: Sistemas de Generación, transmisión y distribución	6
Tema n.º 2: Corriente continua (CC), corriente alterna (CA) y potencia eléctrica (P, Q y S)	13
Tema n.º 3: Circuitos monofásicos y trifásicos	27
Tema n.º 4: Normas legales y reglamentos (CNE, RE, DGE, NTP, ASTM, CEI, EM)	41
Tema n.º 5: Entes Fiscalizadores (OSINERGMIN)	45
De la teoría a la práctica	50
Glosario de la Unidad 1	52
Bibliografía de la unidad 1	57



## Introducción

Este manual está destinado a todos aquellos que emprenden el estudio sistemático del curso de instalaciones eléctricas y sus aplicaciones en las carreras que ofrece la Universidad.

La necesidad de atender las demandas de una sociedad en constante cambio e innovación, así como el reconocimiento de la creciente contribución de las matemáticas a la cultura del mundo moderno, requiere de los maestros una cuidadosa selección de los contenidos de matemática fundamental que deben ser desarrollados en el período de formación básica del estudiante universitario del primer nivel de los estudios generales y sobre todo para los estudiantes que tienen experiencia laboral.

Una educación matemática adecuada a nuestro tiempo implica tanto contenidos, como una presentación y desarrollo apropiados, que permitan al estudiante alcanzar una comprensión y visión más cabal de las ideas matemáticas, y apreciar su importancia como parte esencial de la educación humanística y científica.

Por todo ello, la presente consta de un curso teórico-práctico incluyendo problemas de física y sus respectivas prácticas de laboratorio, aplicados a los cursos generales de las carreras de la Universidad Continental, que estoy seguro, servirá a los estudiantes para coronar sus conocimientos.

Los problemas y los ejercicios han sido especialmente escogidos para cada parte del curso. Suficientemente numerosos, contribuyen a la asimilación del material teórico y convierten en útil, en buena parte, la utilización de una colección de ejercicios. Esto contribuye a reforzar el carácter práctico de este manual para el estudio autodidáctico.

En el aspecto operacional doy importancia al uso de tablas, máquinas de calcular y software de aplicación, orientado siempre al lector hacia los métodos generales.

Toda la materia es presentada en cuatro unidades, siendo la primera unidad Generación, transmisión, distribución y normas legales y reglamentos de la energía eléctrica, la unidad dos Instalaciones eléctricas interiores en baja tensión, la unidad tres Iluminación y por último la unidad cuatro equipos auxiliares. Sin embargo, podemos decir que todos son de suma importancia que permite tomar decisiones sobre aplicaciones en la sociedad e ingeniería.

Para terminar, creo, que es el mejor modo de aporte al avance científico en la época actual, así como el enfoque seguido para su desarrollo, sirvan de estímulo para idear nuevos caminos hacia una enseñanza más inspirada, creativa y significativa.

Espero haber cumplido con las expectativas personales cifradas en la presente obra, no sin antes reconocer el importante aporte de los señores autores de los textos que figuran en la bibliografía y las sugerencias y críticas de los estudiantes y profesionales a quienes tuve el honor de enseñar.

El autor.



## Organización de la Asignatura

<b>Resultado de aprendizaje de la asignatura</b>
Al finalizar la asignatura, el estudiante será capaz de diseñar y evaluar sistemas eléctricos referidos a instalaciones industriales, comerciales y de edificaciones.

### Unidades didácticas

<b>UNIDAD 1</b> <b>Generación, transmisión, distribución y normas legales y reglamentos de la energía eléctrica</b>	<b>UNIDAD 2</b> <b>Instalaciones eléctricas interiores en baja tensión</b>	<b>UNIDAD 3</b> <b>Iluminación</b>	<b>UNIDAD 4</b> <b>Equipos auxiliares</b>
<b>Resultado de aprendizaje</b> Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diferenciar las aplicaciones calculando la corriente continua y alterna, haciendo uso adecuado de la terminología básica como de las normas legales y reglamentos de la energía eléctrica.	<b>Resultado de aprendizaje</b> Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diferenciar los conductores eléctricos en la realización de proyectos de instalaciones eléctricas domiciliarias, comerciales e industriales con profesionalismo, alta calidad estética, responsabilidad y ética en base a las normas legales y reglamentos.	<b>Resultado de aprendizaje</b> Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diseñar la iluminación interior y exterior elaborando el metrado y presupuesto del proyecto eléctrico de una vivienda teniendo en consideración las prescripciones del Código Nacional de Electricidad y reglamentos.	<b>Resultado de aprendizaje</b> Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diseñar y evaluar las características y especificaciones técnicas de los dispositivos auxiliares y de compensación de la energía reactiva para instalaciones comerciales e industriales utilizando las normas del Código Nacional de Electricidad.

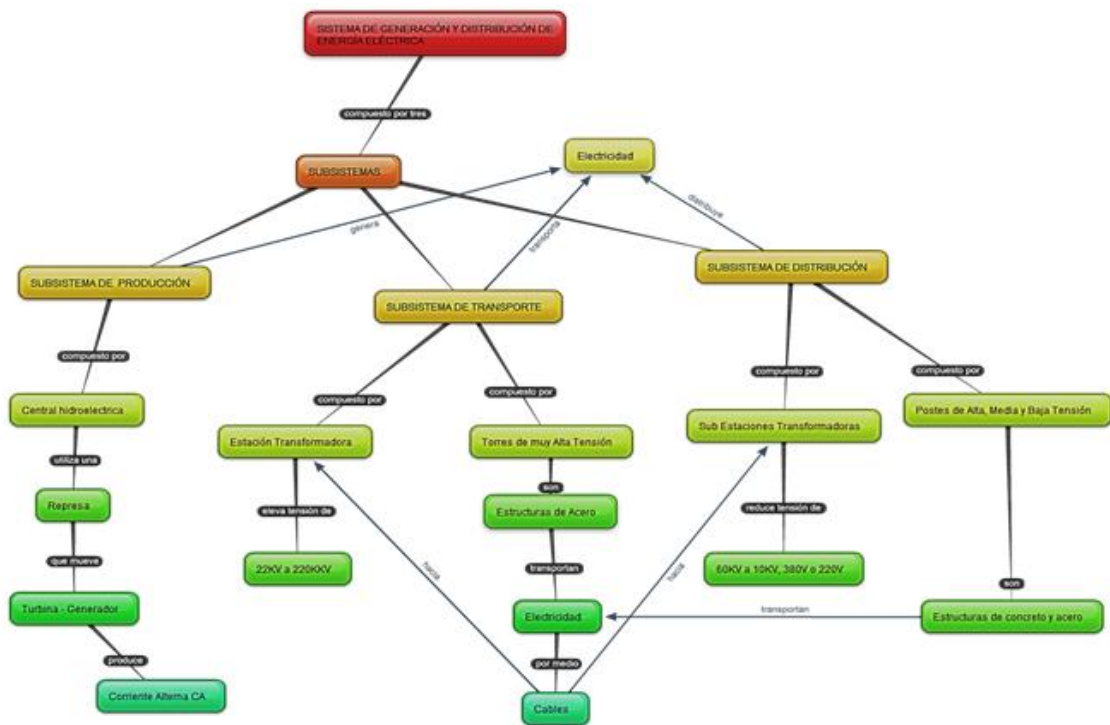
### Tiempo mínimo de estudio

<b>UNIDAD 1</b>	<b>UNIDAD 2</b>	<b>UNIDAD 3</b>	<b>UNIDAD 4</b>
24 horas	24 horas	24 horas	24 horas

## UNIDAD 1:

# Generación, transmisión, distribución y normas legales y reglamentos de la energía eléctrica

### Diagrama de organización



## Tema n.º 1: Sistemas de generación, transmisión y distribución

Se refiere aquellas formas de producir energía que no son muy comunes en el mundo y cuyo uso es muy limitado debido, todavía a los costos para su producción y su difícil forma para captarlas y transformarlas en energía eléctrica.

Entre las energías no convencionales tenemos: la energía solar, la energía eólica, la energía química u otras formas de energía que se pueden crear.

Dentro de las que más se están utilizando tenemos la energía nuclear, la energía solar, la energía geotérmica, la energía química, la energía eólica y la energía de la biomasa.

### 1.1. formas de energía

#### A. Energía hidráulica

Desde la antigüedad el hombre ha tenido el deseo de utilizar el empuje o fuerza que ella ejerce sobre los cuerpos que se oponen a su marcha.

Es posible que los chinos hayan inventado la rueda hidráulica primitiva, de paletas y de impulsión inferior y directa por el empuje del agua, todavía funcionan en china numerosas ruedas hidráulicas de gran diámetro y de concepción primitiva construidas con cañas de bambú utilizadas para elevar de ríos arroyos el agua necesaria para el riego de los campos.

- De la rueda hidráulica a la turbina hidráulica. Desde la primitiva rueda hidráulica, cuyo esbozo es posible sea la rueda china de acción, hasta la llamada rueda a reacción de Poncelet.

La rueda hidráulica, se clasifica en ruedas hidráulicas de acción, que funcionan por la acción directa, empuje o choque del agua contra las paletas o piezas que la sustituyen.

En este choque, el agua corriendo con mayor o menor velocidad, cada parte de su energía cinética a las paletas sumergidas, total o parcialmente en la misma agua, y esta energía es la que, transportaba al eje de la rueda por sus elementos rígidos, lo impulsan y lo obligan a girar. El rendimiento de la rueda de este tipo es reducido.

La perfección máxima de las ruedas hidráulicas corresponde a lo inventado por el matemático francés Poncelet, de tipo de impulsión empuje inferior, rueda que representó en el siglo xix.

- Avance de la técnica de la rueda hidráulica a la turbina

La turbina es una máquina que transforma la energía de un fluido en movimiento circular directamente y sin necesidad de órganos intermedios.

En las turbinas hidráulicas se utiliza la energía de caída del agua, pero éste actúa sobre las paletas constantemente en el mismo sentido, de manera que si penetra por la circunferencia exterior de la rueda sale por la interior y si penetra por la parte inferior, sale por la exterior, por este método se aprovecha casi totalmente la energía del agua.

- La turbina Francis es de tipo centrípeto, el agua penetra por la periferia y sale por la parte central de la rueda motriz, según el radio de este. Este tipo de turbina de eje vertical, como horizontal, ha tenido y tiene aún hoy, una gran difusión en todo el mundo y se denomina turbina a reacción. En el Perú se utiliza mucho para centrales hidroeléctricas de mediana caída.
- La turbina Kaplan el principio fundamental se basa en lo siguiente: si una hélice cualquiera gira con rapidez en el seno de un fluido, determina y provoca el movimiento de una masa mayor o menor en cuestión, si sobre una hélice en reposo y libre se hace llegar una masa fluida, agua o aire, en movimiento rápido, la hélice girará con una velocidad que dependerá de la del fluido que choca contra sus palos (efecto de inversión).
- La turbina pelton, ingeniero norteamericano, resucitó con éxito hacia 1880, la vieja rueda hidráulica, pero mejorándola considerablemente. Antes de ser introducido en Europa, la rueda pelton había logrado una gran difusión en california usa.

Las cucharas, sustituyen en la rueda pelton a los palos de las antiguas ruedas hidráulicas. Cada par de cuchara adaptan la forma aproximada, de dos manos juntas para recibir en ellas un chorro de agua, con la diferencia de que las superficies de aquellas están perfectamente pulidas y calculadas de tal manera que aprovechan lo mejor posible la fuerza viva.

las centrales hidroeléctricas es la coronación del uso de las turbinas hidráulicas, no crean potencia, sólo transforman la energía del agua que cae en electricidad, energía más adaptable, más varia que la del agua, pero que a diferencia de la de ésta, no se puede almacenar.

## **B. Energía térmica**

La energía calorífica, en modo de manifestarse la energía, no pudiendo utilizar la energía calorífica solar en la medida deseada por el hombre, se le ocurrió al hombre, utilizar la producida en la combustión de diversas materias: madera y carbón primero, del petróleo y sus derivados después, con el fin de obtener energía, fuerza para diversos menesteres.

Todo aparato o dispositivo en energía mecánica se denomina calorífica, en energía mecánica se denomina motor térmico.

- **Motores térmicos**

En estos motores, el calor se transforma en energía mecánica, aprovechando el fenómeno de expansión de los gases y vapores en movimiento. Para el calentamiento del gas o del vapor, se utiliza el calor que produce al quemarse, determinados cuerpos como el carbón, el fuel-oil, la gasolina, etc. A estos cuerpos que al quemarse produce calor, se les llama combustibles.

## **C. Energía solar**

La cantidad de calor recibido por la tierra anualmente puede calcularse en 1946 calorías pequeñas por centímetro cuadrado de superficie y por minuto. Este calor es capaz de producir una potencia de 1,81 caballos de vapor por metro cuadrado.

La transformación directa de la energía radiante del sol en calor parece ser actualmente fácil y con rendimiento elevado, del 30 al 60%, la técnica es bastante sencilla y eficaz en el tiempo, cronológicamente el primer método empleado consiste en concentrar en una superficie reducida las radiaciones solares recogidas en una gran superficie.

Mediante espejos esféricos, parabólicos o troncocónicos se iniciaron los dispositivos solares para producir energía.

En la actualidad el avance en la utilización de energía solar es muy grande y los países desarrollados ya están vendiendo programas de desarrollo energético a base de energía solar, la misma que cada día se acerca más y más a competir en los precios de dólares por kilovatios. Este tipo de energía obtenida se denomina renovable.

- **Energía fotovoltaica**

Se dice que la energía solar fotovoltaica es la energía del futuro. Su despegue se produjo en el contexto de programas espaciales, en los cuales se ha permitido hacer funcionar satélites artificiales por energía solar, aprovechando directamente la radiación del sol.

Como características positivas podemos mencionar que, en este tipo de energía, la energía solar se transforma en energía eléctrica sin partes móviles, sin ciclos termodinámicos y sin reacciones químicas.

Esta generación eléctrica es de duración prácticamente ilimitada, no requiere mantenimiento, no produce contaminación ni hace ruido.

El efecto fotoeléctrico permite transformar directamente energía solar (ya sea directa o difusa) en energía eléctrica continua. Para ello, se suelen utilizar semiconductores, y en especial el silicio (el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre que se obtiene de la arena).

El elemento base es la célula solar. Suelen ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo. Los conjuntos de células se orientan hacia el sur para aprovechar más la radiación solar, y son conectadas a un sistema de almacenamiento (baterías) y de conversión de la corriente.

Se trata pues de una fuente de energía que puede aprovecharse en cualquier aplicación: red eléctrica, consumo en lugares aislados de zonas rurales.

#### **D. Energía eólica**

El viento es una masa de aire en movimiento. El aire es el fluido gaseoso que envuelve a toda la tierra, fluido que es indispensable para la vida humana, la de los animales, para las plantas, que respiran de modo análogo a la del hombre, esta envoltura recibe el nombre de atmósfera.

- La vela

Se desconoce a ciencia cierta cuál fue la primera utilización práctica de la energía del viento, primera en modalidad como es natural, la primera idea creadora del hombre primitivo fue la vela y su utilización en la navegación.

La forma de vela más utilizada es la cuadrada era tan sencilla como la embarcación, posterior a ella es la vela triangular.

Durante muchas reglas el hombre utilizó la vela como único medio posible para atravesar los mares, y el viento y la vela constituyen un binomio de elementos inseparables. El viento proporciona la energía más barata que se podía imaginar, pero es mudable en velocidad y dirección, inconstante.

- El molino de viento

Es la máquina energética más sencilla que se conoce y el único ingenio inventado por el hombre, después de la vela, para aprovechar el viento como agente activo productor de energía.

El moderno molino de viento, se desea a que la técnica modificó y mejoró, mediante el aligeramiento de su estructura.

Con el fin de aumento el rendimiento de estos aparatos se sustituye la típica rueda de aspas, por turbinas de eje vertical y provistos, de numerosos alabes grandes, regulables y movibles alrededor de sus ejes respectivos, con el fin de transformar la turbina en cilindros de superficie continua y deslizante cuando el viento alcanza grandes velocidades.

Actualmente, también este tipo de obtención de energía ha desarrollado extraordinariamente y su uso como energía alternativa está bien difundida en el mundo. Es también de energía renovable.

## **E. Energía geotérmica**

Los volcanes no son las únicas manifestaciones de la energía calorífica de la tierra, de orden inferior son las que proporcionan los géiseres, las fumarolas y los soffinis, manifestaciones atenuadas del vulcanismo.

Los géiseres son chorros intermitentes del agua líquida caliente mezclada con vapor de agua que surgen con violencia del suelo en algunas regiones.

Las fumarolas son manifestaciones puramente de naturaleza volcánica, masas de gases a temperaturas elevadas a 200°C, en otras surgen agua con abundantes vapores de ácido clorhídrico y gas sulfuroso que se disuelven en el agua que surgen con ellos.

Los soffionis, son manifestaciones de la energía interna de la tierra, fuentes de vapor de agua a temperatura superior a 100°C comprendidos 145° a 300° C y a una presión elevada, entre 5 y 30 atmósferas.

Este tipo de energía se va difundiendo su captación, pero muy lentamente, no ha desarrollado mucho.



Los sistemas geotérmicos aprovechan las fuerzas existentes en el interior de la tierra para producir energía útil para el consumo.

El interior de la corteza terrestre alberga energías que se encuentran en constante movimiento, los terremotos son una manifestación de esas fuerzas, así como los volcanes activos, que liberan en la superficie de la tierra el exceso de energía que se mueve en su interior. La zona del interior de la tierra donde se producen esas fuerzas se encuentra aproximadamente a unos 50 km. De profundidad, en una franja denominada sima o sial.

Conforme se desciende hacia el interior de la corteza terrestre se va produciendo un aumento gradual de temperatura, siendo ésta de un grado cada 37 metros aproximadamente. No obstante, existen zonas de (nuestro planeta donde las altas temperaturas se encuentran al nivel de la superficie, donde las instalaciones geotérmicas podrían ser más rentables.

## **F. Energía nuclear atómica**

Es una nueva fuente que por su alimentada amplitud y por sus características parece entrar en el dominio de lo mágico, se refiere a la utilización industrial de la energía atómica que superó los sueños de los alquimistas medievales. Una fuente de energía inextinguible, puesto que ha resuelto el problema del autoabastecimiento continuo, debido a que en el reactor nuclear se ha conseguido, que la fusión del usuario <sup>235</sup> se convierta en una mayor cantidad de nuevos elementos fisionables o escindibles que la consumida.

En 1959 se inició la construcción de centrales electro atómicas, luego la energía nuclear se empezó a experimentar para uso en las locomotoras, la navegación en los submarinos, en cohetes estratosféricos y en los satélites artificiales, etc., pero aun así durante varias décadas hubo un desarrollo muy grande en la construcción de centrales eléctricas nucleares, sin embargo con el transcurrir del tiempo fueron decayendo, debido a la radio actividad producida, así como a las protestas de grupos ecologistas. Solo en Japón ha tenido éxito el uso de energía nuclear y por varios años su programa energético estuvo basado en el desarrollo de este tipo de energía.

## **G. Energía de la biomasa**

La biomasa, o cantidad de materia orgánica que constituyen todos los seres vivos de nuestro planeta, es una fuente de energía renovable, pues su producción es infinitamente más rápida que la formación de los combustibles fósiles. La biotecnología ha permitido que de la biomasa puedan extraerse combustibles absolutamente ecológicos; mediante su destilación, gasificación, hidrólisis o digestión aeróbica.

Los organismos fotosintéticos, tales como plantas y algas, proveen la mayor biomasa de la tierra, con un volumen estimado cercano al 80% del total; algo menos de la mitad corresponde a los bosques y zonas arboladas. Para dar una idea de la ingente cantidad de biomasa agrícola y forestal que se produce anualmente mediante la fotosíntesis, basta decir que supone todo el consumo de energía del mundo multiplicado por 10, o 200 veces todo el volumen de alimentos dispuestos. Los organismos fotosintéticos marinos y terrestres convierten la energía del sol en materia orgánica de forma continuada, por tanto, constituye una auténtica fuente de energía renovable.

Con las demandas de los combustibles fósiles, decayeron vertiginosamente las investigaciones en materia de biocombustibles, hasta entonces el biocombustible principal y más utilizado era la madera, tanto para su uso como fuente propulsora en vehículos de transporte, como para calefacción. Asimismo, muchos vehículos utilizaban biocombustibles a base de metanol y etanol mezclado con gasolina. Solo las crisis surgidas en los sectores de combustibles fósiles en los últimos tiempos, ha permitido que se renueven las esperanzas y se comience a investigar de nuevo en este tipo de energías.

El ejemplo más visible de como el biocombustible puede llegar a ser más que rentable para nuestra maltratada naturaleza, lo encontramos en Brasil donde, desde hace muchos años, se produce etanol a gran escala a partir de melazas de caña de azúcar o pulpa de mandioca. Este biocombustible se mezcla al 20% con la gasolina que utilizan los automóviles, lo que supone un considerable ahorro en la factura de petróleo, además de una verdadera buena noticia para el medio ambiente, al ser éste un combustible que no emite residuos contaminantes a la atmósfera.

## **H. Energía del mar**

Cuando algo se mueve, está realizando un trabajo, y para realizar un trabajo. Si hay algo que esté en continuo movimiento, ese algo es el mar. Observando desde lejos puede parecer muy tranquilo, pero cuando nos acercamos a él comprobamos que su superficie se mueve continuamente mediante ondulaciones que pueden ser muy suaves o pueden convertirse en grandes olas que rompen estruendosamente al chocar contra los acantilados. Los cuerpos que flotan son arrastrados de aquí para allá por corrientes marinas. El nivel del mar tampoco está quieto, sino que sube y baja dos veces al cabo del día, constituyendo así el fenómeno de las mareas, que en ciertas zonas son tan acusadas que pueden cubrir y descubrir en pocas horas grandes extensiones de terreno.

Así, todo este movimiento es reflejo de la energía almacenada en el agua, y en ciertos lugares donde el movimiento es mucho mayor, lógicamente, el contenido en energía también será muy grande y tal vez se pueda aprovechar utilizando dispositivos o aparatos ingeniosos y eficaces.

Los movimientos más importantes del mar podemos clasificarlos en tres grupos: corrientes marinas, ondas y olas y mareas.

Las ondas y olas y las corrientes marinas tienen origen en la energía solar, mientras que las mareas son producidas por las atracciones del sol y de la luna.

Algunas formas para obtener la energía del mar pueden ser mediante las corrientes marinas, las ondas y olas, las mareas, o la energía térmica del mar.

## **I. Energía química**

La energía química es una manifestación más de la energía. en concreto, es uno de los aspectos de la energía interna de un cuerpo y, aunque se encuentra siempre en la materia, sólo se nos muestra cuando se produce una alteración íntima de ésta.

La actualidad, la energía química es la que mueve los automóviles, los buques y los aviones y, en general, millones de máquinas. tanto la combustión del

carbón, de la leña o del petróleo en las máquinas de vapor como la de los derivados del petróleo en el estrecho y reducido espacio de los cilindros de un motor de explosión, constituyen reacciones químicas.

El carbón y la gasolina gasificada se combinan con el oxígeno del aire, reaccionan con él y se transforman suave y lentamente, en el caso del carbón, o instantánea y rápidamente, en el caso de la gasolina dentro de los cilindros de los motores. las mezclas gaseosas inflamadas se dilatan considerable y rápidamente y en un instante comunican a los pistones del motor su energía, de traslación, su fuerza viva o de movimiento.

Si se rodeasen el carbón o la leña, la gasolina y el petróleo de una atmósfera de gas inerte, por ejemplo, nitrógeno gaseoso, ni los primeros arderían ni los últimos explotarían en los cilindros. el nitrógeno no reacciona con aquellos cuerpos y las mezclas de gasolina y nitrógeno ni arden ni explotan.

Finalmente, hay que mencionar la más reciente y espectacular aplicación de la energía química para lograr lo que durante muchos siglos constituyó su sueño: el viaje de ida y vuelta al espacio exterior y a la luna, así como la colocación de distintos tipos de satélites artificiales en determinadas órbitas.

## **J. Energía eléctrica**

La energía eléctrica no se puede utilizar directamente a partir de su manifestación espontánea en la naturaleza. en la actualidad los medios usuales de producirla son: a) centrales hidroeléctricas, b) centrales térmicas, c) centrales nucleares.

Las primeras utilizan la energía que se genera en los desniveles o saltos de agua; en general se suelen obtener buenos rendimientos y precios bastante bajos en la energía eléctrica así producida. en España, el carácter muy accidentado de la orografía ha propiciado la obtención de electricidad a partir de este tipo de centrales eléctricas. así, durante 1978 el 42% de toda la energía eléctrica producida en nuestro país fue de origen hidráulico.

No obstante, dos de las condiciones exigidas para la instalación de centrales hidroeléctricas -orografía accidentada y lluvias regulares- constituyen insuperables dificultades allí donde no se dan. por ejemplo, años de escasez de lluvias se traducen en drásticas bajas en la producción de energía,

Los otros tipos de centrales eléctricas (térmicas y nucleares) basan su funcionamiento en el carbón o petróleo (térmicas) ó en el uranio (nuclear). como es lógico, la rentabilidad de unas y otras depende, en cada caso, tanto del precio de construcción de la central como de los precios corrientes de los combustibles de los que se valen.

Uno de los inconvenientes que suelen darse a este tipo de centrales es la contaminación ambiental que pueden ocasionar. tanto las centrales térmicas de carbón y fuego como la mayoría de la nucleares, realizan una refrigeración de agua, y en todos los casos se eliminan cantidades de vapor de agua por las chimeneas. este vapor de agua hace aumentar la temperatura y la humedad de los lugares cercanos, por lo que se pueden operar cambios climáticos perjudiciales en algunos casos. además, en las centrales nucleares pueden darse otros problemas, tanto por los riesgos que comporta la manipulación del

uranio (extracción de las minas y enriquecimiento), como por los posibles fallos es los sistemas de refrigeración, seguridad o de control, así como por la dificultad de un eficaz almacenamiento y posterior eliminación de residuos radiactivos.

#### K. Conclusiones

La energía convencional a base de energía hidráulica y térmica que usa como combustible el petróleo continuará predominando por mucho tiempo más, debido a su versatilidad y facilidad de obtención. en algunos países como el Japón la energía térmica no convencional a base de combustible nuclear será el soporte de su desarrollo tecnológico.

La energía solar y eólica las cuales son energías limpias que no contaminan el ambiente y son renovables, presentan muchas aplicaciones en la actualidad y éstas se incrementarán en el comercio.

La aplicación de las energías convencionales se da en las centrales hidroeléctricas. en el caso del Perú la más importante central hidroeléctrica del Mantaro, suministra energía a muchas industrias y ciudades del país.

En el caso de las centrales térmicas se utilizan en centros aislados como Iquitos, Pucallpa existiendo interés en extenderlo en diferentes pueblos rurales del país.

## Tema n.º 2: Corriente continua (CC), corriente alterna (CA) y potencia eléctrica (P, Q y S)

Hemos visto con algún detalle los fenómenos eléctricos estáticos. Es natural preguntarse ahora por los efectos producidos por el movimiento de cargas eléctricas. En términos muy generales, el movimiento de cargas eléctricas constituye una corriente eléctrica. En mayor o menor grado, todos los materiales son capaces de "conducir" una corriente eléctrica. Las características del fenómeno de conducción dependen del material considerado. Se puede clasificar los materiales de acuerdo a si conducen corriente eléctrica con facilidad o no (conductores y aisladores), o bien en forma más cuantitativa, como lo haremos más adelante. La siguiente tabla nos da algunos ejemplos de materiales conductores de diversos tipos.

Tabla 1  
Tipos de materiales, portadores de carga y ejemplos de materiales reales en los que se encuentran

Tipo de Conductor	Portador de carga	Ejemplo
Conductor metálico	electrones	<i>Cu, Au, Ag, Pt, Al</i>
Semi-conductor	electrones y huecos	<i>Si, Ge, Ga, As, etc.</i>
Superconductor	par de Cooper	<i>Pb, Hg, etc.</i>
Gases ionizados	iones	

Fuente: Elaboración propia.

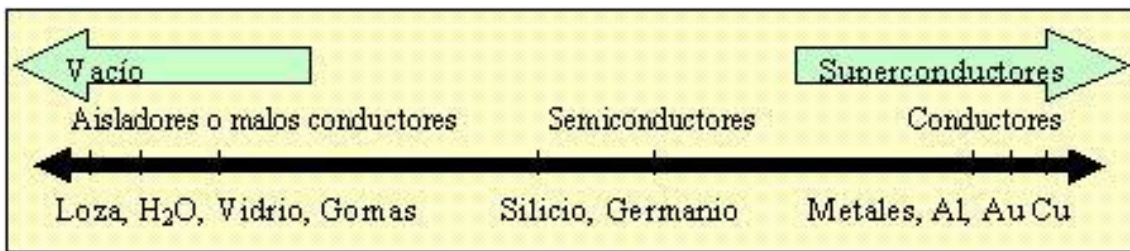


Figura 1. Aisladores, semiconductores y conductores

## 2.1. Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es entonces un flujo ordenado de carga eléctrica. En un conductor sólido, como un cable o alambre metálico, son los electrones libres del metal los que transportan la carga por el circuito. Los metales tienen la propiedad de tener electrones que pueden moverse con libertad a través de toda la red atómica, mientras que los protones cuya carga eléctrica es positiva se mantienen ligados a los núcleos que están más o menos fijos en posiciones determinadas. En una solución acuosa de una sal iónica como el cloruro de sodio o sal común (el caso del agua de mar), el flujo de carga eléctrica se realiza tanto por la carga negativa (iones negativos) como por las cargas positivas (iones positivos). La corriente eléctrica se mide en amperios cuyo símbolo es A. La corriente de un amperio significa que circula por el circuito un Coulomb de carga cada segundo.

También podemos decir que la corriente eléctrica es, simplemente, el movimiento de cargas eléctricas. Definimos la corriente eléctrica  $I$ , como la carga eléctrica  $dq$  que pasa a través de una sección de área  $A$  de conductor, por unidad de

$$\text{tiempo } dt, I = \frac{dq}{dt}$$

La corriente eléctrica  $I$  se mide entonces en Coulomb por segundo (ampere)

$$1A = \frac{1C}{1s}$$

Notemos que, de acuerdo a nuestra definición, tanto los portadores de carga positiva como negativa contribuyen a la corriente en el mismo sentido (del mismo signo)

- **Corriente eléctrica**, es el paso ordenado de electrones a través de un conductor.
- **Intensidad eléctrica**, es la cantidad de carga eléctrica que circula por un conductor en la unidad de tiempo.

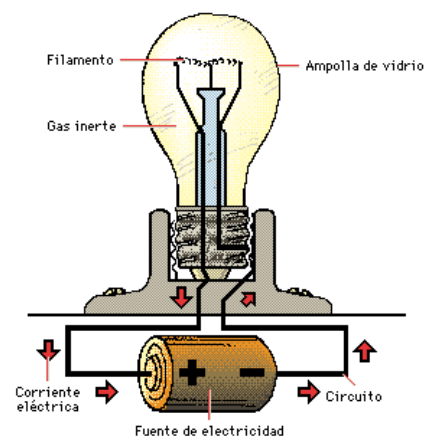
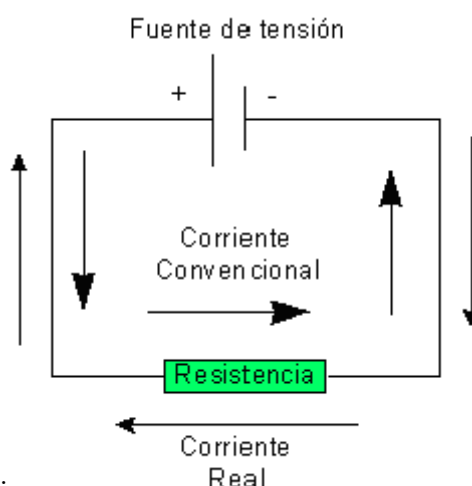


Figura 2. Sentido de la corriente eléctrica continúa.

## 2.2. Densidad de corriente

Dada una corriente eléctrica en la que los portadores tienen carga  $q$ , densidad volumétrica  $n$ , y se mueven con velocidad promedio  $\vec{v}$  (también llamada velocidad de arrastre), la densidad de corriente eléctrica es el vector (definido en cada punto de la corriente).

$$\vec{j} = qn\vec{v}$$

- Si no hay movimiento de electrones en ninguna dirección privilegiada (sólo movimiento térmico),  $\vec{v} = 0 \rightarrow \vec{j} = 0$  en la figura de la izquierda.
- Si los portadores tienen carga negativa, como ocurre en la conducción en conductores metálicos,  $\vec{j}$  tiene la misma dirección pero sentido contrario a  $\vec{v}$  figura de la derecha.
- El módulo de la densidad de corriente se interpreta como la carga que por unidad de tiempo atraviesa la unidad de área perpendicular a la dirección del movimiento de los portadores.

## 2.3. Intensidad de corriente eléctrica

Dada una corriente eléctrica en la que los portadores tienen carga  $q$ , densidad volumétrica  $n$ , y se mueven con velocidad promedio  $\vec{v}$ , la intensidad de corriente eléctrica a través de una superficie  $S$  viene dada por  $I = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = \int_S qn\vec{v} \cdot d\vec{S}$ , tal como muestra la figura y representa la carga neta que por unidad de tiempo atraviesa la superficie  $S$ .

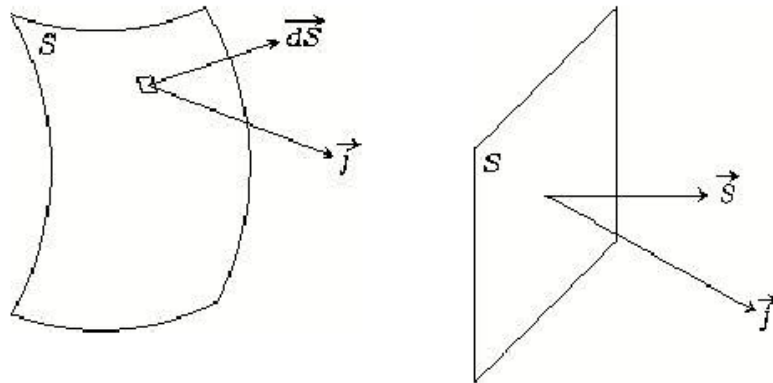


Figura 3. Vector de densidad de corriente.

- En el caso de que  $S$  sea una superficie plana de vector  $\vec{S}$ , y de que  $\vec{j}$  sea uniforme en  $S$ ,  $I = \vec{j} \cdot d\vec{S}$ .
- Si  $S$  es la sección de un conductor metálico,  $I$  es la intensidad que circula por el circuito.
- Si  $S$  es una superficie cerrada,  $I = \oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$  representa la carga neta que abandona el volumen  $V$  delimitado por  $S$  en la unidad de tiempo.

## 2.4. Ley de ohm

Básicamente, la Ley de Ohm dice:

“La intensidad de corriente que circula por un conductor de resistencia  $R$  es directamente proporcional al valor de la tensión ( $V$ ) e inversamente proporcional al valor de su resistencia”.

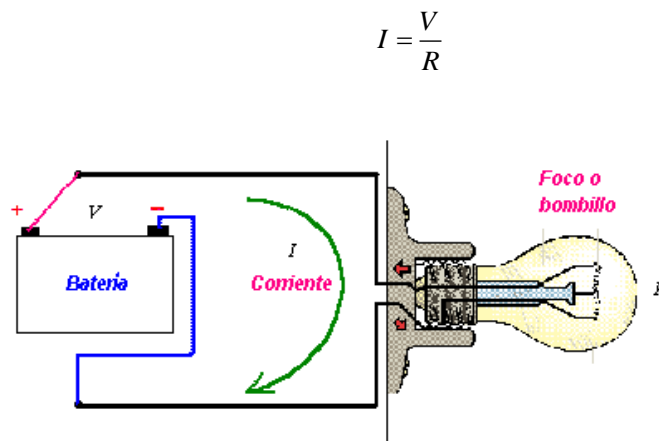


Figura 4. La ley de Ohm.

## 2.5. Resistividad

La resistividad eléctrica es la inversa de la conductividad,  $\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{2m_e}{ne^2\tau}$ .

La constante  $\sigma$  se denomina conductividad, y es una propiedad del material. La siguiente tabla muestra algunos valores típicos de la resistividad  $\rho = \frac{1}{\sigma}$ .

Tabla 2

Resistividad de materiales importante en ( $\Omega \cdot m$ )

Material	$\rho = \frac{1}{\sigma}$ ( $\Omega \cdot m$ )	$\alpha$ (20° C)	Material	$\rho = \frac{1}{\sigma}$ ( $\Omega \cdot m$ )
Plata	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	<b>Semiconductores</b>	
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	Carbón (grafito)	$1,375 \cdot 10^{-5}$

Oro	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	Germanio	0,46
Aluminio	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	Silicio	0,03
Magnesio	$4,6 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$		
Tungsteno	$5,6 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$		
Platino	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	<b>Aisladores</b>	
Hierro	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	Madera	$10^8 - 10^{11}$
Acero	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$
Plomo	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	Azufre	$2 \cdot 10^{17}$
Constantán	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	Cuarzo	$7,5 \cdot 10^{17}$
Invar. 36	$8,2 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$		
Mercurio	$9,6 \cdot 10^{-7}$	$8,9 \cdot 10^{-4}$		
Nicromo	$1,15 \cdot 10^{-6}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$		

Fuente: Elaboración propia.

## 2.6. Resistencia Eléctrica o la ley de Pouillet

Dado un hilo conductor rectilíneo de longitud  $l$ , sección  $S$  y conductividad  $\sigma$  (resistividad  $\rho$ ), su resistencia eléctrica viene dada por  $R = \frac{l}{\sigma S} = \rho \frac{l}{S}$ .

Si la conductividad y/o sección varían entre sus extremos A y B,  $R = \int_A^B \frac{dl}{\sigma S}$ .

A cierta temperatura; la resistencia ( $R$ ) de un alambre conductor es directamente proporcional a su longitud ( $l$ ) e inversamente proporcional al área ( $S$ ) de su sección recta.

$$R = \rho \frac{l}{S} = \Omega m \cdot \frac{m}{m^2}$$

- A mayor  $l$  (longitud)  $\Rightarrow$  mayor resistividad ( $R$ )
- A mayor  $S$  (sección)  $\Rightarrow$  menor resistividad resistencia ( $R$ )
- A mayor  $T^\circ$  (temperatura)  $\Rightarrow$  mayor resistencia ( $R$ )

## 2.7. Variación de la resistencia con la temperatura

$$R = R_o (1 + \alpha \Delta T)$$

$R_o$ : resistencia del alambre frío.

$R$ : resistencia del alambre caliente.

$\Delta T$ : variación de la temperatura.

$\alpha$ : coeficiente térmico de la resistividad.

- En los conductores, la resistencia ( $R$ ) aumenta al aumentar la temperatura ( $T$ ):

$$\uparrow T^\circ \Rightarrow \uparrow R$$



- En los materiales semiconductores, la resistencia (R) disminuye al aumentar la temperatura (T):

$$\uparrow T^{\circ} \Rightarrow \downarrow R$$

## 2.8. Tipos de Resistencias

- a. Bobinadas.** Aquí vemos otros tipos de resistencias bobinadas, de diferentes tamaños y potencias, con su valor impreso en el cuerpo.

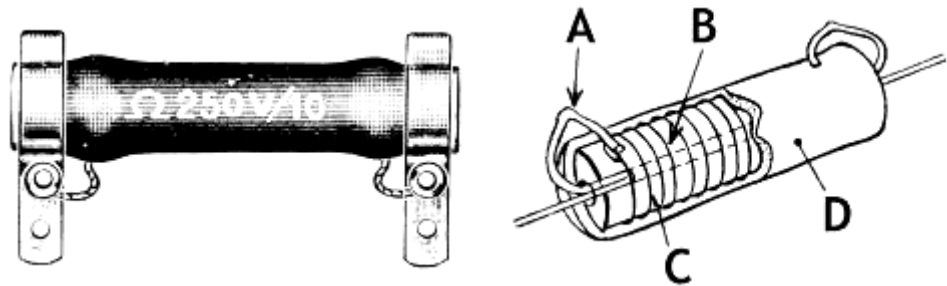


Figura 5. Resistencia bobinada

### b. Resistencia de Carbón

Las resistencias normalmente utilizadas en electrónica son las denominadas de carbón, debido a que su valor resistivo se obtiene por medio de polvo de carbón mezclado con un aglomerante. Son resistencias de pequeñas dimensiones y baja potencia, y de bajo precio. Se construyen normalmente con tolerancias de  $\pm 5\%$  y  $\pm 10\%$  (tolerancia es el margen de variación de su valor nominal).

Son las normalmente utilizadas en la electrónica, excepto en las aplicaciones que se requiere cierta precisión, en que se usan otras de más calidad.

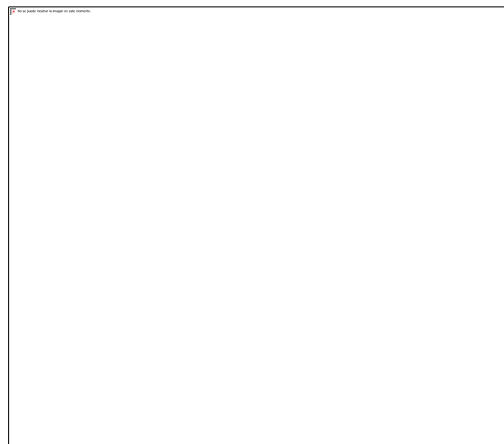


Figura 6. Resistencia de carbón

### c. Resistencia de película

Son resistencias de mayor precisión que las de carbón, y se suelen utilizar en circuitos electrónicos como instrumentación, electro medicina, etc., y, en general, en aquellas aplicaciones en las que se requiere una cierta precisión. En estas resistencias se obtienen tolerancias de un 1% (y menos), y con un bajo coeficiente de temperatura (variación del valor con la temperatura). Son, al igual, que las de carbón, de baja potencia.

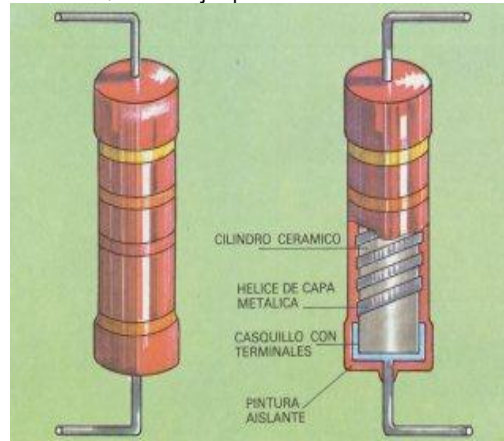


Figura 7. Resistencia de película y precisión < 1%

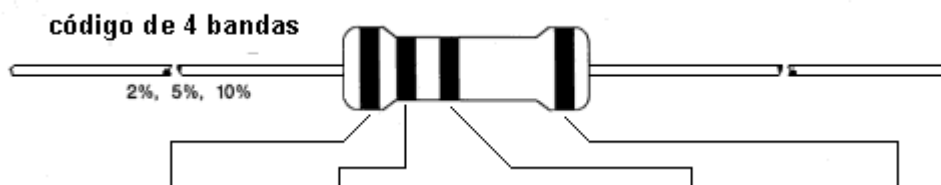
## 2.9. Código de colores (resistencia dada en ohms)

Tabla 3  
Código de colores

COLOR	DIGITO	DIGITO	MULTIPLICADOR	TOLERANCIA (%)
NEGRO	0	0	1	
CAFÉ	1	1	10	
ROJO	2	2	100	
ANARANJADO	3	3	1000	
AMARILLO	4	4	10000	
VERDE	5	5	100000	
AZUL	6	6	1000000	
VIOLETA	7	7	10000000	
GRIS	8	8		
BLANCO	9	9		
DORADO			0,1	5
PLATEADO			0,01	10
SIN COLOR				20

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo: Suponga que una resistencia tiene las siguientes cuatro bandas de color:



PRIMERA BANDA	SEGUNDA BANDA	TERCERA BANDA	CUARTA BANDA
CAFÉ 1	NEGRA 0	AMARILLA 4	DORADA ± 5 %

El valor de esta resistencia es  $10 \times 10000 \pm 5\%$ , o se encuentra en el intervalo de  $95000 \Omega$  a  $105000 \Omega$  (95 k $\Omega$  a 105 k $\Omega$ ).

Representación gráfica de la resistencia de cada hilo en función de la longitud, gráfico  $(R, l)$ . Cálculo de la pendiente de cada recta.

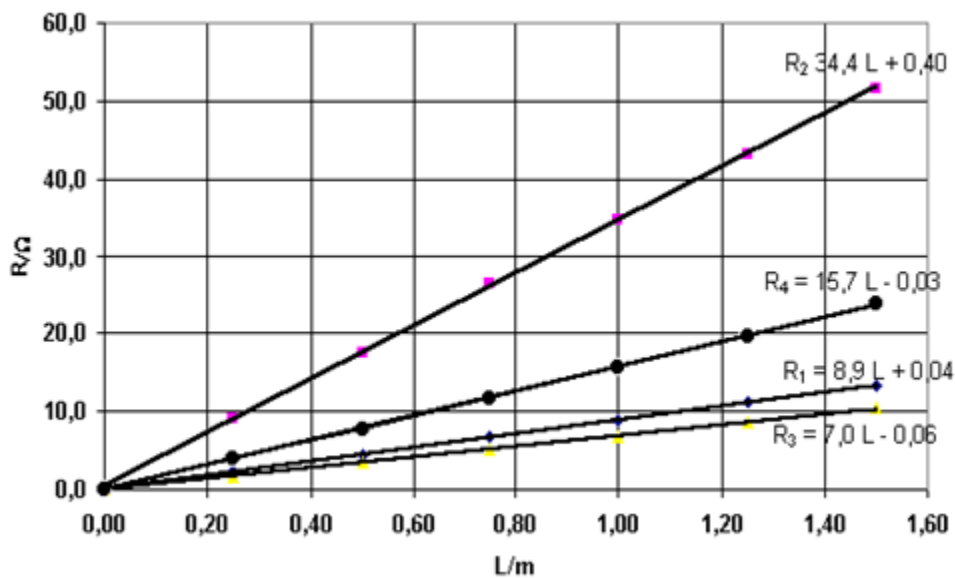


Figura 2. Variación de la resistencia de un conductor con su longitud

## 2.10. Circuitos de resistencias

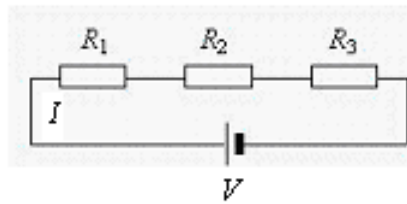
Es interesante considerar “circuitos” formados por varias resistencias, conectadas de diversas maneras. Antes de entrar en mayores detalles respecto a estos circuitos, describiremos algunas de las formas más comunes de conectar resistencias entre sí, a la vez que introducir el concepto de “resistencia equivalente”.

Consideremos un elemento resistivo; esto es, un conductor con conductividad finita  $\sigma$  (un conductor perfecto tiene conductividad infinita). Si, por esta resistencia, pasa una corriente  $I$ , y la resistencia entre sus extremos  $a$  y  $b$  es  $R_{ab}$ , entonces la diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre los extremos es  $V_{ab} = R_{ab} \cdot I$ .

## 2.11. Conexiones serie y paralelo

Las formas más sencillas de conectar resistencias se conocen en “serie” y “paralelo”.

### a. Conexión en Serie

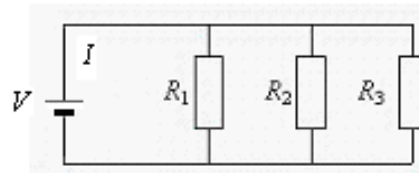


$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

### b. Conexión en Paralelo



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

### c. Transformaciones delta – estrella

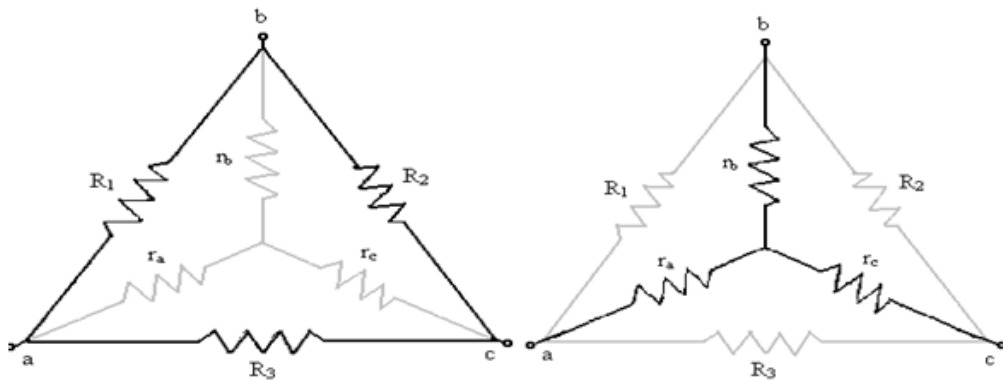


Figura 3. Transformaciones delta - estrella

Al pasar  $\Delta$  a una Y

$$r_a = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$r_b = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$r_c = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Al pasar Y a una  $\Delta$

$$R_1 = \frac{r_a r_b + r_a r_c + r_b r_c}{r_c}$$

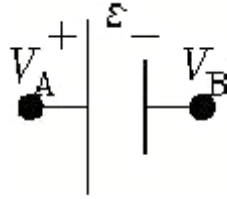
$$R_2 = \frac{r_a r_b + r_a r_c + r_b r_c}{r_a}$$

$$R_3 = \frac{r_a r_b + r_a r_c + r_b r_c}{r_b}$$

## 2.12. Fuerza electromotriz

Dado un generador de corriente continua que establece una diferencia de potencial  $V_A - V_B$  entre sus bornes en circuito abierto, a tal diferencia de potencial se le llama también fuerza electromotriz  $\mathcal{E}$  :

$$\mathcal{E} = V_A - V_B$$



### 2.13. Balance de energía y ley de joule

Supongamos que el  $dt$  se transporta una carga  $dq$  ( $dq = idt$ ) entre el punto a y el punto b de un circuito. Al pasar de a a b, la energía de los portadores de carga  $dq$  experimenta un cambio  $dU_{ab}$ , dado por  $dU_{ab} = (V_b - V_a)dq$ , pero  $(V_b - V_a) = \varepsilon_{ab} - R_{ab}I$ , entonces  $dU_{ab} = (\varepsilon_{ab}I - R_{ab}I^2)dt$ .

La interpretación de esta ecuación es la siguiente,  $\varepsilon_{ab}I.dt$  es la energía entregada por la fuente,  $R_{ab}I^2dt$  es la energía disipada en la resistencia. En un circuito cerrado,  $a=b$ , y  $V_a = V_b$ , luego  $P = \varepsilon_{ab}I = R_{ab}I^2$ ; en otras palabras, la potencia entregada por la batería es igual a la potencia disipada.

La energía que "se va" del sistema se disipa en forma de calor. Esto constituye el llamado **efecto Joule**. La presencia de un elemento resistivo va siempre acompañada de calentamiento en el circuito (esto es, a veces, deseable - calefactores eléctricos, etc.- y otras veces indeseable - parte de la energía disponible "se malgasta").

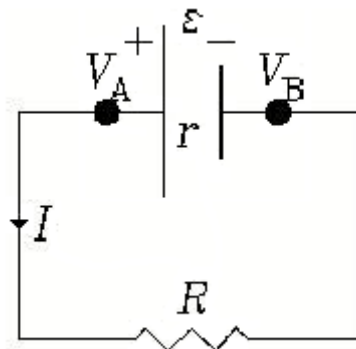


Figura 4. Energía entre los puntos A y B.

### 2.14. Máxima transferencia de potencia

Volvemos al ejemplo de la batería con una carga  $R$  y resistencia interna  $r_i$ . La

potencia disipada en la resistencia (carga) es  $P$ , 
$$P = RI^2 = \frac{R\varepsilon^2}{(R+r_i)^2}$$

La máxima potencia que se puede obtener de la batería es 
$$P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r_i}$$
.

Esto se obtiene de la condición de extremo  $\frac{dP}{dR} = 0$ , ya que

$$\frac{dP}{dR} = \frac{\varepsilon^2}{(R+r_i)^2} \left( 1 - \frac{2R}{R+r_i} \right); \text{ el resultado es que } P = P_{\max}, \text{ como función de } R,$$

cuando  $R = r_i$ , además  $P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r_i}$ .

## 2.15. Efectos y aplicaciones de la corriente eléctrica

Las aplicaciones que tiene la energía eléctrica son múltiples y variables (luz, fuerza mecánica, electromedicina, comunicaciones, etc.). En cualquier caso, todo se basa en hacer pasar un flujo electrónico ordenado a través de una determinada carga.

### A. Efecto Térmico

Como consecuencia del trabajo realizado en el transporte de las cargas eléctricas, la circulación de corriente a través de los conductores produce calor. Este fenómeno (llamado efecto Joule) tiene sus aplicaciones y defectos (*"La circulación de una intensidad de corriente en un conductor de resistencia  $R$  produce un efecto de calentamiento, que es proporcional al valor de resistencia ( $R$ ), al cuadrado del valor de la intensidad ( $I^2$ ) y al tiempo ( $t$ )"*), 1 Joule = 0,24 calorías.

El efecto térmico de la corriente eléctrica se aprovecha en estufas eléctricas, planchas, soldaduras, etc.

Como defecto, tenemos el posible calentamiento de las líneas conductoras, y en general, el calentamiento de todos los aparatos eléctricos cuya aplicación no sea la de producir calor (ordenadores, amplificadores, etc.)

### B. Efecto magnético

La circulación de la corriente eléctrica a través de un conductor también genera fuerza de tipo magnético a su alrededor.

Basándose en este efecto, aparecen los transformadores, motores, relés electroimanes, etc. Precisamente, mediante este principio, se puede detectar y medir la intensidad eléctrica a través de los conductores sin necesidad de actuar sobre ellos; es una medida a distancia, por medio de un instrumento denominado pinza amperimétrica, con el cual se detecta y visualiza la magnitud de fuerza magnética y, en consecuencia, también la magnitud de la intensidad eléctrica que circula.

### C. Efecto Químico

Se denomina electrólisis a la descomposición química que se produce en una solución conductora líquida, cuando se le hace pasar corriente eléctrica.

Al líquido se le denomina electrólito y a los elementos sumergidos a los cuales se les aplica la corriente electrodos. Al electrodo conectado al polo positivo se le llama ánodo y al conectado al polo negativo cátodo.

La electrólisis tiene, por ejemplo, en la galvanización (baños metálicos), recarga de baterías, obtención de productos químicos, etc.

## 2.16. Circuitos eléctricos - leyes de Kirchhoff

### A. Primera Ley

- En todo instante de tiempo, la suma algebraica de las corrientes que concurren en un nudo no singular (que no sea ni surtidor ni sumidero de cargas eléctricas), es igual a cero.

$$\sum i(t) = 0$$

- Gráficamente se puede ver en la figura:

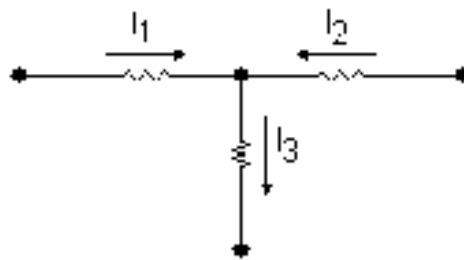


Figura 5. Ejemplo de nudo

donde:  $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ .

### B. Segunda Ley

- En todo instante de tiempo, la suma algebraica de las fuerzas electromotrices (fem) de los elementos activos y de las caídas de tensión en los elementos pasivos, a lo largo de un lazo es igual a cero.

$$\sum \varepsilon_i(t) - \sum v_j(t) = 0$$

- Gráficamente se puede ver en la figura:



Figura 6. Modelo de una malla.

donde:  $\varepsilon_1 - v_1 - v_2 = 0$ .

## 2.17. Mediciones de corriente y de diferencia de potencial

Método de las corrientes de mallas

1. La Red sea plana.
2. Plantear el grafo topológico y el número de mallas.
3. Asignar una corriente de malla (sentido horario).
4. Aplicar la ley de tensión de Kirchhoff a cada una de las  $[V_i] = [I_j] \cdot [R_{ij}]$  mallas.
5. Resolver las  $m$  ecuaciones independientes.

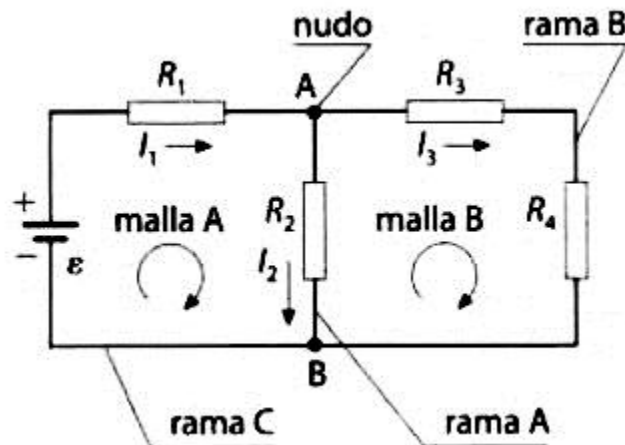


Figura 7. Circuito de dos malla (A y B) y dos nodos (A y B).

**Ejemplo de aplicación:**



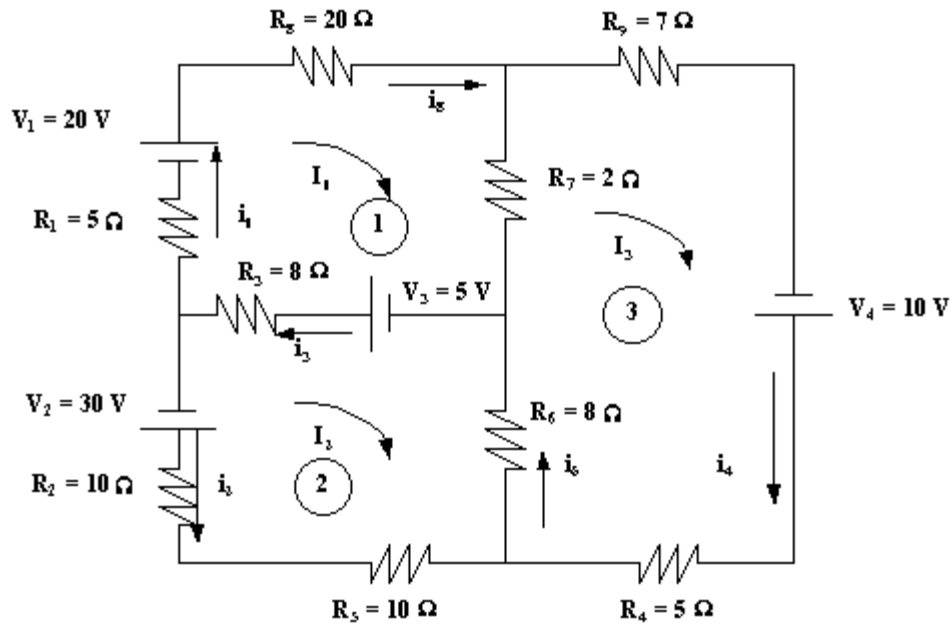


Figura 8. Circuito con tres mallas

De las tres mallas se tiene las siguientes ecuaciones:

**Malla 1:**  $35 i_1 - 2 i_2 - 8 i_3 = 25$

**Malla 2:**  $-8 i_1 + 36 i_2 - 8 i_3 = -35$

**Malla 3:**  $-2 i_1 - 8 i_2 + 22 i_3 = 10$

Solucionamos por sistemas de ecuaciones y se obtienen los siguientes resultados:

$i_1 = 0,72 \text{ A}$

$i_2 = 0,75 \text{ A}$

$i_3 = 0,24 \text{ A}$

## Tema n.º 3: Circuitos monofásicos y trifásicos

### 3.1. Corriente alterna

Corriente alterna es aquella que varía de valor y de sentido, de forma aleatoria o periódica, siendo en este caso corrientes aleatorias periódicas.



F  
Figura 9. Tipos de corriente alterna

### 3.2. Corriente alterna senoidal

Es aquella que se induce en una espira o conjunto de espiras (bobina) cuando gira en el seno de un campo magnético, o la que nos proporciona un oscilador electrónico, y responde a la ecuación  $\varepsilon = \varepsilon_m \text{Sen} \omega t$ , siendo la corriente que circula por ella  $I = I_m \text{Sen}(\omega t - \phi)$ .

- $\varepsilon_m$  y  $I_m$  son los valores máximos que toman la tensión y la corriente respectivamente.
- $\omega$  es la velocidad angular con la que gira la espira.
- $t$  es el tiempo que se considera.

Esta función es periódica, es decir, toma valores iguales a espacios iguales de tiempo, llamados periodo ( $T$ ).

### 3.3. Valores característicos de las corrientes alternas periódicas

#### A. Periodo

Se designa con la letra  $T$ , y es el tiempo que tarda en repetirse un mismo valor instantáneo.

También es el tiempo que tarda un fasor, en dar una vuelta completa.

#### B. Frecuencia

Es el número de veces que se repite un mismo valor en una unidad de tiempo. También es el No. de vueltas o ciclos que da un fasor en la unidad de tiempo. La frecuencia se mide en Hz. (Hercios). Se dice que una frecuencia es de un (1) Hz, cuando en un segundo se desarrolla un ciclo.

La relación entre la frecuencia y el periodo es la siguiente:

$$T = \frac{1}{f} \text{ segundos}$$

$$f = \text{Hercios} = \text{ciclo} / \text{seg}$$

### C. Valor Instantáneo

Es el valor que toma la tensión en cada instante de tiempo.

Si  $\varepsilon = \varepsilon_m \text{Sen}\omega t$  a cada valor de  $t$  le corresponde uno de  $\varepsilon$  instantáneo.

### D. Valor Máximo

Es el mayor de los valores instantáneos que toma la función.

Puede ser positivo o negativo, ambos iguales (función simétrica).

Al valor máximo también se le llama valor de pico.

$$\text{Valor máximo} = \text{Valor de pico} = \varepsilon_m = I_m$$

### E. Valor Medio

Es la media aritmética de todos los valores instantáneos a lo largo de un periodo. Es independiente del tiempo.

### F. Valor eficaz

Se define como la raíz cuadrada del valor medio cuadrático.

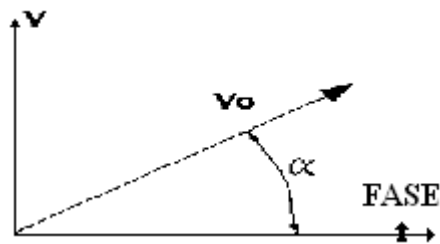
Su valor depende igualmente de la forma de onda, siendo los más comunes de uso general, los siguientes.

$$V_{ef} = \frac{V_o}{\sqrt{2}}, \quad I_{ef} = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$$

### G. Fase

Se denomina fase de una función senoidal, al producto  $\omega t$ .

Al tomar  $t$  sucesivos valores distintos, la función  $\varepsilon = \varepsilon_m \text{Sen}\omega t$  toma distintos valores, o pasa por diferentes fases.



### H. Angulo de fase

Es el ángulo determinado en cada instante por el producto  $\omega t$ .

Al ser  $\omega$  uniforme, la variación de  $\alpha$  determina la variación de  $t$ .

Los valores del ángulo de fase vienen determinados por la expresión

$$\alpha = \omega t = 2\pi f \cdot t = \frac{2\pi}{T} \cdot t.$$

### I. Módulo

Es el valor de la distancia del origen al extremo.

### J. Argumento

Es el ángulo que forma el vector con el eje positivo de las "X".

### K. Representación compleja

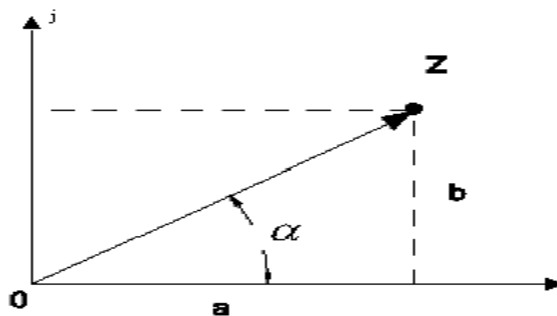
Hemos dicho anteriormente que una función senoidal queda definida por su velocidad  $\omega$  y su valor máximo  $\varepsilon_m$ , es decir se puede representar la función senoidal a escala, por un vector de módulo igual al **valor eficaz** y de fase  $\omega t$  que gira en sentido contrario a las agujas del reloj.

Por otra parte, podemos considerar el plano de representación, como el plano complejo, y establecer una correspondencia biunívoca entre los números complejos y los vectores del plano, es decir, a cada punto del plano definido por un número complejo le corresponde un vector y solo uno y recíprocamente a cada vector de origen en o corresponde un punto en el plano y solo uno.

Así representamos las funciones senoidales por un número complejo de la forma:

$$V = V\cos\omega t + jV\sin\omega t.$$

Donde  $\mathbf{V}$  es un número complejo de módulo el valor eficaz  $\mathbf{V}$ , y argumento  $\alpha = \omega t$



$$X_L = j\omega L,$$

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{j}{jj\omega C} = -\frac{j}{\omega C}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

### 3.4. Circuito RLC

Se ha estudiado el comportamiento de una bobina, un condensador y una resistencia cuando se conectan por separado a un generador de corriente

alterna.

Estudiaremos el comportamiento de un sistema formado por los tres elementos dispuestos en serie y conectados a un generador de corriente alterna de amplitud  $V_0$  y frecuencia angular  $\omega$ .

$$V = V_0 \text{Sen} \omega t$$

### 3.5. Circuito eléctrico, elementos de un circuito

Definimos circuito eléctrico como el conjunto de elementos generadores y cargas unidos por conductores, de forma que cuando se produce un estímulo, se origina una respuesta en forma de corriente eléctrica.

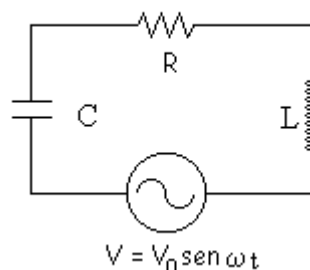
Los elementos de un circuito pueden ser activos y pasivos.

Son elementos activos los que transforman una energía cualquiera en energía eléctrica, mediante un proceso que puede ser reversible o no. Nos referimos a los generadores de tensión y de corriente.

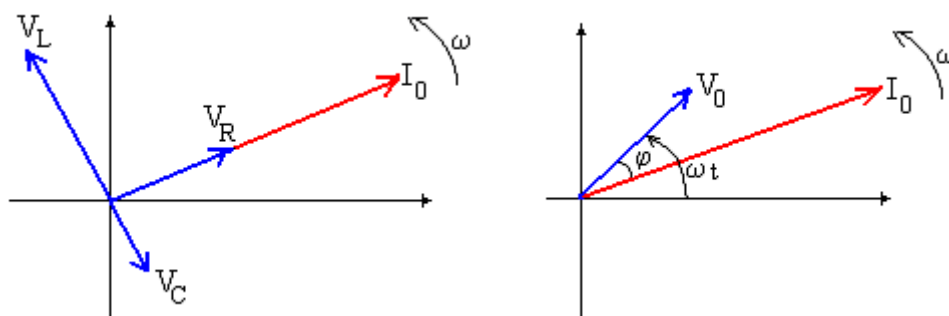
Son elementos pasivos cuando almacenan, ceden o disipan la energía que reciben. Nos referimos a las resistencias, bobinas y condensadores.

#### A. Circuito LCR en serie

Dibujamos el diagrama de vectores teniendo en cuenta:



que la intensidad que pasa por todos los elementos es la misma, que la suma (vectorial) de las diferencias de potencial entre los extremos de los tres elementos nos da la diferencia de potencial en el generador de corriente alterna.



El vector resultante de la suma de los tres vectores es:

$$V_o = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = I_o \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Se denomina impedancia del circuito al término:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

de modo que se cumpla una relación análoga a la de los circuitos de corriente continua  $V_o = I_o Z$ .

El ángulo que forma el vector resultante de longitud  $V_o$  con el vector que representa la intensidad  $I_o$  es:

Las expresiones de la fem y de la intensidad del circuito son:

$$V = V_o \text{Sen}(\omega t),$$

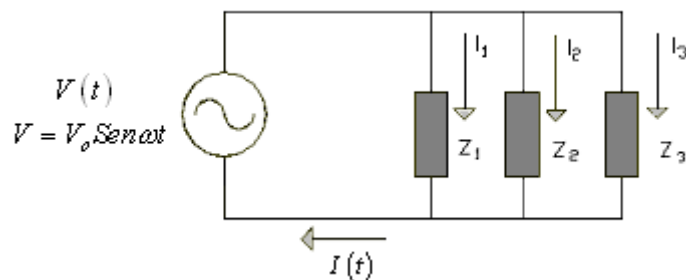
$$I = I_o \text{Sen}(\omega t - \phi)$$

La **intensidad** de la corriente en el circuito **está atrasada un ángulo  $j$**  respecto de la fem que suministra el generador.

## B. Circuito paralelo

Para la resolución de estos circuitos bastará normalmente con aplicar la ley de **OHM** y las leyes de **Kirchhoff**, bajo las funciones que nos relacionan la corriente y la tensión llamadas inmitancias; palabra compuesta de otras dos, que representan a su vez a funciones como la impedancia (**Z**) y la admitancia (**Y**).

Sea el circuito de la figura:



en el que  $I(t) = I_1 + I_2 + I_3$

Siendo

$$I_1 = \frac{V}{Z_1}, \quad I_2 = \frac{V}{Z_2}, \quad I_3 = \frac{V}{Z_3}$$

$$I_T = \frac{V}{Z_T} = \frac{V}{Z_1} + \frac{V}{Z_2} + \frac{V}{Z_3}$$

Sacando factor común a  $V$

$$I_T = V \left( \frac{1}{Z_T} \right) = V \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right)$$

El inverso de la impedancia total es la suma de los inversos de las impedancias parciales.

En el caso particular de dos impedancias en paralelo  $Z_T = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_2 + Z_1}$ .

La **Admitancia**. Es el inverso de la **Impedancia**

$$\frac{1}{Z} = Y \quad \Rightarrow Y(t) = Y_1 + Y_2 + Y_3$$

$$\frac{1}{R} = G \quad \Rightarrow \text{Conductancia es el inverso de la Resistencia}$$

$$\frac{1}{X_C} = \beta_C \quad \Rightarrow \text{Subceptancia Capacitiva - Inversa de } X_C .$$

$$\frac{1}{X_L} = \beta_L \quad \Rightarrow \text{Subceptancia Inductiva - Inversa de } X_L .$$

#### Unidades de Medida

$$Y = \frac{1}{Z} = mho (\mathcal{G}) \text{ y SIEMENS (inverso de OHMIO)}$$

$$G = \frac{1}{R} = mho \text{ ó siemens}$$

$$\beta = \frac{1}{X} = mho \text{ mho}$$

Si expresamos la impedancia en forma compleja  $Z = R + j(X_L - X_C)$  podemos hacer lo mismo con la admitancia  $Y = G - j\beta$  (parte real  $G$  y parte imaginaria  $j\beta$ ) resultando finalmente.

$$Y = \frac{1}{R + jX} = \frac{R - jX}{(R + jX) \cdot (R - jX)} = \frac{R - jX}{R^2 + X^2}$$

$$Y = \frac{R}{R^2 + X^2} - \frac{X}{R^2 + X^2}$$

es decir:

$$\frac{R}{R^2 + X^2} \Rightarrow G \text{ Parte real}$$

$$\frac{X}{R^2 + X^2} \Rightarrow \beta \text{ Parte imaginaria}$$

**Resultado**  $Y = G \pm j\beta$

La  $\beta$  tendrá signo + ó - dependiendo de la dominancia de la susceptancia inductiva o capacitiva.

En cualquier caso, el signo será contrario al que presenta la impedancia en ese mismo circuito.

Para determinar el desfase, si:

$$Z = R + jX; \text{ Tan}\phi = \frac{X}{R} \text{ y}$$

$$Y = G - j\beta; \text{ Tan}\beta = \frac{\beta}{G}$$

es decir, si queremos hallar la tangente con la admitancia hay que cambiar de signo la parte imaginaria.

### 3.6. Ventajas de la corriente alterna

La corriente alterna presenta ventajas decisivas de cara a la **producción y transporte** de la energía eléctrica, respecto a la corriente continua:

- Generadores y motores más baratos y eficientes, y menos complejos
- Posibilidad de transformar su tensión de manera simple y barata (transformadores)
- Posibilidad de transporte de grandes cantidades de energía a largas distancias con un mínimo de sección de conductores (a alta tensión)
- Posibilidad de motores muy simples, (como el motor de inducción asíncrono de rotor en cortocircuito)
- Desaparición o minimización de algunos fenómenos eléctricos indeseables (magnetización en las maquinas, y polarizaciones y corrosiones electrolíticas en pares metálicos)

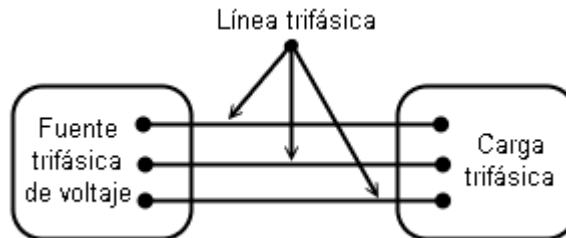
La corriente continua, presenta la ventaja de poderse acumular directamente, y para pequeños sistemas eléctricos aislados de baja tensión, (automóviles) aún se usa (Aunque incluso estos acumuladores se cargan por alternadores)

Actualmente es barato convertir la corriente alterna en continua (rectificación) para los receptores que usen esta última (todos los circuitos electrónicos)



### 3.7. ¿Qué es un sistema trifásico?

La estructura básica de un sistema trifásico consiste en una fuente trifásica de voltaje conectada a una carga trifásica a través de líneas de transmisión. Los sistemas trifásicos son ampliamente utilizados (por razones técnicas y económicas) en la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica.



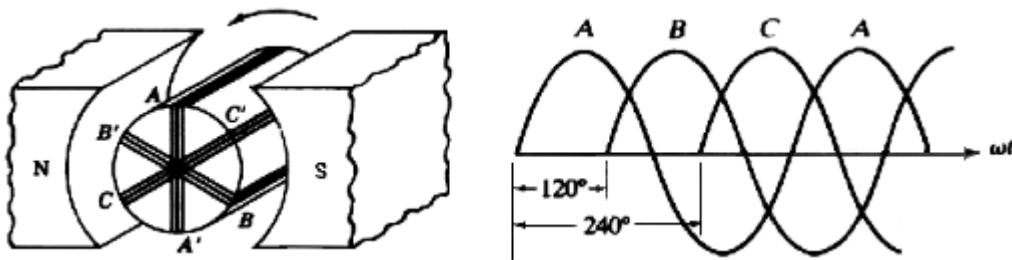
#### Observaciones:

- Se denomina líneas a los conductores (a, b, c), que unen a la fuente con la carga.
- Nuestro análisis se limita a los sistemas en estado estacionario sinusoidal.

### 3.8. ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un generador trifásico?

El generador de fase única (monofásico) desarrolla un voltaje sinusoidal único por cada rotación del eje. Si se incrementa en dos la cantidad de bobinas obtenemos un generador trifásico.

Debido a que las tres bobinas tienen igual cantidad de vueltas y cada bobina gira con la misma velocidad angular, el voltaje inducido a través de cada bobina presenta el mismo valor pico, la misma forma de onda y la misma frecuencia. Además, los devanados de fase (bobinas) se diseñan de manera que los voltajes sinusoidales inducidos en ellos estén desfasados en  $120^\circ$ .

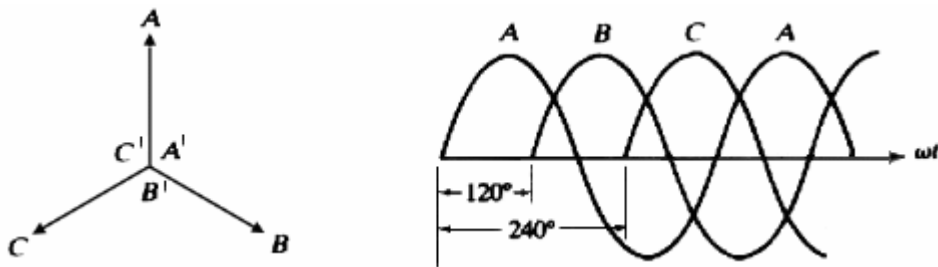


#### Observaciones:

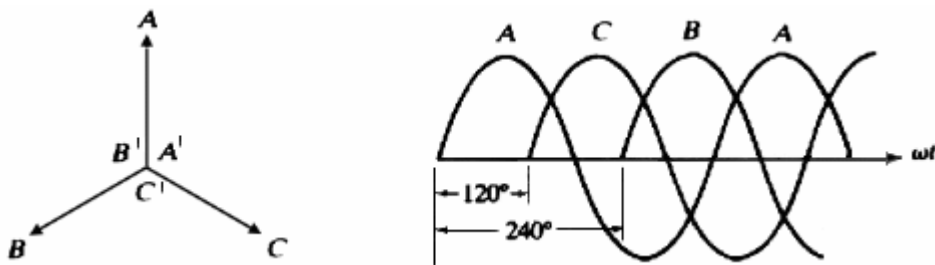
- Cuando el conjunto de voltajes trifásicos presenta la misma amplitud y frecuencia, pero están desfasados entre ellos  $120^\circ$ , se dice que es una **fente equilibrada o balanceada**. En estos casos la suma de las tres tensiones de fase es igual a cero.
- El funcionamiento y construcción de los generadores se analizan en la asignatura "Máquinas e Instalaciones Eléctricas".

### 3.9. ¿Qué tipos de secuencias hay?

Si la tensión en la bobina A alcanza el máximo en primer término, luego lo alcanza B y después C, nos encontramos ante una secuencia de fases ABC (positiva). Esta secuencia es evidente a partir del diagrama fasorial con su rotación en sentido contrario al de las agujas del reloj, ya que los fasores pasarán por un punto fijo en el orden A-B-C-A-B-C.....



La rotación de las bobinas en sentido opuesto da lugar a la secuencia CBA o ACB (negativa). A continuación, se observa el nuevo diagrama fasorial y la secuencia que provoca con su rotación en sentido antihorario:

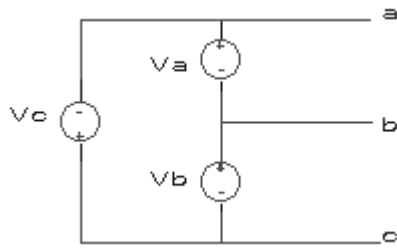


### 3.10. ¿Qué tipos de conexiones existen?

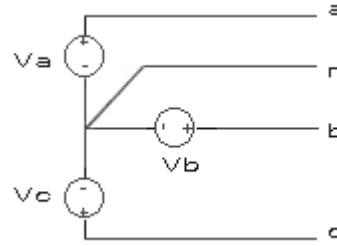
Tanto para el generador como para la carga, existen dos tipos de conexiones: en D y en Y, por lo tanto el sistema trifásico puede adoptar cuatro configuraciones distintas:

- Fuente conectada en D y carga conectada en D
- Fuente conectada en D y carga conectada en Y
- Fuente conectada en Y y carga conectada en Y
- Fuente conectada en Y y carga conectada en D

En las siguientes figuras se observa la fuente trifásica en sus dos posibles disposiciones:

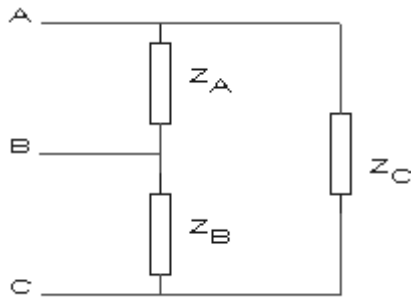


D (o triángulo)

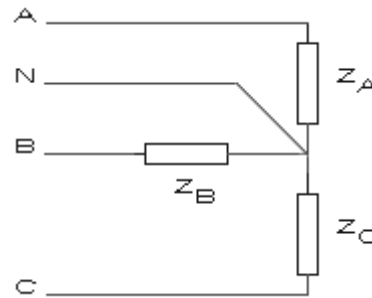


Y (o estrella)

En las siguientes figuras se observa la carga trifásica en sus dos posibles disposiciones:



D (o triángulo)

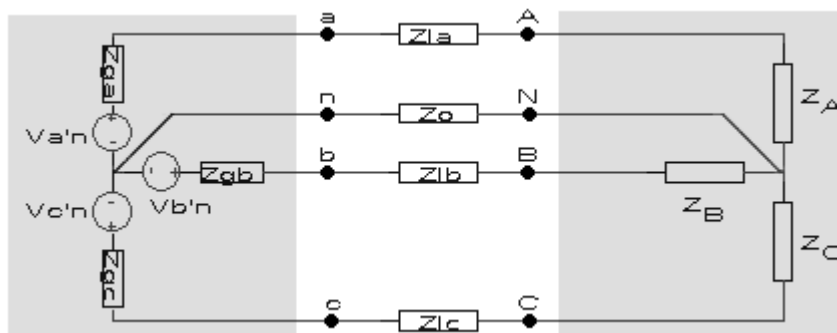


Y (o estrella)

#### Observaciones:

- En la conexión Y existe un cuarto conductor que se denomina **neutro**. La diferencia de tensión entre el neutro de la carga y el neutro del generador es cero para circuitos trifásicos equilibrados.
- Si  $Z_A=Z_B=Z_C$ , se dice que es una **carga balanceada o equilibrada**.
- La **corriente de línea** es la que circula por los conductores.
- La **tensión de línea** es la que existe entre dos conductores.
- La **corriente o tensión de fase** es la correspondiente a cada elemento del sistema.
- En la conexión Y, la corriente de fase coincide con la corriente de línea.
- En la conexión D, la tensión de fase coincide con la tensión de línea.
- En un sistema real hay que considerar las impedancias asociadas a los devanados y conductores.

*Ejemplo:* sistema trifásico real en configuración Y-Y



donde:

$V_{x'n}$  = fuente de voltaje por fase

$Z_{gx}$  = impedancia interna del devanado de la fuente de cada fase

$Z_{lx}$  = impedancia de línea

$Z_o$  = impedancia del neutro

$Z_x$  = impedancia de carga por fase

### 3.11. ¿Qué características tiene un sistema trifásico equilibrado?

Para que el sistema sea equilibrado o balanceado, debe presentar:

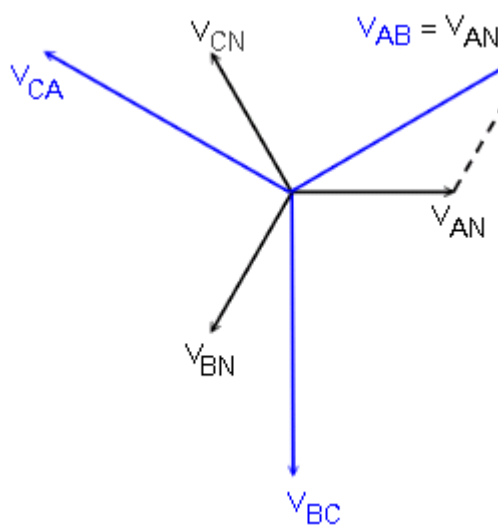
- sistema de voltajes equilibrado
- carga equilibrada
- iguales impedancias asociadas a los devanados de cada fase
- iguales impedancias de línea (no hay restricción referida al valor de la impedancia del neutro)

### 3.12. Conexión Y

Al voltaje línea-neutro se lo denomina voltaje o tensión de fase mientras que al voltaje línea-línea se lo denomina, por brevedad, voltaje o tensión de línea.

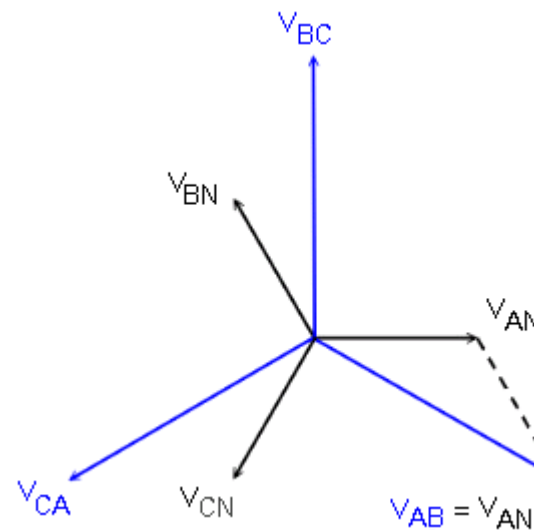
En la conexión Y, las corrientes de fase y de línea son iguales. La magnitud de la tensión de línea es  $\sqrt{3}$  veces la magnitud de la tensión de fase. Además, la tensión de línea está desfasada  $\pm 30^\circ$  con respecto a la tensión de fase (el signo positivo para la secuencia positiva y el negativo para la secuencia negativa).

A continuación, se muestran los diagramas de fasores de tensión:



Secuencia positiva

$$\dot{V}_L = \sqrt{3} |\dot{V}_F| e^{j(\theta + 30^\circ)} = \sqrt{3} V_F \angle 30^\circ$$



Secuencia negativa

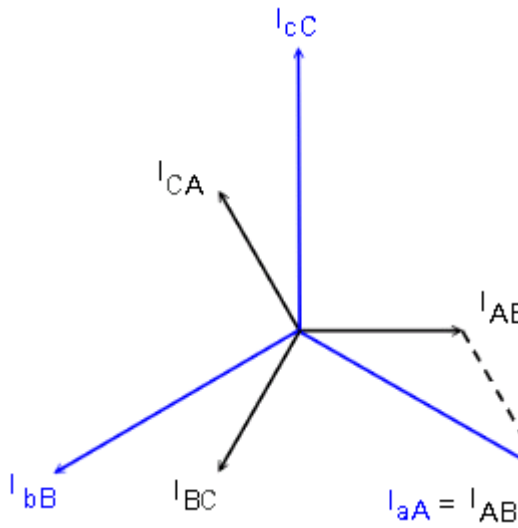
$$\dot{V}_L = \sqrt{3} |\dot{V}_F| e^{j(\theta - 30^\circ)} = \sqrt{3} V_F \angle -30^\circ$$

### 3.13. Conexión D

En la conexión D, las tensiones de línea y las tensiones de fase son iguales. La magnitud de la corriente de línea es  $\sqrt{3}$  veces la magnitud de la corriente de fase. Pero, además, el conjunto de corrientes de línea está desfasado  $30^\circ$  con

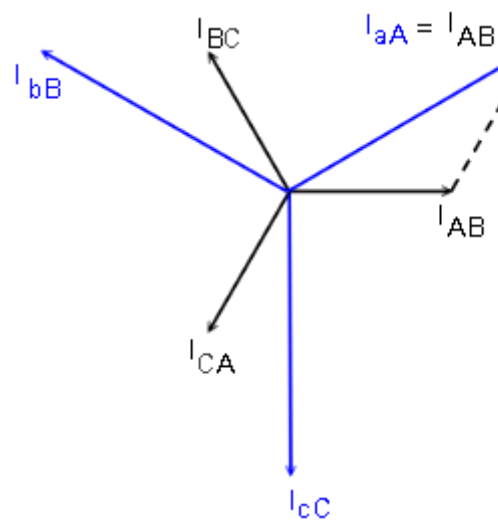
respecto al conjunto de corrientes de fase ( $-30^\circ$  para la secuencia positiva y  $+30^\circ$  para la secuencia negativa).

A continuación, se muestran los diagramas de fasores de tensión:



Secuencia positiva

$$\dot{I}_L = \sqrt{3} |\dot{I}_F| e^{j(\theta - 30^\circ)} = \sqrt{3} I_F \angle -30^\circ$$



Secuencia negativa

$$\dot{I}_L = \sqrt{3} |\dot{I}_F| e^{j(\theta + 30^\circ)} = \sqrt{3} I_F \angle 30^\circ$$

### 3.14. ¿Cómo se obtiene la configuración Y-Y?

Dado cualquier *sistema trifásico equilibrado*, para facilitar los cálculos conviene llevarlo a una configuración Y-Y y luego obtener el circuito equivalente monofásico.

**Transformación de carga:** si la carga se presenta en conexión D, la conexión Y se obtiene a partir de:

$$Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3}$$

**Transformación de fuente:** se efectúa según lo analizado en 6) y 7). Resumiendo, si la fuente se presenta en conexión D, la conexión Y se obtiene a partir de:

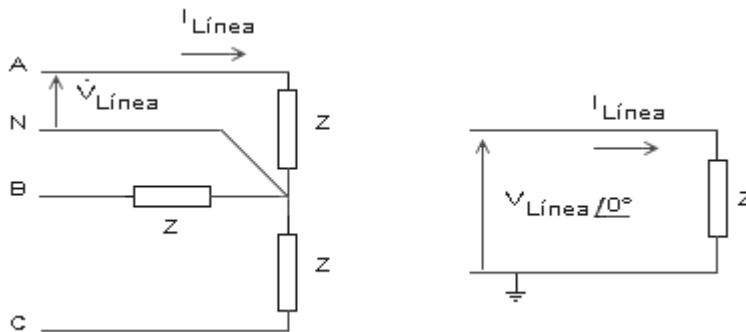
$$\dot{V}_{YFase} = \frac{|\dot{V}_{\Delta Fase}|}{\sqrt{3}} e^{j(\theta \mp 30^\circ)} = \frac{V_{\Delta Fase}}{\sqrt{3}} \angle \mp 30^\circ$$

El nuevo conjunto de voltajes trifásicos se desfasa  $-30^\circ$  si la secuencia es positiva (o  $+30^\circ$  si la secuencia es negativa). Además, sabemos que:

$$Z_{g \times Y} = \frac{Z_{g \times \Delta}}{3}$$

### 3.15. ¿Cómo se obtiene el circuito equivalente monofásico?

El circuito equivalente monofásico está formado por una fase del circuito trifásico de cuatro conductores, conectado en estrella, con una tensión que tiene el módulo de la tensión de fase y un ángulo de fase nulo. La corriente de línea calculada para este circuito tiene un ángulo de fase respecto del ángulo cero de la tensión. Por lo tanto, las intensidades reales de línea  $I_{aA}$ ,  $I_{bB}$  e  $I_{cC}$  tendrán un desfase, en adelante o en retraso, respecto de las correspondientes tensiones de fase.



### 3.16. ¿Cómo se trabaja con carga desequilibrada conectada en triángulo?

La solución del problema de la carga desequilibrada con conexión en triángulo se obtiene calculando las corrientes de fase y aplicando después la LCK a los nodos principales para deducir las tres corrientes de línea. Estas ni son iguales ni presentan una diferencia de fase de  $120^\circ$ , como ocurre en el caso de las cargas equilibradas.

### 3.17. ¿Cómo se trabaja con carga desequilibrada conectada en estrella?

En un sistema de cuatro conductores, por el neutro circula corriente cuando la carga está desequilibrada y la tensión de fase en cada una de las impedancias permanece constante con el valor de la tensión de fase del generador. Las corrientes son distintas y no están desfasadas  $120^\circ$ .

### 3.18. ¿Qué técnicas se emplean para los cálculos de potencia?

#### Potencia por fase

Las técnicas para calcular la potencia por fase son las mismas que se han analizado en el TP anterior.

$$\text{Potencia activa} \rightarrow P_F = V_F I_F \cos \theta$$

$$\text{Potencia reactiva} \rightarrow Q_F = V_F I_F \sin \theta$$

$$\text{Potencia compleja} \rightarrow S_F = P_F + jQ_F = V_F I_F^*$$

#### Potencia total

La potencia total es 3 veces la potencia calculada para cada fase.

$$\text{Potencia activa} \rightarrow P_T = 3P_F = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta$$

$$\text{Potencia reactiva} \rightarrow Q_T = 3Q_F = \sqrt{3}V_L I_L \sin \theta$$

$$\text{Potencia compleja} \rightarrow S_T = 3S_F = P_T + jQ_T = \sqrt{3}V_L I_L \angle \theta$$

### **Potencia instantánea**

En un circuito trifásico equilibrado, la potencia instantánea total presenta una característica interesante: es constante. Se puede demostrar que su valor es:

$$p(t)_T = \text{cte} = 1.5V_F I_F \cos \theta$$

## Tema n.º 4: Normas legales y reglamentos (CNE, RE, DGE, NTP, ASTM, CEI, EM)

### 4.1. Código Nacional de Electricidad Suministro – CNE

#### 4.1.1. Objetivo

El objetivo del Código Nacional de Electricidad Suministro, es establecer las reglas preventivas que permitan salvaguardar a las personas (de la concesionaria, o de las contratistas en general, o terceros o ambas) y las instalaciones, durante la construcción, operación y/o mantenimiento de las instalaciones tanto de suministro eléctrico como de comunicaciones, y sus equipos asociados, cuidando de no afectar a las propiedades públicas y privadas, ni el ambiente, ni el Patrimonio Cultural de la Nación. Estas reglas contienen criterios básicos que son considerados necesarios para la seguridad del personal propio (de la empresa concesionaria, de las contratistas y subcontratistas) y del público, durante condiciones especificadas. Este Código no es un compendio de especificaciones de diseño ni manual de instrucciones.

#### 4.1.2. Alcances y obligatoriedad de uso

- Estas reglas se aplican a las instalaciones de suministro eléctrico y de comunicaciones, equipos y métodos de trabajo utilizados por los titulares de empresas de servicio público y privado de suministro eléctrico, de comunicaciones, ferroviarias y compañías que cumplen funciones similares a las de una empresa de servicio público. Estas reglas también se aplican a sistemas similares bajo el control de personal calificado, tales como los sistemas asociados a líneas particulares, sistemas asociados a un complejo industrial; o sistemas interactivos con una empresa de servicio público. Las instalaciones de suministro comprenden las instalaciones de generación, transmisión, distribución y utilización (este último en lo que compete). En el caso de las instalaciones de comunicaciones deberá consultarse normas técnicas adicionales de las autoridades correspondientes.
- Estas reglas no se aplican a instalaciones en embarcaciones, equipo ferroviario rodante, aeronaves, equipo automotriz, o instalación eléctrica del usuario, excepto lo indicado en las Partes 1 y 3. El Código Nacional de Electricidad Utilización cubre los requerimientos de instalaciones eléctricas del usuario en edificaciones.
- Este Código es de uso obligatorio en todo el Perú. Todo proyecto o ejecución de obras eléctricas, de comunicaciones o ambas; así como la operación y mantenimiento deberá realizarse de acuerdo a este Código y a las normas complementarias.
- La Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas es la autoridad para atender las consultas que se formulen en cuanto a la interpretación, modificación, o ambas, de este Código.
- El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) es el organismo encargado de fiscalizar y hacer cumplir este Código, a través de ingenieros electricistas o mecánicos electricistas especializados que estén habilitados por el Colegio de Ingenieros del Perú.
- Los documentos y planos de proyectos eléctricos en su concepción general (proyectos, estudios, obras, etc.), de cualquier naturaleza



deberán ser firmados por un ingeniero electricista o mecánico electricista especializado que esté reconocido y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú.

- Estas reglas se complementan con las Normas de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas; y con las emitidas por otras autoridades relacionadas al tema, y cuyo cumplimiento se haga necesario para lograr lo indicado en la Regla 010.

## **4.2. Reglamento de edificaciones**

### **4.2.1. Consideraciones básicas**

**Artículo 1.-** El Reglamento Nacional de Edificaciones tiene por objeto normar los criterios y requisitos mínimos para el Diseño y ejecución de las Habilitaciones Urbanas y las Edificaciones, permitiendo de esta manera una mejor ejecución de los Planes Urbanos. Es la norma técnica rectora en el territorio nacional que establece los derechos y responsabilidades de los actores que intervienen en el proceso edificatorio, con el fin de asegurar la calidad de la edificación.

**Artículo 2.-** El Reglamento Nacional de Edificaciones es de aplicación obligatoria para quienes desarrollen procesos de habilitación urbana y edificación en el ámbito nacional, cuyo resultado es de carácter permanente, público o privado.

**Artículo 3.-** Las Municipalidades Provinciales podrán formular Normas complementarias en función de las características geográficas y climáticas particulares y la realidad cultural de su jurisdicción. Dichas normas deberán estar basadas en los aspectos normados en el presente Título, y concordadas con lo dispuesto en el presente Reglamento.

**Artículo 4.-** El Reglamento Nacional de Edificaciones comprende tres títulos. El Título Primero norma las Generalidades y constituye la base introductoria a las normas contenidas en los dos Títulos siguientes. El Título Segundo norma las Habilitaciones Urbanas y contiene las normas referidas a los tipos de habilitaciones, los componentes estructurales, las obras de saneamiento y las obras de suministro de energía y comunicaciones. El Título Tercero norma las Edificaciones y comprende las normas referidas a arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas y mecánicas.

**Artículo 5.-** Para garantizar la seguridad de las personas, la calidad de vida y la protección del medio ambiente, las habilitaciones urbanas y edificaciones deberán proyectarse y construirse, satisfaciendo las siguientes condiciones:

#### **a) Seguridad:**

Seguridad estructural, de manera que se garantice la permanencia y la estabilidad de sus estructuras. Seguridad en caso de siniestros, de manera que las personas puedan evacuar las edificaciones en condiciones seguras en casos de emergencia, cuenten con sistemas contra incendio y permitan la actuación de los equipos de rescate. Seguridad de uso, de manera que, en su uso cotidiano en condiciones normales, no exista riesgo de accidentes para las personas.

#### **b) Funcionalidad:**

Uso, de modo que las dimensiones y disposición de los espacios, así como

la dotación de las instalaciones y equipamiento, posibiliten la adecuada realización de las funciones para las que está proyectada la edificación. Accesibilidad, de manera que permitan el acceso y circulación a las personas con discapacidad

**c) Habitabilidad:**

Salubridad e higiene, de manera que aseguren la salud, integridad y confort de las personas. Protección térmica y sonora, de manera que la temperatura interior y el ruido que se perciba en ellas, no atente contra el confort y la salud de las personas permitiéndoles realizar satisfactoriamente sus actividades.

**d) Adecuación al entorno y protección del medio ambiente**

Adecuación al entorno, de manera que se integre a las características de la zona de manera armónica.

Protección del medio ambiente, de manera que la localización y el funcionamiento de las edificaciones no degraden el medio ambiente.

### **4.3. Norma DGE – símbolos gráficos en electricidad**

Como sabemos las convenciones en cuanto a definiciones y simbologías tiene un carácter fundamental cuando se transfiere información ya sea en la elaboración de un proyecto, ejecución, operación y mantenimiento.

Esta parte contiene símbolos para uso en diagramas y planos electrotécnicos. Aunque muchos símbolos han sido agrupados en partes de esta publicación con relación a campos electrotécnicos específicos, éstos podrían también ser utilizados en otros campos.

La presente norma contiene la mayor cantidad de símbolos gráficos que son utilizados en nuestro medio, así como el reemplazo o la eliminación de algunos símbolos de acuerdo con las normas internacionales. También incluye nuevos símbolos, los cuales están en concordancia con lo utilizado en las publicaciones IEC.

La idea de tener una simbología gráfica en concordancia con lo establecido en las normas internacionales obedece a que se busca dar una norma de aplicación no solo a nivel local, sino también de una manera internacional, lo cual permita el manejo de un mismo lenguaje con otros países.

### **4.4. Normas técnicas peruanas – INDECOPI**

La Dirección de Normalización es la autoridad encargada de aprobar las Normas Técnicas Peruanas, es miembro pleno de la Organización Internacional de Normalización (ISO), y la representa en el país; es miembro del Programa de países afiliados de la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC), y participa activamente en el Codex Alimentarius. Sobre esta base técnica dirige el desarrollo de las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

Para buscar las NTP que usted necesita para su producción o negocio lo invitamos a visitar nuestro Catálogo de Normas Técnicas Peruanas, en la cual podrá identificar la NTP ya sea por el nombre o el código.

- **NTP 370.301 – 2002**

Instalaciones eléctricas en edificios. Selección e instalación de equipos eléctricos. Capacidad de corriente nominal de conductores en canalizaciones.

- **NTP 370.303 – 2003**

Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos

- **NTP 370.304 – 2002**

Instalaciones eléctricas en edificios. Verificación inicial previa a la puesta en servicio

- **NTP 370.305 – 2003**

Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los efectos térmicos

- **NTP 370.306 – 2003**

Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra las sobre intensidades.

- **NTP 370.310 – 2005**

Certificación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en viviendas unifamiliares con una potencia contratada hasta 3 kW.

- **NTP 370.053 – 1999**

Seguridad Eléctrica

- **NTP 370.252 – 2010**

Conductores Eléctricos

- **NTP 111.011**

La distancia mínima horizontal entre la acometida **eléctrica** y la tubería de gas natural que ingresa a la caja de protección será de 50 cm

- **Norma Técnica EM.10**

Norma técnica EM.010 Instalaciones eléctricas interiores del reglamento nacional de edificaciones – 11 marzo de 2019

#### 4.5. Normas ASTM

Desde su fundación en 1898, ASTM International (American Society for Testing and Materials) es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. En ASTM se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias.

Las normas de ASTM se crean usando un procedimiento que adopta los principios del Convenio de barreras técnicas al comercio de la Organización Mundial del Comercio (World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement). El proceso de creación de normas de ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales, en una decisión global consensuada.

Las normas de ASTM International se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo. Son unos de los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día.

Estas normas son utilizadas y aceptadas mundialmente y abarcan áreas tales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, el medio ambiente, productos para consumidores, dispositivos y servicios médicos y productos electrónicos.

## Tema n.º 5: Entes fiscalizadores (OSINERGMIN)

Es el **Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería**, una institución pública encargada de regular y supervisar que las empresas del sector eléctrico, hidrocarburos y minero cumplan las disposiciones legales de las actividades que desarrollan.

Se creó el 31 de diciembre de 1996, mediante la Ley N° 26734, bajo el nombre de **Osinerg**. Inició el ejercicio de sus funciones el 15 de octubre de 1997, supervisando que las empresas eléctricas y de hidrocarburos brinden un servicio permanente, seguro y de calidad.

A partir del año 2007, la Ley N° 28964 le amplió su campo de trabajo al subsector minería y pasó a denominarse **Osinergmin**. Por esta razón, también supervisa que las empresas mineras cumplan con sus actividades de manera segura y saludable.

**Osinergmin** tiene personería jurídica de derecho público interno y goza de autonomía funcional, técnica, administrativa, económica y financiera. Las labores de regulación y supervisión de esta institución se rigen por criterios técnicos, de esta manera contribuye con el desarrollo energético del país y la protección de los intereses de la población.

### 5.1. Generación



La Gerencia de Fiscalización Eléctrica del OSINERGMIN, como parte del compromiso asumido en cumplimiento de su rol en el subsector electricidad, supervisa y fiscaliza a las empresas que operan instalaciones de generación eléctrica en el ámbito nacional, con la finalidad de velar por el cumplimiento de la normatividad vigente, en lo concerniente a confiabilidad, seguridad, calidad del servicio y protección al medio ambiente; para ello efectúa su labor de supervisión y fiscalización mediante la aplicación de procedimientos que utilizan técnicas modernas e indicadores de desempeño; así mismo, cuando es requerido, se aplican sanciones disuasivas, que buscan corregir y mejorar el funcionamiento del sistema, así como proteger a los consumidores sin afectar la competitividad de las empresas del sector eléctrico.

## 5.2. Transmisión



La Gerencia de Fiscalización Eléctrica mediante la Unidad de Transmisión, supervisa y fiscaliza a las empresas que operan instalaciones de transmisión eléctrica (con tensiones mayores a 30 kV) a nivel nacional, con la finalidad de velar por el cumplimiento de la normatividad vigente, en lo concerniente a confiabilidad, seguridad y calidad del servicio por lo cual se supervisa el desempeño de dichas instalaciones así como aspectos de seguridad tanto para la población como para las mencionadas instalaciones, además de verificar el avance de las empresas dentro del Plan de Inversión en Transmisión.

## 5.3. Calidad del servicio eléctrico



La calidad de servicio es el conjunto de características, técnicas y comerciales, inherentes al suministro eléctrico exigible en las normas técnicas y legales para el cumplimiento de las empresas eléctricas. En ese sentido, para asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos, el Ministerio de Energía y Minas dictó normas para el desarrollo de las actividades de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la energía eléctrica, con la finalidad de garantizar a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno.

Procedimiento aplicable: PROCEDIMIENTO N° 686-2008-OS/CD

### 5.3.1 Supervisión de la norma técnica urbana NTCSE

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), aprobada por Decreto Supremo N° 020-97-EM, regula los aspectos de calidad en el servicio eléctrico que deben cumplir las empresas eléctricas; estableciendo los niveles mínimos de calidad y las obligaciones de las empresas de electricidad y los Clientes que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844.

También, se establece los aspectos, parámetros e indicadores sobre los que se evalúa la Calidad del Servicio de la Electricidad. Se especifica la cantidad mínima de puntos y condiciones de medición. Se fijan las tolerancias y las respectivas compensaciones y/o multas por incumplimiento. Asimismo, se establecen las obligaciones de las entidades involucradas directa o indirectamente en la prestación y uso de este servicio en lo que se refiere al control de la calidad.

El control de la calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos:

- a) Calidad de Producto: Tensión, Perturbaciones y Frecuencia.
- b) Calidad de Suministro
- c) Calidad de Servicio Comercial
- d) Calidad de Alumbrado Público



### Procedimiento para la supervisión de la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos y su base metodológica

#### ¿Qué Supervisamos?

Inspección en campo de las mediciones de tensión programadas, del levantamiento de la mala calidad de tensión, y de los contrastes por precisión de la medida. Verificación en una muestra de suministros, del correcto cálculo de los indicadores y montos de compensación (también el pago) a los usuarios por mala calidad de tensión y de suministro. Verificación del cumplimiento de las tolerancias de los indicadores de resultado establecidos en el procedimiento de supervisión.

#### ¿Cómo Supervisamos?

Principales Indicadores de Cumplimiento

Los indicadores evaluados y los valores límite son los siguientes:

Item	Aspecto	Indicador supervisado	Valor Límite
1	Tensión	CMRT: Cumplimiento de las mediciones requeridas por la NTCSE.	100.00%
2	Tensión	CCIT: Cumplimiento del correcto cálculo de indicadores y montos de compensaciones por calidad de tensión.	98.00%
3	Tensión	CPCT: Cumplimiento del pago de compensaciones por mala calidad de tensión.	100.00%
4	Tensión	VLMT: Veracidad en el levantamiento de la mala calidad de tensión.	100.00%
5	Interrupción	CCII: Correcto cálculo de indicadores y monto de compensaciones por interrupciones.	98.00%
6	Interrupción	CPCI: Cumplimiento del pago de compensaciones por mala calidad de interrupciones.	100.00%
7	Contraste	CMRC: Cumplimiento de la cantidad de contrastes requeridos por la NTCSE.	100.00%

Si el resultado del indicador evaluado supera el valor límite establecido, corresponde iniciar proceso sancionador de acuerdo al Anexo 17 de la Escala de Multas y Sanciones.

#### 5.3.1. Supervisión de la norma técnica rural NTCSE

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Rurales (NTCSER), aprobada por Resolución Directoral N° 016-2008-EM/DGE, establece los niveles mínimos de calidad de los Sistemas Eléctricos Rurales (SER)



desarrollados y/o administrados dentro del marco de la Ley General de Electrificación Rural N° 28749 y su Reglamento.



Para lo cual la Norma establece los aspectos, parámetros e indicadores sobre los que se evalúa la Calidad del Servicio de la Electricidad en los SER. Se fijan las tolerancias, las acciones para corregir las deficiencias en el servicio y las respectivas compensaciones o sanciones. Asimismo, se establecen las obligaciones de las entidades involucradas directa o indirectamente en la prestación y uso de este servicio en lo que se refiere al control de la calidad, buscando un adecuado equilibrio entre la prestación del servicio y las tarifas que pagan los usuarios.

#### 5.4. Proyectos de supervisión de generación y transmisión en construcción



La Ley de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844), su Reglamento (D.S. N° 009-93-EM), la Ley Marco de los Organismos Reguladores de la Inversión Privada en los Servicios Públicos (Ley N° 27332), el Reglamento General de Osinergmin (D.S. N° 054-2001-PCM) y la Ley Complementaria de Fortalecimiento Institucional (Ley N° 27699), establecen que Osinergmin es la entidad responsable de supervisar el cumplimiento de los contratos en el sector eléctrico de las empresas que han sido privatizadas u otorgadas en concesión y/o autorización. Esta labor la realiza la Gerencia de Fiscalización Eléctrica a través de la Unidad de Supervisión de



Contratos. Igualmente, el D.S. N° 088-2013-PCMS, que aprueba el Listado de Funciones Técnicas bajo la competencia del Osinergmin, precisa entre otras, la Función Técnica de supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión otorgados por el Estado y aquellos derivados del proceso de promoción en el sector energía. A continuación, se presenta el estado de cumplimiento de dichos contratos, a través de fichas, cuadros y publicaciones diversas.

## De la teoría a la práctica



Figura 1. Distribución de la producción de electricidad en el mundo, 2015\*

\* Los datos de la producción de todos los continentes son los reportados por Enerdata, mientras que la producción de Perú es la reportada por el MEM.

Fuentes: Enerdata y MEM. Elaboración: GPAE - Osinergmin.

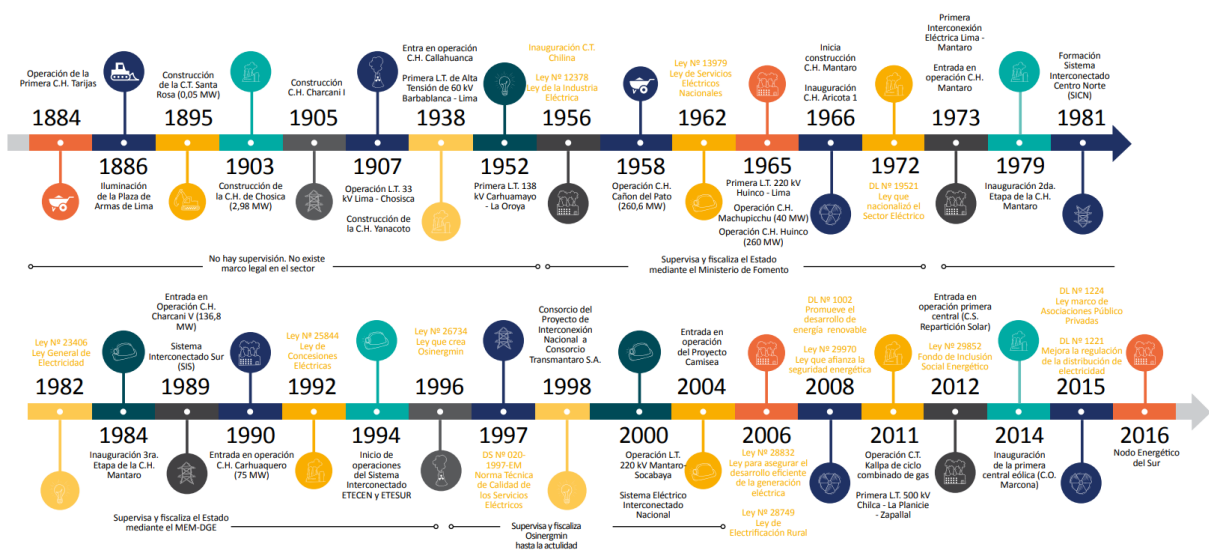
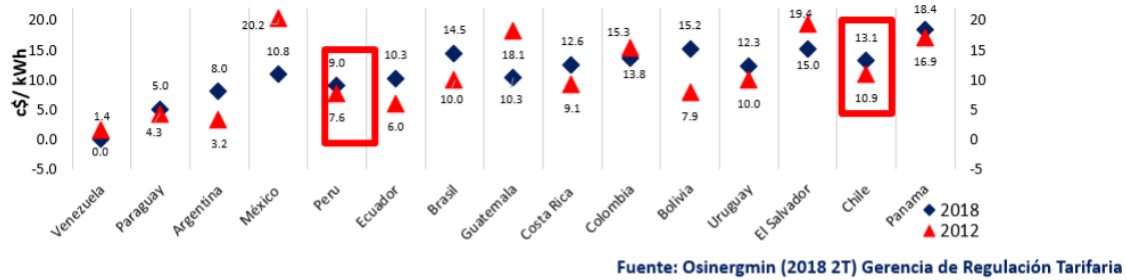


Figura 2. Línea de tiempo de hechos importantes del sector de electricidad en Perú, 1884-2016.



... además de costos de producción minera competitivos globales

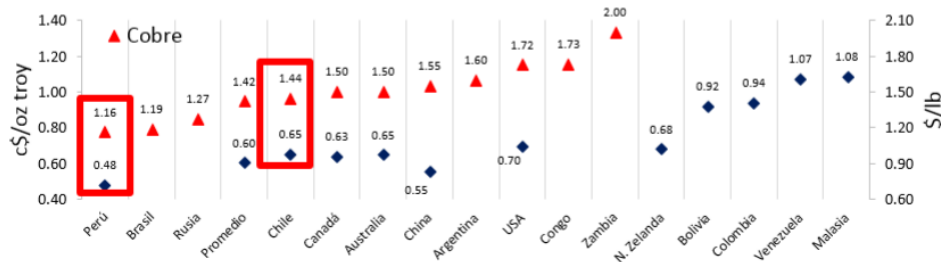


Figura 3. Tarifas eléctricas competitivas en Latinoamérica

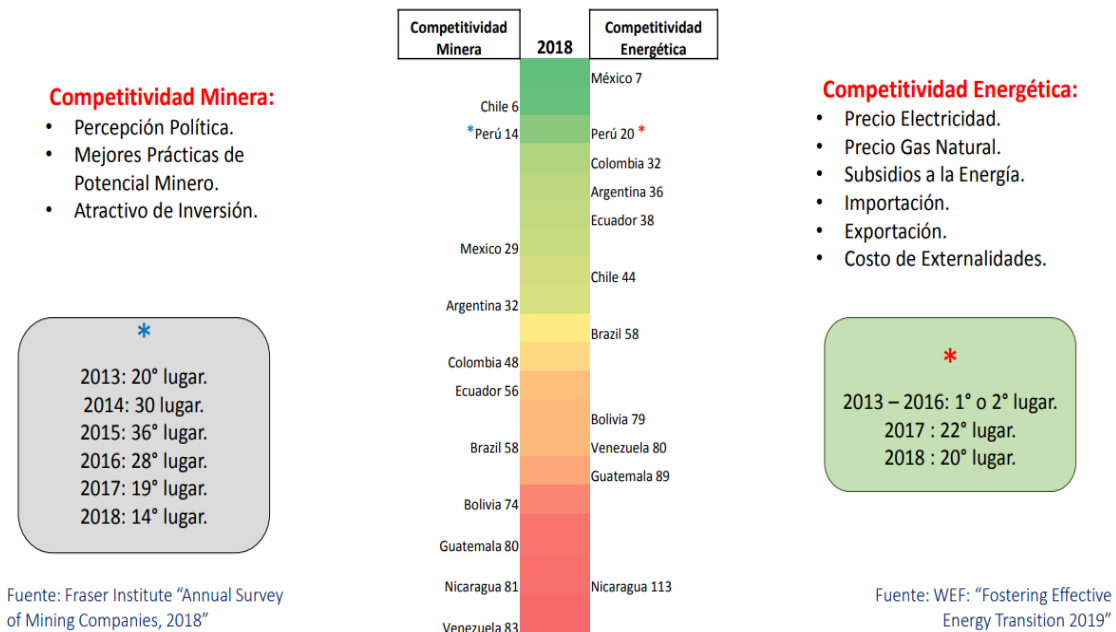


Figura 4. Competitividad minero - energético

## Glosario de la Unidad 1

**Banco de transformación.** Conjunto de tres transformadores o autotransformadores, conectados entre sí para que operen de la misma forma que un transformador o autotransformador trifásico.

**Cable:** Conductor formado por un conjunto de hilos, ya sea trenzados o torcidos.

**Cableado.** Circuitos interconectados de forma permanente para llevar a cabo una función específica. Suele hacer referencia al conjunto de cables utilizados para formar una red de área local.

**Caída de tensión.** Es la diferencia entre la tensión de transmisión y de recepción.  
Calidad: Es la condición de tensión, frecuencia y forma de onda del servicio de energía eléctrica, suministrada a los usuarios de acuerdo con las normas y reglamentos aplicables.

**Canalización.** Accesorios metálicos y no metálicos expresamente diseñados para contener y proteger contra daños mecánicos alambres, cables o barras conductoras. Protegen, asimismo, las instalaciones contra incendios por arco eléctrico producidos por corto circuito.

**Capacidad de generación.** Máxima carga que un sistema de generación puede alimentar, bajo condiciones establecidas, por un período de tiempo dado.

**Capacidad de transmisión.** Potencia máxima que se puede transmitir a través de una línea de transmisión; tomando en cuenta restricciones técnicas de operación como: el límite térmico, caída de tensión, límite de estabilidad en estado estable, etc.

**Capacidad disponible (en un sistema).** Suma de las capacidades efectivas de las unidades del sistema que se encuentra en servicio o en posibilidad de dar servicio durante el período de tiempo considerado.

**Capacitor.** Dispositivo que almacena carga eléctrica y está formado (en su forma más sencilla) por dos placas metálicas separadas por una lámina no conductora o dieléctrico. Estos dispositivos se utilizan, entre otras cosas, para reducir caídas de voltaje en el sistema de distribución. También se le conoce como condensador. Ver Capacitor

**Carga.** Cantidad de potencia que debe ser entregada en un punto dado de un sistema eléctrico.

**Carga Interrumpible.** Es la carga que puede ser interrumpida total o parcialmente conforme a lo establecido en las tarifas vigentes para este efecto.

**Carga promedio.** Carga hipotética constante que en un período dado consumiría la misma cantidad de energía que la carga real en el mismo tiempo.

**Central hidroeléctrica.** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía potencial y cinética del agua.

**Central termoeléctrica.** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía calorífica del vapor de agua producido en calderas.

**Central eólica.** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas

que aprovechan la energía cinética del viento.

**Central geotérmica.** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía calorífica del vapor de agua, producido en las entrañas de la tierra.

**Central maremotriz.** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía potencial de las mareas.

**Central núcleo-eléctrica.** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía liberada por vapor de agua. El vapor es producido por el calentamiento del agua en contacto con el proceso de fisión nuclear en un reactor.

**Circuito.** Trayecto o ruta de una corriente eléctrica, formado por conductores, que transporta energía eléctrica entre fuentes.

**Conductor.** Cualquier material que ofrezca mínima resistencia al paso de una corriente eléctrica. Los conductores más comunes son de cobre o de aluminio y pueden estar aislados o desnudos.

**Confiabilidad.** Es a habilidad del Sistema Eléctrico para mantenerse integrado y suministrar los requerimientos de energía eléctrica en cantidad y estándares de calidad, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia de la contingencia sencilla más severa.

**Corriente.** Movimiento de electricidad por un conductor. Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperes (A).

**Cortocircuito:** Conexión accidental o voluntaria de dos bornes a diferentes potenciales. Lo que provoca un aumento de la intensidad de corriente que pasa por ese punto, pudiendo generar un incendio o daño a la instalación eléctrica.

**Demanda eléctrica.** Requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en megawatts (MW) o kilowatts (kW).

**Distribución.** Es la conducción de energía eléctrica desde los puntos de entrega de la transmisión hasta los puntos de suministro a los Usuarios.

**Efecto Joule.** Calentamiento del conductor al paso de la corriente eléctrica por el mismo. El valor producido en una resistencia eléctrica es directamente proporcional a la intensidad, a la diferencia de potencial y al tiempo.

**Energía.** La energía es la capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía. //Capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. La energía eléctrica se mide en kilowatt-hora (kWh).

**Energía atómica o nuclear.** La que mantiene unidas las partículas en el núcleo de cada átomo. Al unirse dos átomos ligeros para formar uno mayor se llama fusión; al partirse un átomo en dos o más fragmentos se llama fisión, al realizarse cualquiera de estos procesos se libera energía calorífica y radiante.

**Energía eólica.** La energía cinética que se aprovecha por el movimiento del aire al accionar unas aspas fijas o móviles la cual se transforma en mecánica y acoplada a un turbogenerador se transforma en energía eléctrica; su aprovechamiento va en

función de la velocidad del viento y de la tecnología del aerogenerador.

**Energía geotérmica.** Es la energía calorífica proveniente del núcleo de la tierra, la cual se desplaza hacia arriba en el magma que fluye a través de las fisuras en las rocas sólidas y semisólidas del interior de la tierra; la cual se utiliza para generar energía mecánica y eléctrica.

**Energía hidráulica.** Es la energía potencia del agua de los ríos y lagos que se aprovecha en una caída de agua, por diferencia de altura en una presa o por el paso de ésta, la cual se transforma en energía mecánica por el paso del agua por una rueda hidráulica o turbina acoplada a un turbogenerador que la transforma en energía eléctrica.

**Energía maremotriz.** Es la que aprovecha el flujo y reflujos de la marea en un lugar adecuado, por ejemplo, una bahía y permite utilizar la energía cinética del agua para transformarla en energía mecánica y eléctrica.

**Energía radiante.** Es la energía que se tiene por el movimiento vibratorio que produce las ondas magnéticas, lumínicas o del sonido; tales como rayos gama, equis y ultravioletas, rayos luminosos e infrarrojos; ondas hertzianas.

**Energía solar.** Energía producida por el efecto del calor o radiación del sol. Esta radiación se utiliza para excitar celdas fotovoltaicas que producen electricidad.

**Energía térmica.** Es la energía que se obtiene del poder calorífico de la combustión de diferentes combustibles la cual convierte agua en vapor que se conduce a una turbina acoplada a un generador que produce energía eléctrica. Estas unidades emplean como combustible el gas, carbón combustóleo, diesel y bagazo de caña.

**Estabilidad.** Es la condición en la cual el Sistema Eléctrico Nacional o una parte del sistema que permanece unida eléctricamente ante la ocurrencia de disturbios.

**Factor de demanda.** Relación entre la demanda máxima registrada y la carga total conectada al sistema. //Relación entre la potencia máxima absorbida por un conjunto de instalaciones durante un intervalo de tiempo determinado y la potencia instalada de este conjunto.

**Factor de potencia.** Coseno de ángulo formado por el desfase existente entre la tensión y la corriente en un circuito eléctrico alterno; representa el factor de utilización de la potencia eléctrica entre la potencia aparente o de placa con la potencia real. Falla: 1. Es una alternación o daño permanente o temporal en cualquier parte del equipo, que varía sus condiciones normales de operación y que generalmente causa un disturbio. | | 2. Perturbación que impide la operación normal.

**Fotocélula.** Dispositivo construido de Silicio que permite la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Frecuencia: Número de veces que la señal alterna se repite en un segundo. Su unidad de medida es el hertz (Hz).

**Generador.** Es el dispositivo electromagnético por medio del cual se convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

**Hertz (Hz).** Un hertz es la unidad de la frecuencia en las corrientes alternas y en la teoría de las ondas. Es igual a una vibración o a un ciclo por segundo.

**Interruptor.** Dispositivo electromecánico que abre o cierra circuitos eléctricos y tiene la capacidad de realizarlo en condiciones de corriente nominal o en caso extremo de corto circuito; su apertura y cierre puede ser de forma automática o manual.

**Joule.** Es la unidad de energía que se utiliza para mover un kilogramo masa a lo largo de una distancia de un metro, aplicando una aceleración de un metro por segundo al cuadrado y su abreviatura es J. Kilowatt (\*): Es un múltiplo de la unidad de medida de la potencia eléctrica y representa 1,000 watts; se abrevia kW. Kilowatt-hora (\*): Unidad de energía utilizada para registrar los consumos.

**Línea de transmisión.** Es el conductor físico por medio del cual se transporta energía eléctrica, a niveles de tensión alto y medio, principalmente desde los centros de generación a los centros de distribución y consumo. // Elemento de transporte de energía entre dos instalaciones del sistema eléctrico.

**Motor eléctrico.** Aparato que permite la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, esto se logra mediante la rotación de un campo magnético alrededor de unas espiras o bobinado. Ohm: Unidad de medida de la resistencia eléctrica. Equivale a la resistencia al paso de la electricidad que produce un material por el cual circula un flujo de corriente de un amperio, cuando está sometido a una diferencia de potencial de un Volt. Su símbolo es  $\Omega$ .

**Potencia.** Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watt (W). Potencia eléctrica: Tasa de producción, transmisión o utilización de energía eléctrica, generalmente expresada en Watts.

**Potencia instalada.** Suma de potencias nominales de máquinas de la misma clase (generadores, transformadores, convertidores, motores) en una instalación eléctrica. Potencia máxima: Valor máximo de la carga que puede ser mantenida durante tiempo especificado.

**Potencia real.** Parte de la potencia aparente que produce trabajo. Comercialmente se mide en KW.

**Potencia real instalada.** Ver capacidad efectiva. Producción de una central: Energía eléctrica efectivamente generada por una central durante un período determinado.

**Protección.** Es el conjunto de relevadores y aparatos asociados que disparan los interruptores necesarios para separar equipo fallado, o que hacen operar otros dispositivos como válvulas, extintores y alarmas, para evitar que el daño aumente de proporciones o que se propague.

**Reserva de energía.** Cantidad de generación que aún podría suministrarse después de despachar las unidades para satisfacer la curva de demanda del periodo considerado. Se calcula restando la energía necesaria de la generación posible total del sistema en el periodo bajo estudio. Se expresa en porcentaje de la energía necesaria bruta.

**Resistencia.** Cualidad de un material de oponerse al paso de una corriente eléctrica. La resistencia depende de la longitud del conductor, su material, de su sección y de la temperatura del mismo. Las unidades de la resistencia son  $\Omega$ .

**Seccionador.** Es un dispositivo de seccionamiento que en caso de falla en el ramal del alimentador donde se instala, abre sus contactos automáticamente, aislando así la falla, su operación está comunicada a la del interruptor o restaurador según el caso, abre sus contactos al contar la falta de potencial tres veces.

**Sincronizar.** Es el conjunto de acciones que deben realizarse para conectar al Sistema Eléctrico Nacional en cada instante.

**Sistema de distribución.** Es el conjunto de subestaciones y alimentadores de distribución, ligados eléctricamente, que se encuentran interconectados en forma radial para suministrar la energía eléctrica.

**Subestación.** Conjunto de aparatos eléctricos localizados en un mismo lugar, y edificaciones necesarias para la conversión o transformación de energía eléctrica o para el enlace entre dos o más circuitos.

**Subestación de distribución.** Subestación que sirve para alimentar una red de distribución de energía eléctrica.

**Subestación de transformación.** Subestación que incluye transformadores. Suministrador: Es la Comisión Federal de Electricidad o la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

**Suministro.** Es el conjunto de actos y trabajos para proporcionar energía eléctrica a cada usuario.

**Tablero de control.** Dentro de una subestación, son una serie de dispositivos que tienen por objeto sostener los aparatos de control, medición y protección, el bus mímico, los indicadores luminosos y las alarmas.

**Tensión.** Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt (V) y vulgarmente se la suele llama voltaje. La tensión de suministro en los hogares de México es de 110 V.

**Transformador.** Dispositivo que sirve para convertir el valor de un flujo eléctrico a un valor diferente. De acuerdo con su utilización se clasifica de diferentes maneras.

**Transmisión.** Es la conducción de energía eléctrica desde las plantas de generación o puntos interconexión hasta los puntos de entrega para su distribución.

**Turbina.** Motor primario accionado por vapor, gas o agua, que convierte en movimiento giratorio la energía cinética del medio.

**Voltio.** Se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente de un Amper utiliza un Watt de potencia. Unidad del Sistema Internacional.

**Volt-ampere.** Unidad de potencia eléctrica aparente y se abrevia VA. Volt-ampere reactivo (\*): Unidad de potencia eléctrica reactiva y se abrevia VAR.

**Watt.** Es la unidad que mide potencia. Se abrevia W y su nombre se debe al físico inglés James Watt.

## Bibliografía de la Unidad 1

*La energía (2002). En: <http://usuarios.lycos.es/energia/>*

*Postigo, L. (1965). El mundo de la Energía. Editorial Sopena S.A. Barcelona*

*Energía solar fotovoltaica (2002). En:  
<http://www.ceit.es/Asignaturas/Ecología/Trabajos/esolar/fv.htm>*

*La energía (2002). En: [http://www.iespana.es/natureduca/energ\\_biocombust.htm](http://www.iespana.es/natureduca/energ_biocombust.htm)*

*Consumo de energía en el mundo (2002). En:  
[http://www.foronuclear.org/en2002/html/1/1\\_10.htm](http://www.foronuclear.org/en2002/html/1/1_10.htm)*





#### HUANCAYO

Av. San Carlos 1980  
Urb. San Antonio - Huancayo

Teléfono: 064 481430

#### LOS OLIVOS - LIMA

Av. Alfredo Mendiola 5210  
Los Olivos - Lima

Teléfono: 01 2132760

#### MIRAFLORES - LIMA

Jr. Junín 355  
Miraflores - Lima

Teléfono: 01 2132760

#### AREQUIPA

Av. Los Incas s/n  
Urb. Lambramani, José Luis  
Bustamante y Rivero - Arequipa

Teléfono: 054 412030

#### CUSCO

Av. Collasuyo Lote B-13  
Urb. Manuel Prado  
Wanchaq - Cusco

Teléfono: 084 480070



[ucontinental.edu.pe](http://ucontinental.edu.pe)



# Instalaciones Eléctricas

Pedro Gurmendi Párraga

Manual – Unidad 2

# Índice

	Pág.
Introducción	3
Organización de la asignatura	4
Unidades didácticas	4
Tiempo mínimo de estudio	4
UNIDAD 2: Instalaciones eléctricas interiores en baja tensión	5
Diagrama de organización	5
Tema n.º 1: Conductores eléctricos	5
Tema n.º 2: Proyectos de instalaciones eléctricas en interiores	20
Tema n.º 3: Memoria descriptiva del proyecto de instalaciones eléctricas (Ferrero, 2019)	36
Tema n.º 4: Cálculos eléctricos	41
Tema n.º 5: Tipos de planos, esquemas y diagramas unifilares	56
Tema n.º 6: Mediciones y presupuesto	64
Tema n.º 7: Proyectos de instalaciones eléctricas en edificio multifamiliar – edificaciones	65
Tema n.º 8: Proyectos de instalaciones eléctricas industriales – especiales	69
Tema n.º 9: Sistema de puesta a tierra	70
De la teoría a la práctica	
Glosario de la Unidad 2	75
Bibliografía de la unidad 2	78

## Introducción

Una instalación eléctrica en interiores debe de incluir una memoria descriptiva, diseños de planos con su respectiva leyenda, cálculos eléctricos, diagramas unifilares, puesta a tierra, metrado y un presupuesto con materiales certificados por las normas nacionales e internacionales y con el uso de hoja de cálculo.

Finalmente este proyecto se debe replicar en edificaciones y buscar la instalación adecuada cumpliendo los cálculos por capacidad y caída de tensión y buscando la mejor estética para el proyecto.

El autor.

## Organización de la Asignatura

### Resultado de aprendizaje de la asignatura

Al finalizar la asignatura, el estudiante será capaz de diseñar y evaluar sistemas eléctricos referidos a instalaciones industriales, comerciales y de edificaciones.

### Unidades didácticas

UNIDAD 1 Generación, transmisión, distribución y normas legales y reglamentos de la energía eléctrica	UNIDAD 2 Instalaciones eléctricas interiores en baja tensión	UNIDAD 3 Iluminación	UNIDAD 4 Equipos auxiliares
<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diferenciar las aplicaciones calculando la corriente continua y alterna, haciendo uso adecuado de la terminología básica como de las normas legales y reglamentos de la energía eléctrica.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diferenciar los conductores eléctricos en la realización de proyectos de instalaciones eléctricas domiciliarias, comerciales e industriales con profesionalismo, alta calidad estética, responsabilidad y ética en base a las normas legales y reglamentos.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diseñar la iluminación interior y exterior elaborando el metrado y presupuesto del proyecto eléctrico de una vivienda teniendo en consideración las prescripciones del Código Nacional de Electricidad y reglamentos.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diseñar y evaluar las características y especificaciones técnicas de los dispositivos auxiliares y de compensación de la energía reactiva para instalaciones comerciales e industriales utilizando las normas del Código Nacional de Electricidad.</p>

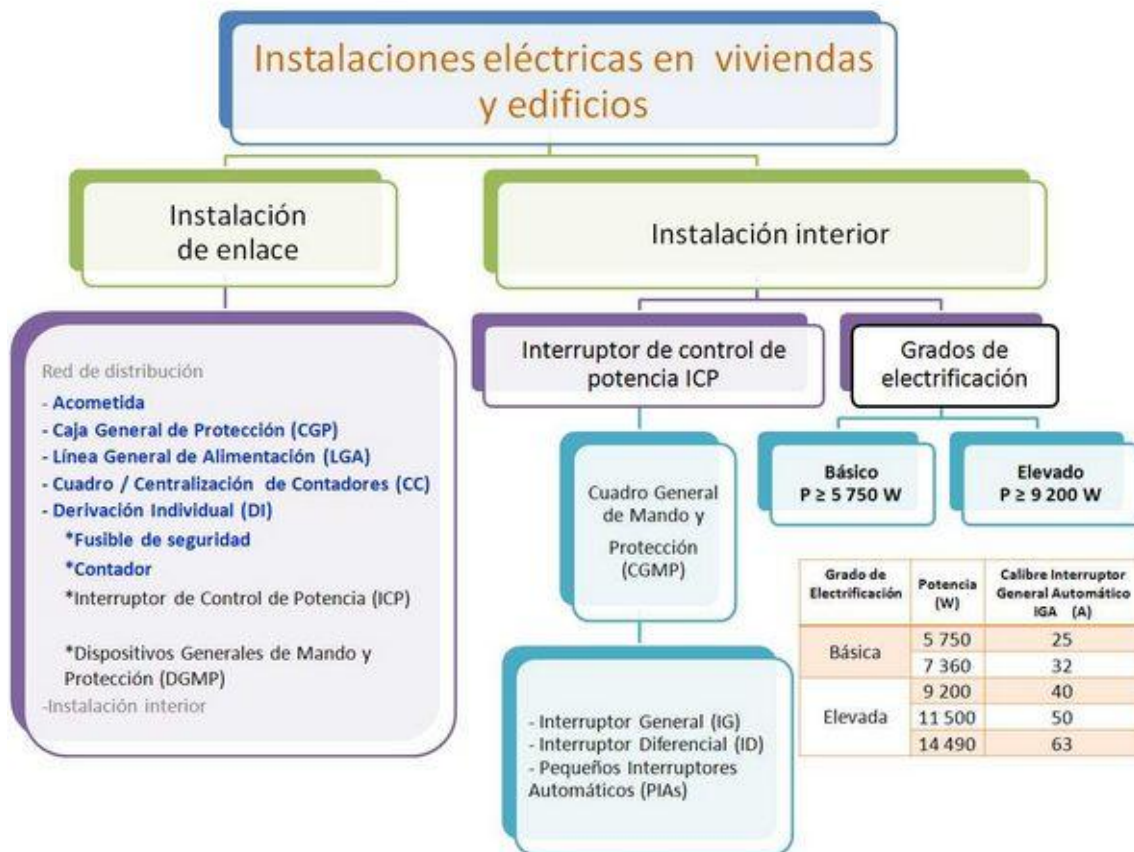
### Tiempo mínimo de estudio

UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	UNIDAD 4
24 horas	24 horas	24 horas	24 horas



## UNIDAD 2: Instalaciones eléctricas interiores en baja tensión

### Diagrama de organización



### Tema n.º 1: Conductores eléctricos

Un **cable eléctrico** es un elemento fabricado y pensado para conducir electricidad. El material principal con el que están fabricados es con cobre (por su alto grado de conductividad) aunque también se utiliza el aluminio que, aunque su grado de conductividad es menor también resulta más económico que el cobre.

Antes de continuar con la explicación, si realmente lo que estás buscando es comprar **cables eléctricos** en la tienda.

#### 1.1. Partes de un cable eléctrico

Los cables eléctricos están compuestos por el conductor, el aislamiento, una capa de relleno y una cubierta. Cada uno de estos elementos que componen un cable eléctrico cumplen con un propósito que vamos a conocer a continuación:

- **Conductor eléctrico:** Es la parte del cable que transporta la electricidad y puede estar constituido por uno o más hilos de cobre o aluminio.

- **Aislamiento:** Este componente es la parte que recubre el conductor, se encarga de que la corriente eléctrica no se escape del cable y sea transportada de principio a fin por el conductor.
- **Capa de relleno:** La capa de relleno se encuentra entre el aislamiento y el conductor, se encarga de que el cable conserve un aspecto circular ya que en muchas ocasiones los conductores no son redondos o tienen más de un hilo. Con la capa de relleno se logra un aspecto redondo y homogéneo.
- **Cubierta:** La cubierta es el material que protege al cable de la intemperie y elementos externos.  
Hasta aquí todo muy interesante ¿Verdad?, pues si te parece vamos a conocer que tipos conductores, aislamientos, cables según tensiones, colores y medidas existen.

## 1.2. Tipos de conductores eléctricos

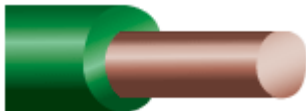
Recordamos que el conductor es el componente que transporta la electricidad.

### A. Conductor de alambre desnudo (rígido, redondo, al aire)



Es un solo alambre en estado sólido, no es flexible y no tiene recubrimiento, un ejemplo de uso este tipo de conductores es la utilización para la conexión a tierra en conjunto con las picas de tierra.

### B. Conductor de alambre aislado (unipolares, rígido, redondos)



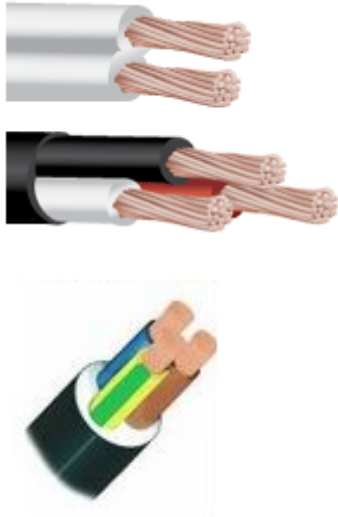
Es exactamente lo mismo que el conductor de alambre desnudo con tan solo una diferencia, en este caso el conductor va recubierto de una capa de aislante de material plástico para que el conductor no entre en contacto con ningún otro elemento como otros conductores, personas u objetos metálicos. El alambre aislado se utiliza mucho más que el cobre desnudo tanto en viviendas como oficinas.

### C. Conductor de cable flexible (multipolares)



El **cable eléctrico flexible** es el más comercializado y el más aplicado, está compuesto por multitud de finos alambres recubiertos por materia plástica. Son tan flexibles porque al ser muchos alambres finos en vez de un alambre conductor gordo se consigue que se puedan doblar con facilidad, son muy maleables.

#### D. Conductor de cordón (mangueras)



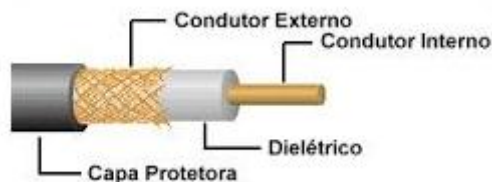
Están formados por más de un cable o alambre, se juntan todos y se envuelven de manera conjunta por segunda vez, es decir, tienen el propio aislamiento de cada conductor más uno que los reúne a todos en un conjunto único.

#### E. Planos



De forma plana

#### F. Coaxial



Tiene un núcleo chapado de cobre, rodeado por un aislante dieléctrico. Un escudo tejido de cobre rodea la capa aislante, el cual está finalmente unido por una cubierta de plástico más exterior.

#### G. Trenzado





Consiste en pares de alambres de cobre aislantes, los cuales están trenzados alrededor del otro.

#### H. Blindados



Está hecho de uno o más alambres aislantes que están colectivamente adjuntos por una lámina de aluminio Mylar o tejido trenzado de blindaje.

### 1.3. Tipos de aislamiento de cables eléctricos

Recordamos que casi todos los cables tienen una capa de recubrimiento o aislamiento para prevenir que entren en contacto unos con otros y provoquen un cortocircuito.

Se puede identificar el tipo de aislamiento que tiene un cable en las inscripciones que aparecen sobre él, son abreviaciones del inglés. Los cables que se utilizan para instalaciones en viviendas y oficinas son: TW, THW, THHN, THN, THHW y THWN. El significado de estas abreviaturas es el siguiente:

#### **1 - T (Thermoplastic):**

Aislamiento termoplástico (este lo tienen todos los cables).

#### **2 - H (Heat resistant):**

Resistente al calor hasta 75° centígrados (167° F)

#### **3 - HH (Heat resistant):**

Resistente al calor hasta 90° centígrados (194° F)

#### **4 - W (Water resistant):**

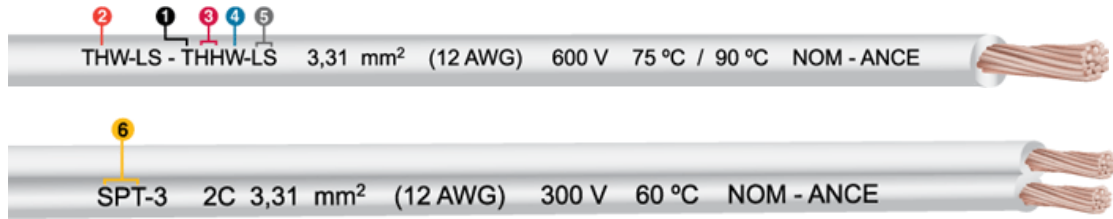
Resistente al agua y a la humedad.

#### **5 - LS (Low smoke):**

Este cable tiene baja emisión de humos y bajo contenido de gases contaminantes.

#### **6 - SPT (Service parallel thermoplastic):**

Esta nomenclatura se usa para identificar un cordón que se compone de dos cables flexibles y paralelos con aislamiento de plástico y que están unidos entre sí. También se denomina cordón dúplex.



#### 1.4. ¿De qué está compuesta el aislamiento de los cables?

En los **aislamientos de los cables eléctricos** encontramos dos tipos de aislantes, los aislamientos termoplásticos y los aislamientos termoestables.

Aislamiento termoplástico

- PVC: Policloruro de vinilo
- PE: Polietileno
- PCP: Policloropreno, neopreno o plástico

Aislamiento termoestable

- XLPE: Polietileno reticulado
- EPR: Etileno-propileno
- MICC: Cobre revestido, mineral aislado

#### 1.5. Tensiones de los cables eléctricos

Dependiendo de la tensión para la que están preparados para funcionar los cables se categorizan en grupos de tensiones que van por rangos de voltios.

- Cables de muy baja tensión (Hasta 50V)
- Cables de baja tensión (Hasta 1000V)
- Cables de media tensión (Hasta 30kV)
- Cables de alta tensión (Hasta 66kV)
- Cables de muy alta tensión (Por encima de los 770kV)

#### 1.6. Medidas de los cables eléctricos

Las medidas de los cables y alambres eléctricos se suelen categorizar en calibres si se habla del sistema AWG (American Wire Gauge), sin embargo, es más común conocerlos dependiendo del diámetro del cable en el sistema métrico decimal y categorizarlos en milímetros cuadrados dependiendo del diámetro de la sección. La siguiente tabla también es muy útil para saber las **equivalencias de calibre en milímetros**.

Tabla 1  
Medidas de cables y usos

Foto	Calibre / awg	Sección en mm <sup>2</sup>	Consumo de corriente	Ejemplos
------	---------------	----------------------------	----------------------	----------

	4	25mm <sup>2</sup>	Muy alto	Aires acondicionados centrales, equipos industriales (se requiere instalación especial de 240 volts).
	6	16mm <sup>2</sup>	Alto	Aires acondicionados, estufas eléctricas y acometidas de energía eléctrica.
	8	10mm <sup>2</sup>	Medio alto	- Secadoras de ropa, refrigeradores, aires acondicionados de ventana.
	10	6mm <sup>2</sup>	Medio	Hornos de microondas, licuadoras, contactos de casas y oficinas, extensiones de uso rudo.
	12	4mm <sup>2</sup>	Medio bajo	- Cableado de iluminación, contactos de casas, extensiones reforzadas.
	14	2.5mm <sup>2</sup>	Bajo	Extensiones de bajo consumo, lámparas.
	16	1.5mm <sup>2</sup>	Muy bajo	Productos electrónicos como termostatos, fimbres o sistemas de seguridad.

### 1.7. ¿Qué amperaje soportan los cables de cobre?

A continuación, les mostramos una **tabla con el amperaje que soportan los cables de cobre**.

Tabla 2  
Amperaje que soportan los cables de cobre

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A	16 AWG	13 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A	14 AWG	18 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A	12 AWG	25 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

### 1.8. Colores y significado de los cables eléctricos

Los cables eléctricos tienen un aislamiento de alguno de los siguientes colores normalmente: Azul, bicolor (verde y amarillo), marrón, gris o negro.

### A. Cable verde y amarillo

Es el cable de toma a tierra. Antiguamente se utilizaba cables de color gris o blanco, pero, para evitar confusiones, se comenzó a utilizar este cable bicolor, más llamativo.

### B. Cable azul

Es el cable neutro. Hasta 1970 se utilizaba el cable de color rojo, revisa los cables de este color antes de utilizarlo.

### C. Cable marrón

Es el cable de fase, aunque también puede ser negro o gris, según la estética del aparato que lo luzca. Anteriormente se utilizaba el color verde, por lo que, si hallas un cable verde, será mejor que lo revises antes de usarlo, ya que puede estar reseco o roto.

### D. Cable negro

Es un cable de fase, también, y está visible en la gran mayoría de las instalaciones y cables. Al igual que el blanco, puede responder a motivos estéticos.

### E. Cable blanco

Los cables blancos son tus cables neutrales. Éstos también son tomas de tierra, pero sólo se conectan al transformador para así llevar la energía de vuelta.

### F. Cables de colores con rayas

Los cables de colores con una raya (también llamada "guía" son cables tan neutrales como los blancos. Estos tipos de cables se usan para identificar cuál cable neutral va con cuál cable de color.

### G. Cables de colores

Todos los cables de colores (excepto aquellos que tienen una raya) son cables de corriente (o de carga). El de uso más común es el rojo. Cuando hay muchos cables, es más fácil identificar dónde va cada cable si usas los de colores.

## 1.9. Conductores – INDECO

### A. Conductor TW – 80

#### Normas de fabricación

NTP 370.252

#### Tensión de servicio

450/750 V

#### Temperatura de operación

80°C

#### Usos

Aplicación general en instalaciones fijas; edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, etc. Generalmente se instalan en tubos conduit.



### Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado ó flexible.  
Aislamiento de PVC en doble capa hasta 10 AWG y 6 mm<sup>2</sup>. Aislamiento en una capa desde 8 AWG y 10 mm<sup>2</sup>.

### Características

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. Retardante a la llama.

### Marca

INDECO S.A. TW-80 450/750 V

### Calibres

1.5 mm<sup>2</sup> - 300 mm<sup>2</sup>  
16 AWG - 350MCM

### Embalaje

De 1.5 a 10 mm<sup>2</sup>: En rollos estándar de 100 metros.  
De 10 a 300 mm<sup>2</sup>: En carretes de madera.

### Colores

De 1.5 a 10 mm<sup>2</sup>: Amarillo, azul, blanco, negro, rojo y verde.  
Mayores de 16 mm<sup>2</sup>: Solo en color negro.

Tabla 3  
Tabla de datos técnicos TW – 80 (mm<sup>2</sup>)

CALIBRE CONDUCTOR	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
<b>ALAMBRES</b>								
1.5	1	1.36	1.36	0.7	2.8	20	18	14
2.5	1	1.74	1.74	0.8	3.4	31	30	24
4	1	2.21	2.21	0.8	3.9	45	35	31
6	1	2.70	2.70	0.8	4.3	64	50	39
10	1	3.51	3.51	1	5.6	107	74	51
<b>CABLES</b>								
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	21	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	48	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	68	50	39
10	7	1.33	3.99	1	6.0	114	74	51
16	7	1.69	4.67	1	6.7	172	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	269	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	364	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	490	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	690	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	959	303	198
120	37	2.02	13	1.6	16.2	1192	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1476	413	264
185	37	2.51	16.16	2	20.2	1837	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2392	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	3002	633	391

Tabla 4

Tabla de datos técnicos TW – 80 (AWG / MCM)

CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
			mm	mm	mm	mm		Kg/Km	AIRE
AWG/MCM	mm <sup>2</sup>							A	A
<b>ALAMBRES</b>									
16	1.3	1	1.24	1.24	0.7	2.7	17	15	12
14	2.1	1	1.57	1.57	0.8	3.2	26	28	22
12	3.3	1	1.98	1.98	0.8	3.6	38	33	28
10	5.3	1	2.50	2.50	0.8	4.1	56	44	33
8	8.4	1	3.15	3.15	1	5.2	88	66	44
<b>CABLES</b>									
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	28	22
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	33	28
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	60	44	33
8	8.4	7	1.20	3.61	1	5.6	96	66	44
6	13.3	7	1.53	4.60	1	6.6	147	88	61
4	21.1	7	1.93	5.80	1.2	8.2	231	116	77
2	33.6	7	2.44	7.31	1.2	9.7	353	154	105
1/0	53.4	19	1.87	8.58	1.4	11.4	539	215	138
2/0	67.4	19	2.10	9.60	1.4	12.4	671	248	160
3/0	85.1	19	2.35	10.82	1.6	14.1	850	286	182
4/0	107.2	19	2.64	12.15	1.6	15.4	1058	330	215
350	177.5	37	2.44	15.69	2	19.7	1740	462	286

(\*) No más de tres conductores por ducto / temperatura ambiente 30° C.

## B. Conductor THW – 90

### Normas de fabricación

NTP 370.252

### Tensión de servicio

450/750 V

### Temperatura de operación

90°C

### Usos

Aplicación general en instalaciones fijas, edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control y en general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al TW-80.

### Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado ó flexible. Aislamiento de PVC.

### Características

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. Retardante a la llama.

### Marca

INDECO S.A. THW-90 450/750 V

### Calibres

 2.5 mm<sup>2</sup> - 500 mm<sup>2</sup>


### Embalaje

De 2.5 a 10 mm<sup>2</sup>: En rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 500 mm<sup>2</sup>: En carretes de madera.

### Colores

De 2.5 a 10 mm<sup>2</sup>: Amarillo, azul, blanco, negro, rojo y verde.

Mayores de 16 mm<sup>2</sup>: Solo en color negro.

Tabla 5

Tabla de datos técnicos THW – 90 (mm<sup>2</sup>)

CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

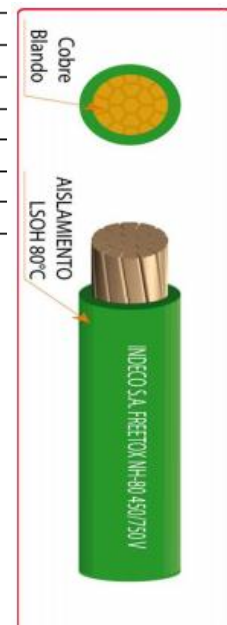
Tabla 6

Tabla de datos técnicos THW – 90 (AWG / MCM)

CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR
AWG/MCM	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5

(\*) No más de tres conductores por ducto / temperatura ambiente 30° C.

### C. Conductor FREETOX NH - 80



**Normas de fabricación**

NTP 370.252, IEC 60754-2,  
IEC 60332-3 CAT. C

**Tensión de servicio**

450/750 V

**Temperatura de operación**

80°C

**Usos**

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales, ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc. En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobrevivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.

**Descripción**

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR.

**Características**

Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

**Marca**

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V

**Calibres**

1.5 mm<sup>2</sup> - 300 mm<sup>2</sup>

**Embalaje**

De 1.5 a 10 mm<sup>2</sup>, en rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 300 mm<sup>2</sup>, en carretes de madera.

**Colores**

De 1.5 a 10 mm<sup>2</sup>: blanco, negro, rojo, azul, amarillo y verde.

Mayores de 10 mm<sup>2</sup> sólo en color negro (1).

Tabla 7

Tabla de datos técnicos NH – 80



CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	RE. ELECT. MAX. CC 20°C	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	ohm/km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	12.1	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	7.41	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	4.61	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	3.08	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	1.83	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	1.15	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	0.727	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	0.524	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	0.387	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	0.268	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	0.193	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	0.153	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	0.124	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	0.0991	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	0.0754	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	0.0601	633	391

(<sup>1</sup>) A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

(\*) Temperatura ambiente 30° C. No más de tres conductores por ducto.

#### D. Conductor FREETOX NHX - 90 (LSOHX - 90)

##### Normas de fabricación

NTP 370.252, IEC 60754-2,  
IEC 60332-3 CAT. C

##### Tensión de servicio

450/750 V

##### Temperatura de operación

90°C

##### Usos

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales, ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc. En general en todas las instalaciones en ductos que requieran capacidades de corriente mayores al NH-80.

##### Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoestable no halogenado.

##### Características



Alta resistencia dieléctrica, es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos

**Marca**

INDECO S.A. FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) 450/750 V

**Calibres**

2.5 mm<sup>2</sup> – 300 mm<sup>2</sup>

**Embalaje**

De 2.5 a 6 mm<sup>2</sup>: En rollos estándar de 100 metros.

De 10 a 300 mm<sup>2</sup>: En carretes de madera.

**Colores**

De 2.5 a 6 mm<sup>2</sup>: blanco, negro, rojo, azul, amarillo y verde.

Mayores de 10 mm<sup>2</sup>: solo en color negro (1)

**Tabla 8**

Tabla de datos técnicos NHX – 90

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	RE. ELECT. MAX. CC 20°C	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	ohm/km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	7.41	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	48	4.61	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	3.08	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	116	1.83	88	62
16	7	1.69	4.67	1.1	6.9	174	1.15	124	85
25	7	2.13	5.88	1.1	8.1	265	0.727	158	107
35	7	2.51	6.92	1.1	9.1	359	0.524	197	135
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	489	0.387	245	160
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	689	0.268	307	203
95	19	2.51	11.55	1.4	14.4	942	0.193	375	242
120	37	2.02	13.00	1.7	16.4	1197	0.153	437	279
150	37	2.24	14.41	1.7	17.8	1456	0.124	501	318
185	37	2.51	16.16	1.7	19.6	1809	0.0991	586	361
240	37	2.87	18.51	1.7	21.9	2352	0.0754	654	406
300	37	3.22	20.73	2	24.7	2959	0.0601	767	462

(1) A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

(\*) Temperatura ambiente 30° C. No más de tres conductores por ducto.

**E. Conductor Concéntrico (SET)**

**Normas de fabricación**

NTP-IEC 60502-1

**Tensión de servicio**

0,6/1 kV

**Temperatura de operación**



80°C

### Usos

Conexiones a medidores de energía eléctrica, acometida aérea a medidores y salidas de éstos a interruptores de servicios, para evitar el robo de energía eléctrica.

### Descripción

Uno o dos conductores de cobre blando, sólido o cableado. Aislados con cloruro de polivinilo (PVC). Un neutro compuesto de varios hilos o alambres de cobre aplicados concéntricamente sobre el o los conductores aislados o sobre el relleno. El conjunto cubierto con PVC.

### Características

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, intemperie, adecuada resistencia a los ácidos, grasas y al calor. No propaga la llama.

### Marca

INDECO S.A. cable concéntrico (SET) 0.6/1 kV

### Calibres

4 – 16 mm<sup>2</sup>

### Embalaje

En rollos estándar de 100 metros.

En carretes de madera; en longitudes requeridas.

### Colores

2 conductores:

Conductor Aislado: Blanco

Cubierta Exterior: Negro

3 conductores:

Conductores Aislados: Blanco y Negro

Cubierta Exterior: Negro.

Tabla 9

Tabla de datos técnicos SET

N° COND. X CALIBRE	DIÁMETRO DE CONDUCTORES			ESPEORES		DIÁMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CORRIENTE*
	CENTRAL	CONCENTRICO		AISLAM.	CUBIERTA			
		N° HILOS	DIAMETRO					
N° x mm <sup>2</sup>	mm		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A
2 x 4	2.21	31	0.402	1	1.8	8.9	144	37
2 x 6	2.71	30	0.497	1	1.8	9.6	187	48
2 x 10	3.51	28	0.67	1	1.8	10.8	273	66
3 x 6	2.71	30	0.497	1	1.8	16.4	430	43
3 x 10	3.51	78	0.402	1	1.8	17.8	576	60
3 x 16	4.87	80	0.497	1	1.8	20.7	837	80

(\*) Temperatura ambiente 30° C.

## Tema n.º 2: Proyectos de instalaciones eléctricas en interiores

### 2.1. Requisitos de Cumplimiento

- A. Llenar la solicitud respectiva y presentar la cédula de identidad de la persona a nombre de quien se suscribirá el servicio en caso de persona física; en el caso de persona jurídica, presentación de una copia de la certificación de personería jurídica con no más de tres meses de emitida, fotocopia de la cédula jurídica, fotocopia de la cédula de identidad del representante de la empresa y carta firmada por ese representante solicitando el servicio.
- B. Copia del permiso municipal de construcción y/o solicitud de planos del CFIA. Firma y copia del carné del ingeniero responsable de la instalación eléctrica.
- C. Cuando contrate el servicio eléctrico, indique claramente la dirección de la casa indicando puntos cardinales apropiados, así como cantón y distrito para poder localizarla con facilidad.
- D. En la medida de lo posible, aporte un número telefónico de referencia donde poder comunicarnos y un número de medidor cercano.
- E. Cuando se trate de un servicio monofásico para una carga mayor de 25 kilovatios, será necesario realizar una medición de la capacidad del transformador de distribución, para determinar si se requiere un estudio de ingeniería.
- F. Si la carga requerida o el tipo de conexión no está disponible en el sistema, será necesario que el cliente solicite un estudio de ingeniería.

## 2.2. Condiciones Generales

- A. Coloque la copia de la solicitud de servicio en la ventana, en un lugar visible y de frente a la calle.
- B. Para efectuar la conexión del servicio eléctrico es necesaria la presencia en la vivienda de una persona adulta.
- C. Para asegurarse la buena calidad de la instalación eléctrica de su inmueble, contrate un ingeniero o a un técnico calificado para que la realice.

## 2.3. Requisitos para la acometida de servicio

- A. Conduleta botaguas y tubería E.M.T hasta el medidor, con diámetro mínimo de 32 milímetros.
- B. La altura mínima de la conduleta botaguas al suelo debe de ser de 3,0 metros. Sin embargo, cuando las líneas secundarias de la compañía estén en la acera opuesta al inmueble, la altura de los cables de la acometida aérea sobre la vía pública, sujeta a tráfico vehicular, debe ser de 5,50 metros mínimo, por lo que la altura de la conduleta deberá ser mayor para cumplir con este requisito.
- C. Los conductores de entrada deben de ser de cobre forrado y de un calibre no menor que el No. 6 AWG, 3 conductores, los cuales tendrán aislamiento aprobado para su uso (Por ejemplo; TW, THW o THHN).
- D. La base enchufable para el medidor debe ser instalado y alambrado por parte del cliente. La base puede empotrarse en concreto dejando resaltado el borde de la misma por lo menos 8 mm de la pared, o fijarse en tapias, verjas, etc. Debidamente protegido. Sólo se acepta una salida de conductores A o B hacia el interruptor principal.
- E. El medidor debe instalarse de frente a la calle pública, en el límite de la propiedad, en un lugar de fácil acceso para la toma de lectura, inspección y mantenimiento.
- F. La varilla para el sistema de puesta a tierra tipo Cooperweld debe tener una longitud de 1,5 metros **mínimo** y 16 mm de diámetro e instalarse lo más cerca posible al lugar en que se ubique el medidor. Si la resistencia a tierra del

electrodo no es de 25 ohmios o menos podrán usarse otras varillas adicionales conectadas entre sí.

- G. Interruptor principal de dos polos, del tipo disyuntor termomagnético de capacidad según diseño o de cuchillas (por ejemplo; del tipo de porcelana, de 100 amperios, con fusibles de 60 amperios). Nunca coloque fusibles en el neutro.

#### 2.4. REQUISITOS PARA LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA RESIDENCIA

- A. La casa debe de tener un tablero o caja de disyuntores termomagnéticos para 6 circuitos mínimo, el cual debe ser ubicado en un lugar de fácil acceso y debidamente puesto a tierra (No debe instalarse en el baño o en los cuartos)
- B. Los disyuntores termomagnéticos y cables deben de distribuirse de la siguiente manera:

Tabla 10

Tabla de interruptores, disyuntores y calibres para instalaciones eléctricas

Interruptor para circuito de:	Disyuntor	Cable (calibre)	mm <sup>2</sup>
<b>Iluminación:</b>			
Para un máximo de 13 bombillos	15A.1p	12 AWG	3.31
Para un máximo de 17 bombillos	20A.1p	12 AWG	3.31
<b>Tomacorriente generales:</b>			
Para un máximo de 17	20A.1p	12 AWG	3.31
<b>Tomacorrientes de cocina (Se recomienda no menos de 2 circuitos independientes)</b>			
Cocina:			
Cocina eléctrica (120 voltios)	40A.1p	8 AWG	8.37
Cocina eléctrica (240 voltios)	40A.2p	8 AWG	8.37
<b>Termoducha: (polarizada)</b>			
Menor que 2000 vatios (Ej. Corona)	30A.1p	10 AWG	5.26
Mayor que 3000 vatios (Ej. Lorenzetti)	40A.1p	8 AWG	8.37
<b>Tanque de agua caliente:</b>			
(240 voltios) doble circuito:	20A.2p	10 AWG	5.26

#### Nomenclatura

A:Amperio	TW, THW, THHN, NM:Forros,
AWG:American Wire Gauge	aislamiento.
PVC:Cloruro de Polivinilo	1P:1 polo (sencillo, 120 voltios)
EMT:Tubería metálica para uso eléctrico	2P:2 polos (dobles, 240 voltios)

- C. Se recomienda utilizar el siguiente código de colores en la instalación:

- Negro/Azul                      Conductor vivo para circuito de iluminación
- Rojo/Azul                        Conductor vivo para circuitos de tomacorrientes
- Amarillo/Verde                Conductor puesta a tierra para todos los circuitos
- Blanco                            Circuito neutro para todos los circuitos

#### 2.5. Para un mismo circuito, no deben mezclarse colores

- A. Deben de usarse tomacorrientes polarizados y aterrizados para la puesta a tierra de protección de la envoltura o carcasa de los aparatos y para la conexión de supresores de picos.
- B. La instalación eléctrica interna de la residencia debe hacerse en tubos conduit PVC.
- C. No se permite el uso de grapas para fijar conductores eléctricos de madera, salvo para los alambres tipo NM con los que se permite utilizar grapas plásticas.
- D. En el interior de las paredes los conductores eléctricos deben instalarse dentro de las tuberías conduit, o como alternativa utilizar conductores tipo NM y cajas metálicas o de PVC rectangulares para tomacorrientes y apagadores. No se permiten empalmes dentro de la tubería.
- E. Debe dejarse una ventanilla en el cielo raso para tener acceso a la instalación eléctrica.
- F. La Tubería de PVC expuesta debe de estar a más de 2,20 metros sobre el nivel del suelo o piso, a menor altura la tubería debe ser metálica.

**Importante:**

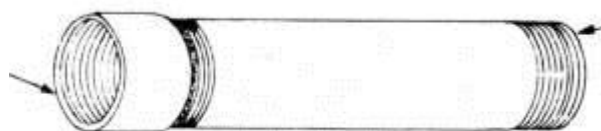
- La calidad y el estado de la instalación eléctrica del inmueble es responsabilidad del propietario, revísela periódicamente.
- Asegure la integridad física de los equipos electrónicos sensibles, instale la protección adecuada para minimizar los efectos de perturbaciones provocadas por disturbios atmosféricos, así como las que provengan de la red eléctrica.
- *Mantenga los artefactos eléctricos en buen estado, así evitará las fugas de electricidad.*

## 2.6. Canalizaciones, conductores y accesorios en las instalaciones eléctricas

Dado la gran diversidad de accesorios que pueden llegarse a emplear en una instalación eléctrica, a continuación, se da una pequeña muestra de algunos de ellos.

Durante el tiempo de clase en el aula y en las prácticas y visitas que se realizarán, se detallará sobre las características, aplicación, presentaciones, materiales y demás información relativa a los accesorios.

Un extremo se suministra con cople



Extremos con rosca

La longitud de cada tramo es de 3.05 m. Tubo conduit metálico rígido de pared gruesa. Se fabrica en diámetros de 1/2 pulg. a 6 pulg. el interior debe ser liso para no dañar los conductores.

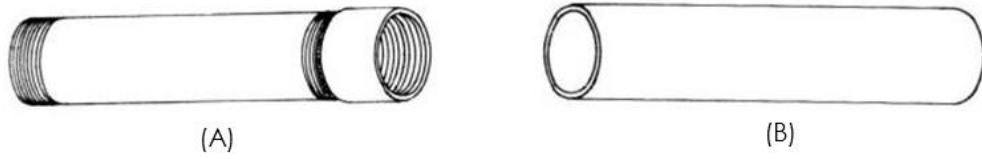


Figura 1. Tubo conduit intermedio o semi pesado (A) y Tubo conduit metálico de pared delgada (rígido ligero y sin rosca en los extremos (B)



Figura 2. Tubo conduit de pared delgada y conectores.



Figura 3. Abrazaderas para tubo Conduit

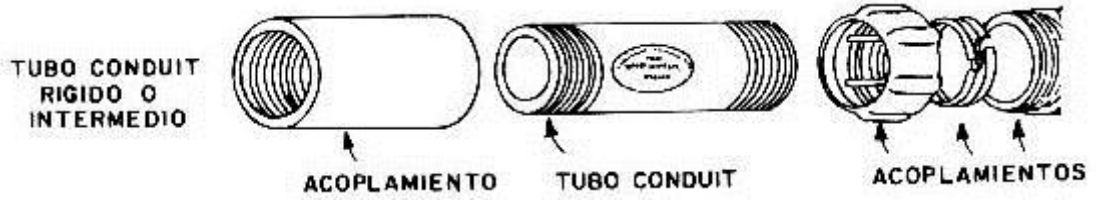


Figura 4. Tubo conduit con acoplamiento

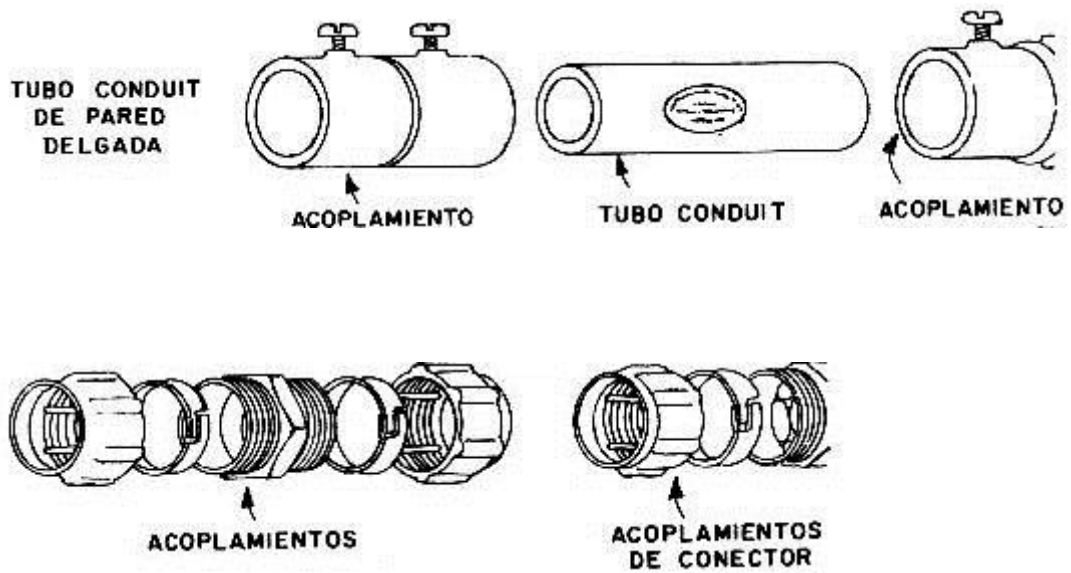
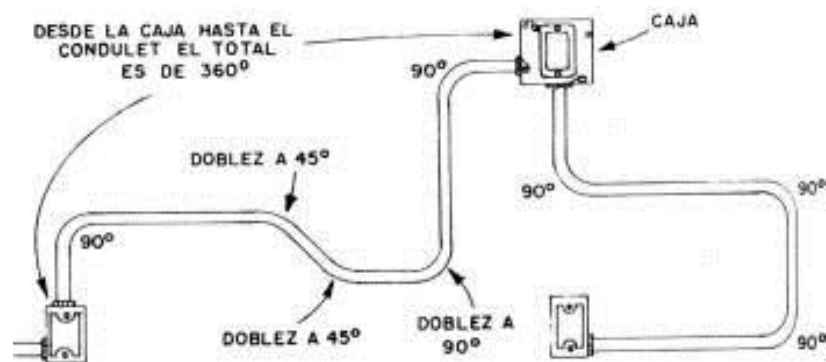
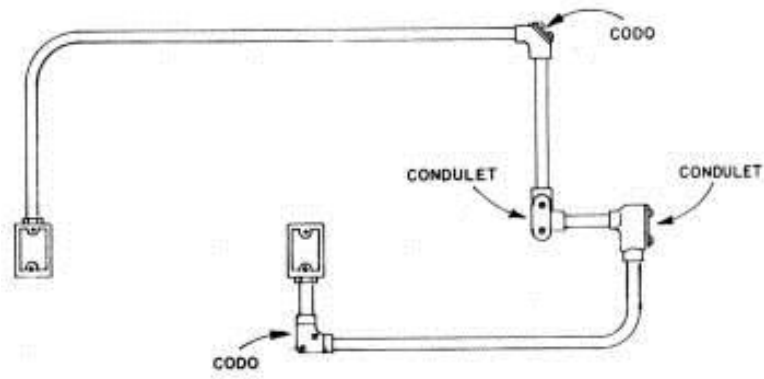


Figura 5. Acoplamientos



Por medio de doblado del tubo conduit.





Con condulets.

Figura 6. Formas de efectuar cambios de dirección con tubos conduit

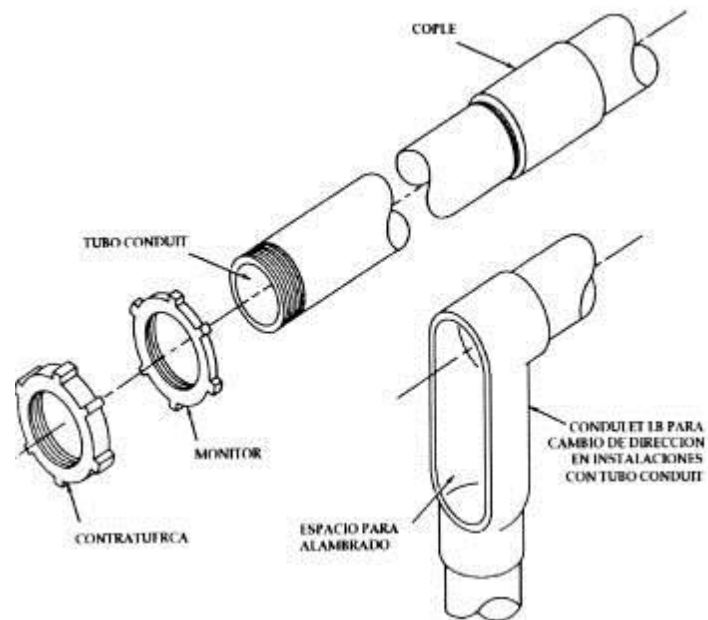


Figura 7. Tubo conduit de pared Guesa y conectores



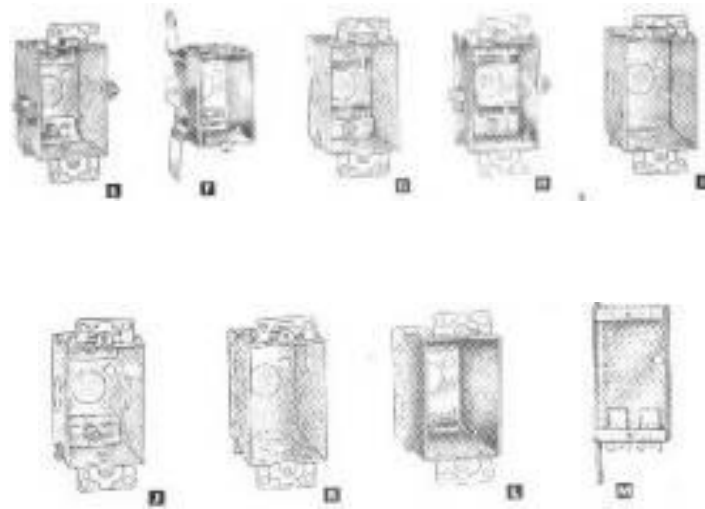


Figura 8. Galvanizadas para proteger contra la corrosión y oxidación. El No. 1MW62 acepta paredes de 3/4 pulg. de espesor.

## 2.7. Los ductos metálicos

Los ductos y plenums que forman parte de un sistema de climatización, calefacción y ventilación, deben cumplir con los requerimientos de esta norma.

Alternativamente, se reconoce como válido, el empleo de otras normas aceptadas internacionalmente, siempre que estas se utilicen en forma integral.

### a. Materiales

La inyección, retorno, extracción y aire exterior deben ser conducidos a través de ductos metálicos, como se indica en Tablas A, B, C y D; o con ductos flexibles de fábrica, o con ductos de fibra, que cumplan normas reconocidas internacionalmente.

Los ductos, plenums y fittings, pueden ser fabricados de fibra cemento, concreto, cerámica u otros, cuando estos sean instalados bajo la tierra o dentro de una losa, siempre que sus uniones sean selladas adecuadamente, respetando las normas de seguridad.

### b. Juntas y Uniones de Ductos

Estas deben ser suficientemente selladas contra fugas de aire, ya sea a través de Huinchas, Pastas, Empaquetaduras u otros medios.

### c. Calidad del material

Cuando se utilice acero galvanizado, cumplirá con un revestimiento de zinc no menor a 0,33 kg/m<sup>2</sup>.

### d. Fabricación e instalación de ductos

#### d.1. Ductos Metálicos

Los ductos deben ser fijados en forma segura en su lugar de instalación y en cada cambio de dirección, como lo indicaban las Tablas C y D. Los ductos verticales, tanto rectangulares como redondos, deben ser soportados como se indica en las mismas tablas.

Los ductos metálicos instalados cercanos a la tierra, deberán tener una separación de ésta, de a lo menos 100 mm. Los ductos metálicos en o bajo concreto, deberán ser encajonados en al menos 50 mm de concreto.

#### **d.2. Soporte de ductos rectangulares**

Deben ser soportados como se indica en la Tabla C.

Cuando son suspendidos desde arriba, estos soportes serán instalados sobre los dos lados opuestos de ducto y serán atornillados, remachados o apernados a él y a intervalos no mayores a los especificados en dicha tabla.

#### **d.3. Soporte de ductos redondos**

Cuando son suspendidos desde arriba y en el caso de dos soportes, serán instalados sobre los dos lados opuestos del ducto y serán atornillados, remachados o apernados a él y a intervalos no mayores a los especificados en dicha tabla, con un soporte que cumpla lo siguiente:

- Los ductos serán provistos con una platina circular ajustada, extendida alrededor del perímetro del ducto en cada soporte, a los intervalos especificados.
- Las platinas circulares no serán menores que 25 mm de ancho y su espesor no será inferior a la sección especificada en la tabla.
- Cada platina circular deberá tener un medio adecuado para ser conectado al tirante de suspensión.
- Los ductos serán afianzados de tal forma de evitar oscilaciones laterales y horizontales.

#### **d.4. Protección de Ductos**

Los ductos instalados en lugares donde estén expuestos a daños mecánicos por golpes u otras causas, deberán estar protegidos por barreras adecuadas.

### **2.8. Aislación de ductos**

#### **A. Alcance**

Los ductos que conduzcan aire enfriado o calentado, en inyección o retorno y que avancen ocultos o por espacios no acondicionados, se dotarán de aislación térmica.

#### **B. Materiales**

El material, espesor y características mecánicas, térmicas y antifuego, que no

están cubiertos en ésta norma, serán los adecuados para cada aplicación y obedecerán a prácticas y normas reconocidas.

### **C. Montaje**

El montaje de los ductos deberá considerar el o los efectos de aislación térmica y sus requerimientos.

## **2.9. Templadores de ducto**

### **A. Alcance**

Deberán existir templadores reguladores de cada caudal para un adecuado equilibrio de la instalación, así como los templadores corta fuego y anti humos donde se requieran según normas.

### **B. Materiales**

Los tipos y características que no están cubiertos en ésta norma, serán los adecuados para cada aplicación y obedecerán a prácticas y normas reconocidas.

## **2.10. Medidores de electricidad**

### **A. Medidores de electricidad montados en raíl DIN**

Medidores de electricidad electrónicos para energía activa y / o reactiva, basados en la tecnología más moderna

- Certificados por PTB y muchas otras autoridades de pruebas
- Clase 1 y 2 de conformidad con IEC 61036
- Directo o transformador conectado
- Instrumentación / Analizador
- Comunicación por LON, EIB o M-bus
- Diseño compacto y de sencilla instalación para raíl DIN

### **B. Medidores de electricidad montados en raíl DIN**

MINI

- Monofásico
- Salida de impulsos
- Potencia activa

ODIN

- Trifásico
- Salida de impulsos
- Potencia activa
- Directo y transformador

DELTA DZ +

- Monofásico o trifásico
- Salida de impulsos
- Salida en serie
- Potencia activa y reactiva
- Directo y transformador
- Analizador
- Comunicación EIB, LON, M-Bus



Figura 9. Medidores de electricidad

## 2.11. Norma EM. 010 - instalaciones eléctricas interiores

### Artículo 1º.- GENERALIDADES

Las instalaciones eléctricas interiores están tipificadas en el Código Nacional de Electricidad y corresponde a las instalaciones que se efectúan a partir de la acometida hasta los puntos de utilización.

En términos generales comprende a las acometidas, los alimentadores, sub alimentadores, tableros, sub-tableros, circuitos derivados, sistemas de protección y control, sistemas de medición y registro, sistemas de puesta a tierra y otros.

Las instalaciones eléctricas interiores deben ajustarse a lo establecido en el Código Nacional de Electricidad, siendo obligatorio el cumplimiento de todas sus prescripciones, especialmente las reglas de protección contra el riesgo eléctrico.

### Artículo 2º.- ALCANCE

Las prescripciones de esta Norma son de aplicación obligatoria a todo proyecto de instalación eléctrica interior tales como: Viviendas, Locales Comerciales, Locales Industriales, Locales de Espectáculos, Centros de Reunión, Locales Hospitalarios, Educativos, de Hospedaje, Locales para Estacionamiento de Vehículos, Playas y Edificios de Estacionamiento, Puesto de Venta de Combustible y Estaciones de Servicio.

En general en cualquier instalación interior en todo el territorio de la República.

### Artículo 3º.- CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

En la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas interiores, los proyectistas están obligados a realizar cálculos de iluminación en locales tales como: Comerciales, Oficinas, Locales de Espectáculos, Aeropuertos, Puertos, Estaciones de Transporte Terrestre y Similares, Locales Deportivos, Fábricas y Talleres, Hospitales, Centros de Salud, Postas Médicas y Afines, Laboratorios, Museos y afines.

A continuación, se presenta la Tabla de Iluminancias mínimas a considerar en lux, según los ambientes al interior de las edificaciones, definiendo la calidad de la iluminación según el tipo de tarea visual o actividad a realizar en dichos ambientes.

Los proyectistas deben observar las disposiciones del Código Nacional de Electricidad y las Normas DGE relacionadas a la iluminación

Tabla 11  
Iluminancias para ambientes al interior

<b>AMBIENTES</b>	<b>ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)</b>	<b>CALIDAD</b>
<b>Áreas generales en edificios</b>		
Pasillos, corredores	100	D - E
Baños	100	C - D
Almacenes en tiendas	100	D - E
Escaleras	150	C - D
<b>Líneas de ensamblaje</b>		
Trabajo pesado (ensamble de maquinarias)	300	C - D
Trabajo normal (industria liviana)	500	B - C
Trabajo fino (ensambles electrónicos)	750	A - B
Trabajo muy fino (ensamble de instrumentos)	1500	A - B
<b>Industrias químicas y plásticos</b>		
En procesos automáticos	150	D - E
Plantas al interior	300	C - D
Salas de laboratorios	500	C - D
Industria farmacéutica	500	C - D
Industrias del caucho	500	C - D
Inspección	750	A - B
Control de colores	1000	A - B
<b>Fábricas de vestimenta</b>		
Planchado	500	A - B
Costura	750	A - B
Inspección	1000	A - B
<b>Industrias eléctricas</b>		
Fabricación de cables	300	B - C
Bobinados	500	A - B
Ensamblaje de partes pequeñas	1000	A - B
Pruebas y ajustes	1000	A - B
Ensamble de elementos electrónicos	1500	A - B
<b>Industrias alimentarias</b>		
Procesos automáticos	200	D - E
Áreas de trabajo general	300	C - D
Inspección	500	A - B
<b>Trabajos en vidrio y cerámica</b>		
Salas de almacén	150	D - E
Áreas de mezclado y moldeo	300	C - D

Áreas de acabados manuales	300	B - C
Áreas de acabados mecánicos	500	B - C
Revisión gruesa	750	A - B
Revisión fina – Retoques	1000	A - B
<b>Trabajos en hierro y acero</b>		
Plantas automáticas	50	D - E
Plantas semi – automáticas	200	D - E
Zonas de trabajo manual	300	D - E
Inspección y control	500	A - B
<b>Industrias de cuero</b>		
Áreas de trabajo en general		
Prensado, curtiembre, costura	B - C	300
Producción de calzados	A - B	750
Control de calidad	A - B	1000
<b>Trabajos de maquinado (forjado – torno )</b>		
Forjado de pequeñas piezas		
Maquinado en tornillo de banco	200	D - E
Maquinado simple en torno	400	B - C
Maquinado fino en torno e inspección de	750	A - B
pequeñas partes	1500	A - B
<b>Talleres de pintado</b>		
Preparación de superficies	500	C - D
Pintado general	750	B - C
Pintado fino, acabados, control	1000	A - B
<b>Fábricas de papel</b>		
Procesos automáticos	200	D - E
Elaboración semi automática	300	C - D
Inspección	500	A - B
<b>Imprentas – Construcción de libros</b>		
Salas de impresión a máquina	500	C - D
Encuadernado	500	A - B
Composición, edición, etc.	750	A - B
Retoques	1000	A - B
Reproducciones e impresiones a color	1500	A - B
Grabados en acero y cobre	2000	A - B
<b>Industrias textiles</b>		
Área de desembalaje	200	D - E
Diseño	300	D - E
Hilados, cardados, teñidos	500	C - D
Hilados finos, entrelazados	750	A - B
Cosido, inspección	1000	A - B
<b>Industrias en madera</b>		
Aserradero	200	D - E
Ensamble en tornillo de banco	300	C - D
Trabajo con máquinas	500	B - C
Acabados	750	A - B
Inspección control calidad	1000	A - B
<b>Oficinas</b>		
Archivos	200	C - D
Salas de conferencia	300	A - B
Oficinas generales y salas de cómputo	500	A - B
Oficinas con trabajo intenso	750	A - B
Salas de diseño	1000	A - B
<b>Centros de enseñanza</b>		
Salas de lectura	300	A - B

Salones de clase, laboratorios, talleres, gimnasios	500	A - B
<b>Tiendas</b>		
Tiendas convencionales	300	B - C
Tiendas de autoservicio	500	B - C
Tiendas de exhibición	750	B - C
<b>Edificios Públicos</b>		
Salas de cine	150	B - C
Salas de conciertos y teatros	200	B - C
Museos y galerías de arte	300	B - C
Iglesias		
- nave central	100	B - C
- altar y púlpito	300	B - C
<b>Viviendas</b>		
<i>Dormitorios</i>		
- general	50	B - C
- cabecera de cama	200	B - C
<i>Baños</i>		
- general	100	B - C
- área de espejo	500	B - C
<i>Salas</i>		
- general	100	B - C
- área de lectura	500	B - C
<i>Salas de estar</i>	100	B - C
<i>Cocinas</i>		
- general	300	B - C
- áreas de trabajo	500	B - C
<i>Área de trabajo doméstico</i>	300	B - C
<i>Dormitorio de niños</i>	100	B - C
<b>Hoteles y restaurantes</b>		
<i>Comedores</i>	200	B - C
<i>Habitaciones y baños</i>	100	B - C
- general		
- local	300	B - C
<i>Áreas de recepción, salas de conferencia</i>	300	B - C
<i>Cocinas</i>	500	B - C
<b>Subestaciones eléctricas al interior</b>		
Alumbrado general	200	B - C
Alumbrado local	500	A - B
Alumbrado de emergencia	50	B - C
<b>Hospitales – Centros Médicos</b>		
<i>Corredores o pasillos</i>		
- durante la noche	50	A - B
- durante el día	200	A - B
<i>Salas de pacientes</i>		
- circulación nocturna	1	A - B
- observación nocturna	5	A - B
- alumbrado general	150	A - B
- exámenes en cama	300	A - B
<i>Salas de exámenes</i>		
- alumbrado general	500	A - B
- iluminación local	1000	A - B
<i>Salas de cuidados intensivos</i>		
- cabecera de cama	50	A - B
- observación local	750	A - B
<i>Sala de enfermeras</i>	300	A - B



<i>Salas de operaciones</i>		
- sala de preparación	500	A - B
- alumbrado general	1000	A - B
- mesa de operaciones	100000	A - B
<i>Salas de autopsias</i>		
- alumbrado general	750	A - B
- alumbrado local	5000	A - B
<i>Laboratorios y farmacias</i>		
- alumbrado general	750	A - B
- alumbrado local	1000	A - B
<i>Consultorios</i>		
- alumbrado general	500	A - B
- alumbrado local	750	A - B

Tabla 12  
Calidad de la iluminación por tipo de tarea visual o actividad

<b>CALIDAD</b>	<b>TIPO DE TAREA VISUAL O ACTIVIDAD</b>
A	Tareas visuales muy exactas
B	Tareas visuales con alta exigencia. Tareas visuales de exigencia normal y de alta concentración
C	Tareas visuales de exigencia y grado de concentración normales; y con un cierto grado de movilidad del trabajador.
D	Tareas visuales de bajo grado de exigencia y concentración, con trabajadores moviéndose frecuentemente dentro de un área específica.
E	Tareas de baja demanda visual, con trabajadores moviéndose sin restricción de área.

#### **Artículo 4°.- EVALUACIÓN DE LA DEMANDA**

Los proyectos deberán incluir un análisis de la potencia instalada y máxima demanda de potencia que requerirán las instalaciones proyectadas.

La evaluación de la demanda podrá realizarse por cualquier de los dos métodos que se describen:

**Método 1.** Considerando las cargas realmente a instalarse, los factores de demanda y simultaneidad que se obtendrán durante la operación de la instalación.

**Método 2.** Considerando las cargas unitarias y los factores de demanda que estipula el Código Nacional de Electricidad o las Normas DGE correspondientes; el factor de simultaneidad entre las cargas será asumido y justificado por el proyectista.

El valor mínimo de la demanda máxima y el tipo de suministro para la elaboración del Proyecto de Subsistema de Distribución Secundaria, que requiere una habilitación de tierras para ser dotada del servicio público de electricidad, están establecidos en la Norma DGE «Calificación Eléctrica para la Elaboración de Proyectos de Subsistemas de Distribución Secundaria».

**Artículo 5°.- COMPONENTES DE UN PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA INTERIOR**  
Para los efectos de la presente Norma se considera que un proyecto de instalación eléctrica interior consta de lo siguiente:

- Memoria Descriptiva
- Factibilidad y Punto de Entrega del Servicio Público
- Memoria de Cálculo
- Especificaciones Técnicas
- Planos
- Certificado de Habilitación de Proyectos

### **Memoria Descriptiva**

Descripción de la naturaleza del proyecto y la concepción del diseño de cada una de las instalaciones que conforman el sistema proyectado.

### **Factibilidad y Punto de Entrega del Servicio Público de Electricidad**

Cartas con la factibilidad y punto de entrega (suministro) para el servicio público de electricidad, otorgada por el respectivo concesionario.

### **Memoria de Cálculo**

Descripción y formulación de los parámetros de cálculo de los diferentes diseños, complementado con las respectivas hojas de cálculo.

### **Especificaciones Técnicas**

Descripción de las características específicas y normas de fabricación de cada uno de los materiales y/o equipos a utilizarse; así como, los métodos constructivos a seguirse.

### **Planos**

Los planos deben ser presentados en hojas de tamaño y formatos normalizados según la NTP 272.002 y NTP 833.001, doblados al tamaño A4 conforme a la NTP 833.002 debiendo quedar a la vista el rótulo respectivo donde debe figurar el nombre completo y número de registro del Colegio de Ingenieros del Perú del Profesional Responsable (Ing. Electricista o Ing. Mecánico-Electricista); así como su firma y sello oficial.

De acuerdo a la naturaleza y magnitud del proyecto los planos pueden ser:

- Planos Generales: Para que mediante aplicación de los símbolos gráficos normalizados en electricidad se haga la distribución de las salidas, diagramas unifilares y demás elementos de los diseños del proyecto. El plano debe ser desarrollado en escala 1:50.
- Planos de Conjunto: Para identificar la posición relativa de las distintas partes y/o elementos de un sistema, que por su tamaño sea necesario hacerlo. El plano debe ser desarrollado en escala 1:100, 1:200 ó 1:500.
- Planos de Detalle: Para una mejor identificación o comprensión de algunos elementos o parte de los diseños del proyecto, tales como esquemas generales, planos isométricos etc., sean necesarios. Los detalles deben ser desarrollados en escala 1:20 ó 1.25.

### **Certificado de Habilitación de Proyectos**

Documento emitido por el Consejo Departamental del Colegio de Ingenieros del Perú, por la que certifica que el Profesional que se menciona se encuentra hábil y está autorizado para desarrollar un proyecto de su especialidad.

### **Artículo 6°.- DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

El diseño de instalaciones eléctricas, deberá realizarse de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad.

#### **Artículo 7°.- CONSTRUCCIÓN POR ETAPAS**

Cuando las instalaciones de un proyecto vayan a construirse por etapas se deberá:

- a. Elaborar el proyecto completo, dejando claramente establecido cada una de las etapas.
- b. En el caso que no se pueda definir las cargas de alguna de las etapas, deberá preverse lo necesario y suficiente para atender las futuras etapas tales como: circuitos de reserva en el tablero eléctrico, canalizaciones, etc.

#### **Artículo 8°.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOCALES ESPECIALES SEGÚN EL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD**

Se regirán por lo dispuesto en el Código Nacional de Electricidad, Normas Técnicas y las disposiciones emitidas por las autoridades competentes.

#### **Artículo 9°.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES**

Las instalaciones eléctricas temporales están destinadas a dar suministro de energía eléctrica a actividades temporales.

Las instalaciones eléctricas temporales deberán:

- a. Cumplir con las prescripciones del Código Nacional de Electricidad y Normas DGE de Suministros Provisionales.
- b. Garantizar la seguridad de las personas.
- c. Al concluir la actividad temporal deberá retirarse todas las instalaciones efectuadas.

#### **Artículo 10°.- EQUIPOS PARA SUMINISTROS DE ENERGÍA POR EMERGENCIA**

Los equipos a instalarse deberán cumplir con las prescripciones del Código Nacional de Electricidad. Los locales con afluencia de público, incluyendo los edificios multifamiliares, deberán contar con instalaciones de iluminación de emergencia.

#### **Artículo 11°.- REFERENCIAS NORMATIVAS**

En la presente Norma se hace mención a las siguientes Normas Técnicas Peruanas:

- NTP 272.002 Papeles. Lista de aplicación de los formatos de la serie A INTINTEC.  
NTP 833.001 Dibujo Técnico. Formato de Láminas.  
NTP 833.002 Dibujo Técnico. Plegado de Láminas.

## Tema n.º 3: Memoria descriptiva del proyecto de instalaciones eléctricas (Ferrero, 2019)

### 3.1. Memoria descriptiva de un proyecto

En arquitectura e ingeniería, **se define el proyecto** como el conjunto de documentos tales como memorias, anexos de cálculos, planos, mediciones, presupuestos, pliegos de condiciones, ... , mediante los cuales se define el diseño del proyecto antes de ser realizado.

A lo largo de un proyecto, en la memoria descriptiva, se definen todas las **características fundamentales del proyecto**, los materiales, las instalaciones, las tecnologías empleadas,..., y la justificación técnica del cumplimiento de las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable para cada caso.

### 3.2. ¿Qué tipos de proyectos hay?

En función de la **finalidad del proyecto**, el nivel de detalle del mismo, a que o quien va dirigido, se podrían clasificar los proyectos de la siguiente manera:

- **Estudio previo o de viabilidad.** Son documentos básicos, que generalmente sirve para comprobar que el proyecto sea prioritario (caso de proyectos públicos), que sea técnica y económicamente viable. Se pretende identificar los problemas y obstáculos relacionados con el proyecto y, en el caso de ser viables, buscar posibles fuentes de financiación.
- **Anteproyecto.** Se trata de estudios más completos que en la **fase de estudio previo o de viabilidad**. Consiste en una formulación básica del proyecto y definición de los objetivos; analizar los posibles condicionantes; las distintas soluciones; las alternativas técnicas y valorarlas; estimación detallada del coste de ejecución. Generalmente se incluye un estudio de viabilidad económica.
- **Proyecto básico.** En este caso se realiza una definición precisa del proyecto. Contienen diseños, representación de las soluciones técnicas del proyecto, planos de detalle, anexos técnicos justificativos, especificaciones detalladas, programación temporal de la ejecución del proyecto (Cronograma) y presupuesto detallado. Un **proyecto básico** sirve para la exposición pública, y por tanto, es susceptible de recibir alegaciones que, una aceptadas, se modifica el proyecto dando lugar a un proyecto definitivo de construcción.
- **Proyecto de construcción o proyecto de ejecución.** Son los "proyectos definitivos", contienen los diseños, representación de las soluciones técnicas del proyecto, planos de detalle, anejos técnicos justificativos, especificaciones detalladas, programación temporal de la ejecución del proyecto, presupuesto de ejecución material detallado por partidas. Debe ir firmado por el técnico competente y responsable de la ejecución.
- **Proyecto de licitación, dirección y ejecución de las obras.** Estos proyectos contienen únicamente los detalles necesarios para la ejecución de las obras: Planos de detalles, cálculos, tablas, etc. El técnico firmante será el encargado de dirigir y supervisar que la obra se realiza conforme a lo que figura en el proyecto, de manera que se responsabiliza de dicha obra.

Una parte muy importante de un proyecto, además de las soluciones adoptadas con sus planos, cálculos, anexos,..., es la justificación de normativa aplicable a la obra o instalación. Generalmente en un anteproyecto solamente se nombra la normativa de aplicación; en un **proyecto básico** o en un **proyecto de ejecución** es cuando se realiza una justificación pormenorizada de la normativa y los diferentes aspectos que son de aplicación.

El conocimiento de la normativa vigente de aplicación y su correcta justificación es fundamental a la hora de obtener una licencia de obra o cualquier otra autorización administrativa necesaria para poder iniciar con la **ejecución del proyecto**.

### 3.3. ¿Cuáles son las partes de una memoria descriptiva de un proyecto?

Las partes que deben incluirse en la **memoria descriptiva de un proyecto** dependerán del tipo de proyecto. No es lo mismo una memoria descriptiva de un proyecto básico, un proyecto de ejecución, un proyecto constructivo, un proyecto de detalle, etc.

Sabiendo que la **memoria descriptiva** es un documento informativo que debe contener la descripción y justificación de las soluciones técnicas adoptadas para el proyecto, debe contener tantos capítulos y apartados como divisiones o subdivisiones se hayan adoptado para su realización.

La memoria es el eje o línea central que sirve de base para el **desarrollo del proyecto**, por lo que deberá reflejar los acontecimientos en un orden lógico temporal tanto en las fases de planeamiento como en el proceso productivo; deberá hacer referencia cuantas veces sea preciso al resto de los documentos que componen el proyecto, tales como los anexos y planos, para así facilitar la comprensión del lector.

La extensión del documento de la memoria debe ser tal que su lectura sea clara, concisa, directa y completa.

La memoria se estructurará en tantos capítulos como sea necesario para describir los apartados en que se ha dividido el proyecto.

En la **memoria descriptiva** figuran los textos, dibujos, gráficos, cuadros sinópticos y estadísticas necesarias para su mejor exposición y comprensión.

En la redacción, presentación y diseño, se deberán adoptar los estándares normativos aplicables para el tipo de proyecto en cuestión, intentando que sea lo más claro y conciso posible.

La memoria descriptiva del **proyecto de ejecución de una obra**, además de todos los documentos, anexos, planos y cálculos que definan la obra, se deben incluir un **estudio de seguridad y salud** y los **pliegos de condiciones técnicas** aplicables a la ejecución.

A continuación, se definirá, de manera simple, algunos aspectos que deben incluir las memorias descriptivas de algunos proyectos concretos:

### 3.4. Proyecto de una casa

Puede tratarse de un proyecto de obra de una vivienda de nueva construcción o de la reforma de una vivienda existente. Por ejemplo, la memoria descriptiva de la **reforma de una vivienda** debe incluir, entre otros aspectos, los planos de la vivienda, los cálculos y planos de las instalaciones, los materiales a emplear y el presupuesto de ejecución de la obra.

### 3.5. ¿Qué documentos forman parte de un proyecto?

Los principales documentos que forman parte de un proyecto son:

#### A. Memoria y anexos

## B. Planos

Una manera muy simple y clara de definir un plano es que se trata de una representación gráfica.

## C. Pliegos de condiciones

Un **pliego de condiciones** contiene las relaciones que existirán y que tienen que cumplirse, entre el propietario y el ejecutor de cualquier proyecto, servicio o concesión administrativa. Este documento contiene toda la información necesaria para que el proyecto llegue a ejecutarse de acuerdo con las especificaciones que aparecen en los planos constructivos del mismo, indica las condiciones generales del trabajo, la descripción y características de los materiales a utilizar, los planos constructivos, y la localización de la obra o servicio. También señala los derechos, obligaciones y responsabilidades de las partes que lo suscriben.

Además, señala como debe desarrollarse el trabajo y como se resolverán los conflictos que puedan surgir durante el mismo. Normalmente los pliegos de condiciones más usuales son:

- a. Pliego de **condiciones generales**: se incluye la descripción general del contenido del proyecto, los aspectos normativos, legales y administrativos a considerar por las empresas que intervengan en la ejecución, el listado de planos que componen el proyecto, etc.
- b. Pliegos de **especificaciones técnicas**: dispone de dos apartados perfectamente diferenciados: Las especificaciones de materiales y equipos y las especificaciones de ejecución.
- c. Pliego de **cláusulas administrativas**: se determina la forma de medir las partes ya ejecutadas del proyecto, valorarlas y pagarlas.

## D. Mediciones y presupuesto

Una medición en un proyecto consiste en determinar analíticamente las unidades de obra de todos los elementos necesarios para la **ejecución de la obra**.

El **presupuesto de ejecución material** de un proyecto consiste en determinar analíticamente la valoración de unidades de obra de todos los elementos que componen el proyecto. El importe del presupuesto será el coste que tendrá la ejecución de la obra.

## E. Estudio de Seguridad y Salud

El estudio de seguridad y salud es un documento que debe elaborar el contratista o contratistas de una obra, que contiene las medidas de prevención y protección técnica necesarias para la realización de una obra en las condiciones idóneas de seguridad, salud y protección de riesgos laborales.

Se trata de un estudio que debe tomarse como punto de partida para la elaboración de un documento más completo y desarrollado: el **Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo**, que debe ser elaborado también por el contratista, donde se analizan, estudian, desarrollan y complementan las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en del sistema de ejecución empleado en la obra.

La suma de los dos documentos: el Estudio de Seguridad y Salud y el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo constituyen los elementos esenciales y punto de partida para la planificación preventiva de la obra.

### 3.6. Ejemplos de memoria descriptiva de un proyecto

3.6.1. Memoria descriptiva del diseño y la ejecución de la instalación eléctrica correspondiente a la red de distribución de baja tensión y al alumbrado público del proyecto de la vía pública.

- A. Objeto del proyecto.
- B. Antecedentes y propuesta adoptada.
- C. Emplazamiento.
- D. Reglamentación.
- E. Descripción de la vía pública.
- F. Características y procedencia de la energía de la red de baja tensión
- G. Descripción de la red de baja tensión y acometidas generales.
  - G.1. Red de baja tensión
    - a. Elementos constitutivos de la red de baja tensión
    - b. Materiales.
    - c. Empalmes, terminales y derivaciones.
    - d. Ejecución de las instalaciones.
    - e. Puesta a tierra y continuidad del neutro.
    - f. Detalles de arquetas.
    - g. Prueba de la línea de baja tensión.
  - G.2. Acometida general
- H. Alumbrado público.
  - H.1. Justificación del proyecto.
  - H.2. Dimensiones de las instalaciones.
  - H.3. Equipo reductor de flujo.
  - H.4. Cuadros de protección, medida y control.
  - H.5. Canalizaciones.
  - H.6. Conductores.
  - H.7. Luminarias.
    - a. Soportes de luminarias.
    - b. Instalación eléctrica en el interior de los soportes.
  - H.8. Protección contra contactos directos e indirectos.
  - H.9. Puesta a tierra.
- I. Conclusión.

3.6.2. Memoria descriptiva del diseño de instalaciones eléctricas local principal de la Municipalidad Distrital de Tuman – Potencia contratada 20 kW.

- A. Generalidades
- B. alcance del proyecto
- C. descripción del proyecto
  - C.1. suministro de energía
  - C.2. tablero general y tablero de distribución
  - C.3. alimentador principal y red de alimentadores secundarios
  - C.4. red de iluminación exterior
  - C.5. instalaciones de interiores
- D. puesta a tierra
- E. máxima demanda de potencia
- F. parámetros considerados

- G. código y reglamentos
- H. pruebas
- I. cálculo justificativo
  - I.1. Cálculos de intensidades de corriente
  - I.2. cálculos de caída de tensión

#### Especificaciones técnicas instalaciones eléctricas

- A.** consideraciones generales
- B.** objeto
- C.** sobre los materiales
  - a. conductores eléctricos
    - i. alimentadores a tableros
    - ii. conductores para instalaciones de interiores
  - b. empalmes
  - c. unidades de alumbrado
    - i. unidades de alumbrado exterior
  - d. tablero general
    - i. caja
    - ii. marcos y tapa
    - iii. barras y accesorios
    - iv. interruptores
  - e. tablero de distribución
  - f. electroductos
  - g. cajas de pase para redes exteriores
  - h. cajas para instalaciones interiores
  - i. tomacorrientes
  - j. interruptores unipolares
  - k. interruptor horario
- D.** descripción de partidas redes exteriores
- E.** alimentadores
- F.** instalación de cable nyy
- G.** tablero general
- H.** instalación de tablero general
- I.** puesta a tierra
- J.** instalación de puesta a tierra
- K.** luminarias
- L.** instalación de reflectores
- LL.** instalación de postes metálicos con farolas



## Tema n.º 4: Cálculos eléctricos

En principio, es conveniente aclarar que dimensionar un circuito básicamente implica determinar la sección de todos los conductores del mismo y, a corriente nominal, los dispositivos de protección correspondientes.

En el caso más general, para el dimensionamiento de los conductores eléctricos se deben considerar las etapas que se presentan a continuación:

- Definir la tensión nominal del cable.
- Determinar la corriente de proyecto.
- Elegir el tipo de conductor y la forma de instalación.
- Determinar la sección por el criterio de "capacidad de conducción de corriente".
- Verificar la sección por el criterio de "corriente de cortocircuito".
- Verificar la sección por el criterio de "caída de tensión".
- Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas.

### 4.1. Tensión nominal

La tensión nominal es la que define el cable y debe ser apropiada para las condiciones de operación de la red en la que el mismo va a ser instalado.

### 4.2. Corriente de Proyecto

Es la corriente máxima permanente considerando las potencias nominales de las cargas aplicadas. En caso de existir fluctuaciones de carga importantes, se deberá disponer del diagrama de cargas correspondiente, o sea, la curva de variación de la corriente en función del tiempo.

### 4.3. Cálculo de la capacidad de conducción de corriente

La corriente transportada por un conductor siempre produce pérdidas de energía térmica por efecto Joule. Esa energía se emplea, en parte, para elevar la temperatura del conductor, y el resto se disipa hacia el medio ambiente como calor. Luego de circular corriente durante cierto tiempo, la temperatura del conductor deja de crecer, produciéndose el "equilibrio térmico" del mismo.

La corriente que, circulando continuamente por el conductor, produce el equilibrio térmico a la temperatura máxima de servicio continuo, se denomina "capacidad de conducción de corriente".

Una vez conocida esta, se determina la sección por el criterio de "intensidad máxima admisible por calentamiento" o bien, dada la complejidad de estos cálculos, se recurre a las tablas incluidas en las hojas técnicas proporcionadas por los fabricantes de cables

### 4.4. Cálculo de la sección del conductor alimentador – baja tensión - BT

#### A. Por capacidad

$$I_N = \frac{DM}{k.V.Cos\varphi}$$

## B. Por caída de tensión

$$\text{Monofásico } \Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot \rho \cdot L}{S}$$

$$\text{Trifásico } \Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot \rho \cdot L}{S}$$

Donde:

$I_N$  : Es la corriente a transmitir por el conductor alimentador en Amperios

$DM$  : Suma de las máximas demandas parciales dadas en Watts

$V$  : Tensión de servicio en voltios

$k$  : Factor que depende del suministro, así se tiene:

- Para monofásico  $k=1$

- Para trifásico  $k=\sqrt{3}$

$\text{Cos}\phi$  : Factor de potencia estimado (residencias se considera un valor de 0,9)

$\Delta V$  : Caída de tensión desde el principio hasta el final en voltios (CNE  $\pm 5\%$  y urbanos-rurales y/o rurales es hasta  $\pm 7,5\%$ )

$\rho$  : Resistividad del conductor

$L$  : Longitud de la línea en metros

$S$  : Sección del conductor en mm

Tabla 13  
Resistividad de metales

Material	Resistividad (en 20 °C-25 °C) ( $\Omega$ m).
Plata	$1,59 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,71 \times 10^{-8}$
Oro	$2,35 \times 10^{-8}$
Aluminio	$2,82 \times 10^{-8}$
Níquel	$6,40 \times 10^{-8}$
Hierro	$8,90 \times 10^{-8}$
Platino	$10,60 \times 10^{-8}$
Estaño	$11,50 \times 10^{-8}$

## 4.5. Calculo de la sección del conductor alimentador – media tensión - MT

### A. Verificación de la corriente de cortocircuito

A continuación, se debe verificar la viabilidad de la sección calculada de acuerdo a las secciones admisibles en cortocircuito. Las mismas surgen de las tablas de los fabricantes o bien se debe verificar la siguiente desigualdad:

$$(I_{cc} \cdot \text{SQRT}(t) / K) \leq S$$

Donde K es un coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de

sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito,  $t$  es el tiempo de desconexión y  $S$  es la sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .

$K = 115$  en cables de cobre aislados en PVC

$K = 74$  en cables de aluminio aislados en PVC

$K = 143$  en cables de cobre aislados en XLPE

$K = 92$  en cables de aluminio aislados en XLPE

## B. Verificación de la caída de tensión

La caída de tensión se origina porque el conductor presenta una resistencia al pasaje de la corriente que es función del material, la longitud y la sección; por ello, la sección calculada debe verificarse por caída de tensión en la línea, en base a las siguientes fórmulas aproximadas:

Para circuitos monofásicos:

$$\Delta V \% = 2 \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varnothing + X \cdot \text{Sen } \varnothing) \cdot 100$$

$V_f$

Para circuitos trifásicos:

$$\Delta V \% = 1,73 \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varnothing + X \cdot \text{Sen } \varnothing) \cdot 100$$

$V_L$

Donde:

$\Delta V$  = la caída de tensión en %,

$V_f$  = la tensión de fase (V),

$V_L$  = la tensión de línea (V),

$L$  = la longitud del circuito (km),

$I$  = la intensidad de corriente de fase del tramo del circuito (A),

$R$  = la resistencia del conductor (ohm / km) en C.A. a la temperatura de servicio.

$X$  = la reactancia del conductor (ohm / km)

$\cos \varnothing$  = el factor de potencia de la instalación.

## C. Calculo de la reactancia inductiva

La reactancia inductiva ( $X_L$ ) es la capacidad que tiene un inductor para reducir la corriente en un circuito de corriente alterna.

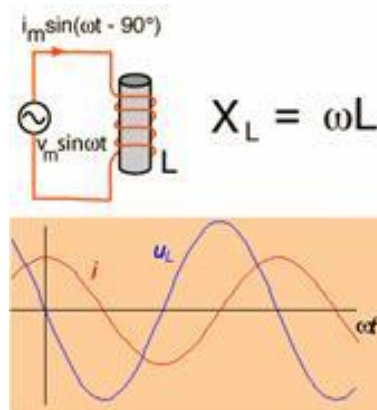


Figura 10. Reactancia inductiva

De acuerdo con la Ley de Lenz, la acción de un inductor es tal que se opone a cualquier cambio en la corriente. Como la corriente alterna cambia constantemente, un inductor se opone de igual manera a ello, por lo que reduce la corriente en un circuito de corriente alterna.

A medida que aumenta el valor de la inductancia, mayor es la reducción de la corriente. De igual manera, como las corrientes de alta frecuencia cambian más rápido que las de baja, mientras mayor sea la frecuencia mayor será el efecto de reducción. Donde la capacidad de un inductor para reducirla es directamente proporcional a la inductancia y a la frecuencia de la corriente alterna. Este efecto de la inductancia (reducir la corriente), se puede comparar en parte al que produce una resistencia. Sin embargo, como una resistencia real produce energía calorífica al circular una corriente eléctrica por ella, para diferenciarlas se le denomina reactancia inductiva al efecto provocado por la inductancia.

La reactancia de una bobina es inversamente proporcional a dos factores: la capacitancia y la frecuencia del voltaje aplicado. Su expresión matemática es:

$$X_L = 2 \pi f L$$

Donde

- **$X_L$**  = Reactancia inductiva, en ( $\Omega$ ) Ohmios
- **$\pi$**  = constante 3,1416 radianes
- **$f$**  = Frecuencia en Hertz
- **$L$**  = Inductancia en Henrys

Conductores al tresbolillo



Figura 11. Tres cables unipolares

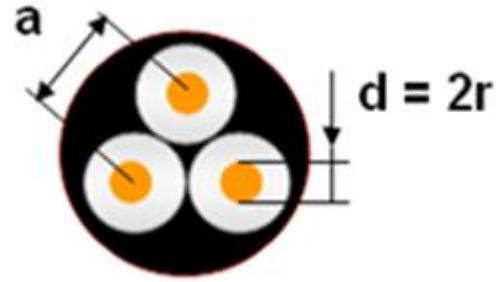


Figura 12. Un cable tripolar

En todos los casos las variables son:

$$L = [4,6 \cdot \log(a/r) + 0,5] \cdot 10^{-4} \text{ [H/km]}$$

$a$  = distancia entre ejes de los conductores en mm

$r$  = radio de conductor en mm

Conductores en un mismo plano – paralelos

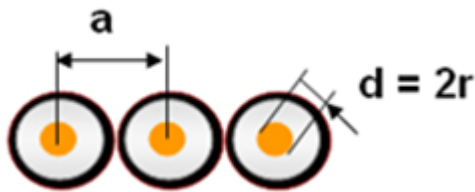


Figura 13. Conductores en un mismo plano

$$L = [4,6 \cdot \log(a/r) + 0,96] \cdot 10^{-4} \text{ [H/km]}$$

$a$  = distancia entre ejes de los conductores en mm

$r$  = radio de conductor en mm

Dos conductores

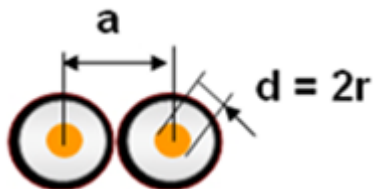


Figura 14. Dos conductores

$$L = [9,2 \cdot \log(a/r) + 1] \cdot 10^{-4} \text{ [H/km]}$$

$a$  = distancia entre ejes de los conductores en mm

$r$  = radio de conductor en mm

Por ejemplo, si tuviéramos un tendido con 3 cables unipolares de cobre Afumex 1000 V Iris Tech (As) de 1x95

Tomando los datos necesarios que aparecen en nuestro catálogo:



Diámetro exterior del cable =  $a = 17,9$  mm

Diámetro del conductor =  $2r = 15,1$  mm, entonces el radio  $r = 7,6$  mm

Sustituyendo en la fórmula de cables al tresbolillo:

$$L = [4,6 \times \text{Log}(17,9/7,6) + 0,5] \cdot 10^{-4} = 2,21 \cdot 10^{-4} \text{ H/km}$$

Y, por tanto, la reactancia inductiva a 60 Hz quedaría:

$$x_L = \omega L = 2\pi f L = 2\pi(60)(2,21 \cdot 10^{-4})$$

$$x_L = 0,0833 \Omega/\text{km}$$

La caída de tensión provocada por el pasaje de corriente en los conductores de un circuito debe mantenerse dentro de los límites prefijados por las normas de aplicación, a fin de no perjudicar el funcionamiento de los equipos alimentados por los mismos. La caída de tensión se considera entre el origen de la instalación y el último punto de utilización.

Según la reglamentación del Código Nacional de Electricidad – Suministro la Tolerancias de la variación de la tensión en el punto de entrega de energía y a la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales es de  $\Delta V = \pm 6\%$ .

Calcular la sección en media tensión MT utilizando los datos de las tablas siguientes:

$S = 10$  MVA Potencia aparente.

$V = 15$  kV tensión entre fases (tensión nominal del cable 8,7/15 kV)

$\text{Cos}\phi = 0,8$

$L = 2$  km Longitud de la línea

Una terna de cables de Cu unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación mayor o igual a 7 cm, temperatura del terreno  $20^\circ$  C y resistividad del suelo 1 km/W.

Profundidad de la instalación 700 mm

3 Cables unipolares en forma tripolar tendidos, agrupados en triangulo, en contacto.

Utilizar el N2YSY INDECO (ver tablas).

Potencia Aparente

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

Caída de tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot [R \cos \varphi + X_L \sin \varphi]$$

### **N2YSY unipolar**

#### **Normas de fabricación**

Itintec 370.050,

Iec 502

#### **Tensión de servicio**

6kv, 10 kv, 15kv

#### **Temperatura de operación**

75°C

#### **Descripción**

Conductores de cobre electrolítico recocido, cableado concéntrico comprimido o compactado. Semiconductor de cintas o extruido sobre el conductor. Aislamiento de polietileno termoplástico. Pantalla: semiconductor de cintas o extruida y cinta de cobre. Barrera térmica de poliéster. Cubierta exterior de PVC color rojo.

#### **Usos**

En distribución y subtransmisión. Como alimentadores de transformadores en subestaciones. En centrales eléctricas, instalaciones industriales y de maniobra, en urbanizaciones e instalaciones mineras puede instalarse en charolas, en ductos subterráneos o directamente enterrados y en instalaciones de difícil tendido, en desniveles muy pronunciados o instalaciones verticales.

#### **Características**

Inmejorables características dieléctricas. Resistente a ácidos, grasas. Aceites y a la abrasión. No propaga la llama. Fácil de instalar con uniones y terminales sencillos.

#### **Embalaje**

En carretes de madera en longitudes requeridas

#### **Colores**

Aislamiento : natural cubierta . Rojo

#### **Calibre**

10 - 500 mm<sup>2</sup>



## 4.6. Tubos Conduit

### A. Tubos de Acero para Instalaciones Eléctricas

Los tubos para instalaciones eléctricas son utilizados para el pasaje de conductores eléctricos en las instalaciones eléctricas de viviendas, edificios, plantas industriales y comerciales. Se utilizan también para el pasaje de conductores eléctricos en instalaciones resistentes al fuego y a explosiones en industrias químicas y petroquímicas, estaciones de servicio y fábricas en general.

Estos tubos se proveen roscados y con cupla. El recubrimiento de Zn tiene en su exterior una capa de 250 grs/m<sup>2</sup> mínimo.

### B. Norma Utilizada

Tubo conduit fabricado según norma interna basada en ANSI C80.1.

Tabla con medida de canos y Tabla con especificaciones de la norma.

Los tubos y las tuberías constituyen el medio de canalización de los conductores más ampliamente utilizado en las diversas formas de instalaciones eléctricas.

Estos cumplen las funciones de alojar y proteger contra el deterioro y la contaminación toda clase de conductores.

## 4.7. Clases de tubos



Figura 15. Tubo (conduit) no metálico rígido

se fabrica en diversos materiales como fibra, fibrocemento, cloruro de polivinilo rígido (PVC) y polietileno reticulado, entre otros.

### A. Tubería eléctrica plegable no metálica

Se usa en edificios que no superen los tres pisos de altura y no se debe de usar en diámetros comerciales inferiores a ½ pulgada, debe de estar rotulada cada 3 metros como mínimo.

### B. Tubería y accesorios de PVC

mediante resolución 224 del 17 de enero del 2001 la superintendencia de industria y comercio estableció los colores en los que debe ser producida y



comercializada los accesorios en PVC y CPVC, atendiendo la norma técnica colombiana, la tubería PVC para alojar y proteger conductores eléctricos y telefónicos debe ser de color verde.

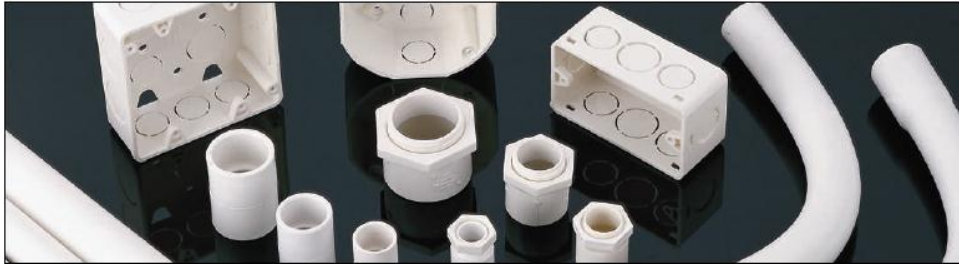


Figura 16. Tubería y accesorios de PVC

### C. Tubería conduit subterránea no metálica con conductores

Se permite solamente el uso de esta tubería en instalaciones directamente enterradas y no debe de usarse en el interior de edificaciones, además se permite el uso de esta tubería en todas las condiciones atmosféricas y ocupaciones.

### D. Tubo conduit metálico rígido NTC 171

Se permite el uso de esta tubería en todas las condiciones atmosféricas y ocupaciones solo si la tubería y sus accesorios están protegidos por esmaltes anticorrosivos y evitar al máximo el contacto con otros metales.



Figura 17. Tubo conduit de metal

### E. Tubo conduit rígido no metálico

Se permite el uso de esta tubería en lugares ocultos como paredes, pisos y techos y en lugares mojados.

### F. Tubería eléctrica metálica NTC 105 (tipo EMT)

Se permite el uso de esta tubería en todas las condiciones atmosféricas y ocupaciones siempre y cuando la tubería y accesorios estén protegidos por esmaltes contra la corrosión además se permite la instalación de tuberías eléctricas, codos, acoplamiento y accesorios de metales ferrosos o no ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas expuestas a ambientes corrosivos graves.

### G. Tubería metálica flexible

Se permite su uso en lugares secos, ocultos y en lugares accesibles.

### H. Tubería eléctrica plegable no metálica

Se usa en edificios que no superen los tres pisos de altura y no se debe de usar en diámetros comerciales inferiores a ½ pulgada, debe de estar rotulada cada 3 metros como mínimo.

### I. Tubería y accesorios de PVC

Mediante resolución 224 del 17 de enero del 2001 la superintendencia de industria y comercio estableció los colores en los que debe ser producida y comercializada los accesorios en PVC Y CPVC, atendiendo la norma técnica colombiana.

No se debe de usar en lugares húmedos, en cuartos de almacenamiento de tuberías, en lugares peligrosos o en tramos de más de más de 1.80m.

### J. Tubo conduit de metal flexible

Se permite su uso en lugares expuestos y ocultos. No se permite su uso en lugares mojados, huecos de ascensores, cuartos de baterías.

## 4.8. Número de conductores en un tubo conduit

Normalmente los conductores en las instalaciones eléctricas, se encuentran alojados ya sea en tubos conduit o en otros tipos de canalizaciones. Como se ha mencionado, los conductores están limitados en su capacidad de conducción de corriente por el calentamiento, debido a las limitaciones que se tienen en la disipación de calor y a que el aislamiento mismo presenta también limitaciones de tipo térmico.

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que, permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento de aire necesaria para disipar el calor, se debe establecer la relación adecuada entre la sección del tubo y la de los conductores, para esto, se puede proceder en la forma siguiente:

Si **A** es el área interior del tubo en mm<sup>2</sup> o pulg<sup>2</sup> y **Ac** el área total de los conductores, el factor de relleno es:

$$F = \frac{A_c}{A}$$

Este factor (**F**) de relleno tiene los siguientes valores establecidos para instalaciones en tubos conduit:

F = 53% para un conductor

F = 51% para dos conductores

F = 43% para tres conductores

F = 40% para cuatro o más conductores

### Ejemplo

Calcular el tamaño de tubo conduit requerido para alojar:

- 4 conductores del No. 6 AWG
- 6 conductores del No. 10 AWG tipo THW.

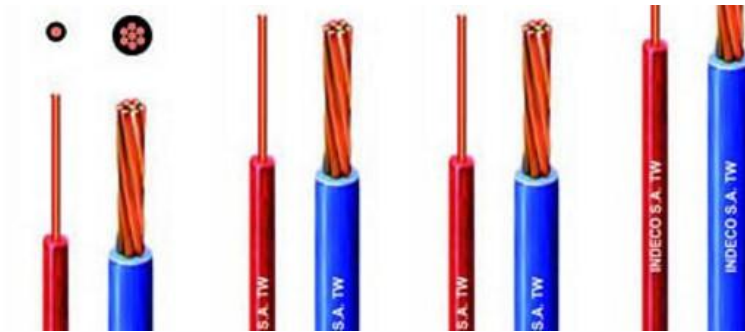


Figura 18. Calibres de los conductores

Con los datos de la Tabla 14 se puede elaborar la siguiente tabla de información:

Conductor calibre AWG	Número de conductores	Área por conductor mm <sup>2</sup>	Área total mm <sup>2</sup>
6	4	13.3	53.2
10	6	5.26	31.56
	TOTAL= 10 conductores	AREA TOTAL	84.76

El total son 10 conductores por lo que se usa el factor de relleno de 40% y el área total requerida, sería:

$$A = A_c / F = 84.76 / 40\% = 211.9 \text{ mm}^2$$

De la Tabla 15 en la columna de área disponible para conductores (40%), se encuentra 221.9 mm<sup>2</sup> que corresponde a tubo de 25 mm (1 pulg.) de diámetro.

Y para la norma extranjera:

$$A = A_c / F = 84.76 / 30\% = 282.53 \text{ mm}^2$$

De la Tabla 15 en la columna de área disponible para conductores (30%), se encuentra 282.53 mm<sup>2</sup> que corresponde a tubo de 32 mm (1 1/4 pulg.) de diámetro.

Tabla 14

Capacidades de conducción de corriente, para cables de cobre VINICON LS alta

capacidad, tipo THW/THHW

Calibre del conductor AWG – MCM	Instalaciones en tubo 3			Instalaciones al aire libre 3		
	Sección transversal mm <sup>2</sup>	conductores unipolares o un cable tripolar Amperios	Un cable bipolar Amperios	Un cable unipolar Amperios	Un cable bipolar Amperios	conductores unipolares o un cable tripolar Amperios
22	0.324	3	3	5	4	4
20	0.0517	5	6	8	7	6
18	0.821	7	8	10	9	8
16	1.31	10	11	15	14	13
14	2.08	15	27	20	18	17
12	3.31	20	21	25	23	22
10	5.26	30	30	40	35	33
8	8.37	40	40	55	48	45
6	13.30	55	55	80	68	63
4	21.15	70	---	105	---	87
2	33.63	95	---	140	---	119
1	42.41	110	---	165	---	145
1/0	53.51	125	---	195	---	155
2/0	67.44	145	---	225	---	180
3/0	85.02	165	---	260	---	210
4/0	107.2	195	---	300	---	240
250	126.7	215	---	340	---	265
300	152.0	240	---	375	---	300
350	177.4	260	---	420	---	330
400	202.7	280	---	455	---	360
500	253.4	320	---	515	---	415
600	304.0	355	---	575	---	450
750	380.0	400	---	655	---	515
1000	506.7	455	---	780	---	600

Tabla 15  
Dimensiones de tubo conduit y área disponible para los conductores

DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO INTERIOR	AREA INTERIOR TOTAL	AREA DISPONIBLE PARA CONDUCTORES (mm) <sup>2</sup>	
mm	pulg.	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	40% (PARA 3 CONDUCTORES O MAS)	30% (PARA 2 CONDUCTORES)
13	1/2	15.81*	196	78	59
19	3/4	21.30*	356	142	107
25	1	26.50*	552	221	166
32	1 1/4	35.31*	979	392	294
38	1 1/2	41.16*	1 331	532	399
51	2	52.76*	2 186	876	656
63	2 1/2	62.71**	3 088	1 235	926
76	3	77.93**	4 769	1 908	1 431
89	3 1/2	90.12**	6 378	2 551	1 913
102	4	102.26**	8 213	3 285	2 464

\* Corresponde al tubo metálico tipo ligero

\*\* Corresponde al tubo metálico tipo pesado

Tabla 15

Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
T, TW y THW	14*	9	16	25	45	61					
	14	8	14	22	39	54					
	12*	7	12	20	35	48	78				
	12	6	11	17	30	41	68				
	10*	5	10	15	27	37	61				
	10	4	8	13	23	32	52				
RHW y RHH (SIN CUBIERTA EXTERIOR)	8	2	4	7	13	17	28	40			
	14*	6	10	16	29	40	65				
	14	5	9	15	26	36	59				
	12*	4	8	13	24	33	54				
	12	4	7	12	21	29	47				
	10*	4	7	11	19	26	43	61			
T, TW y THW RHW y RHH (SIN CUBIERTA EXTERIOR)	10	3	6	9	17	23	38	53			
	8	1	3	5	10	13	22	32	49		
	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
	1/0	-	1	1	2	3	5	8	12	16	21
	2/0	-	1	1	1	3	5	7	10	14	18
	3/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	4/0	-	-	1	1	1	3	5	7	10	13
	250	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10
300	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9	
350	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8	
400	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7	
500	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6	

Tabla 16

Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)																		
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102									
RHW y RHH (con cubierta exterior)	14*	3	6	10	18	25	41	58												
	14	3	6	9	17	23	38	53												
	12*	3	5	9	16	21	35	50												
	12	3	5	8	14	19	32	45												
	10*	2	4	7	13	18	29	41												
	10	2	4	6	12	16	26	37												
	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47										
	6	1	1	2	5	7	11	15	24	32	41									
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31									
	2	-	1	1	3	4	7	9	14	19	24									
	1/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	16									
	2/0	-	-	1	1	2	3	5	8	11	14									
	3/0	-	-	1	1	1	3	4	7	9	12									
	4/0	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10									
	250	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8									
	300	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7									
	350	-	-	-	1	1	1	2	4	5	6									
	400	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6									
	500	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5									
	THWN y THHN	14*	13	24	37	66														
14		11	20	32	57															
12*		10	18	28	49	67														
12		8	15	23	42	57														
10*		6	11	18	32	43	71													
10		5	9	15	26	36	59													
8		3	5	9	15	21	35	49												
6		2	4	6	11	15	25	36	56											
4		1	2	4	7	9	16	22	34	46										
2		1	1	3	5	7	11	16	25	33	42									
1/0		-	1	1	3	4	7	10	15	20	26									
2/0		-	1	1	2	3	6	8	13	17	22									
3/0		-	1	1	1	3	5	7	11	14	18									
4/0		-	-	1	1	2	4	6	9	12	15									
250		-	-	1	1	1	3	4	7	10	12									
300		-	-	1	1	1	3	4	6	8	11									
350		-	-	-	1	1	2	3	5	7	9									
400		-	-	-	1	1	1	3	5	6	8									
500		-	-	-	1	1	1	2	4	5	7									

\* Alambres

Notas:

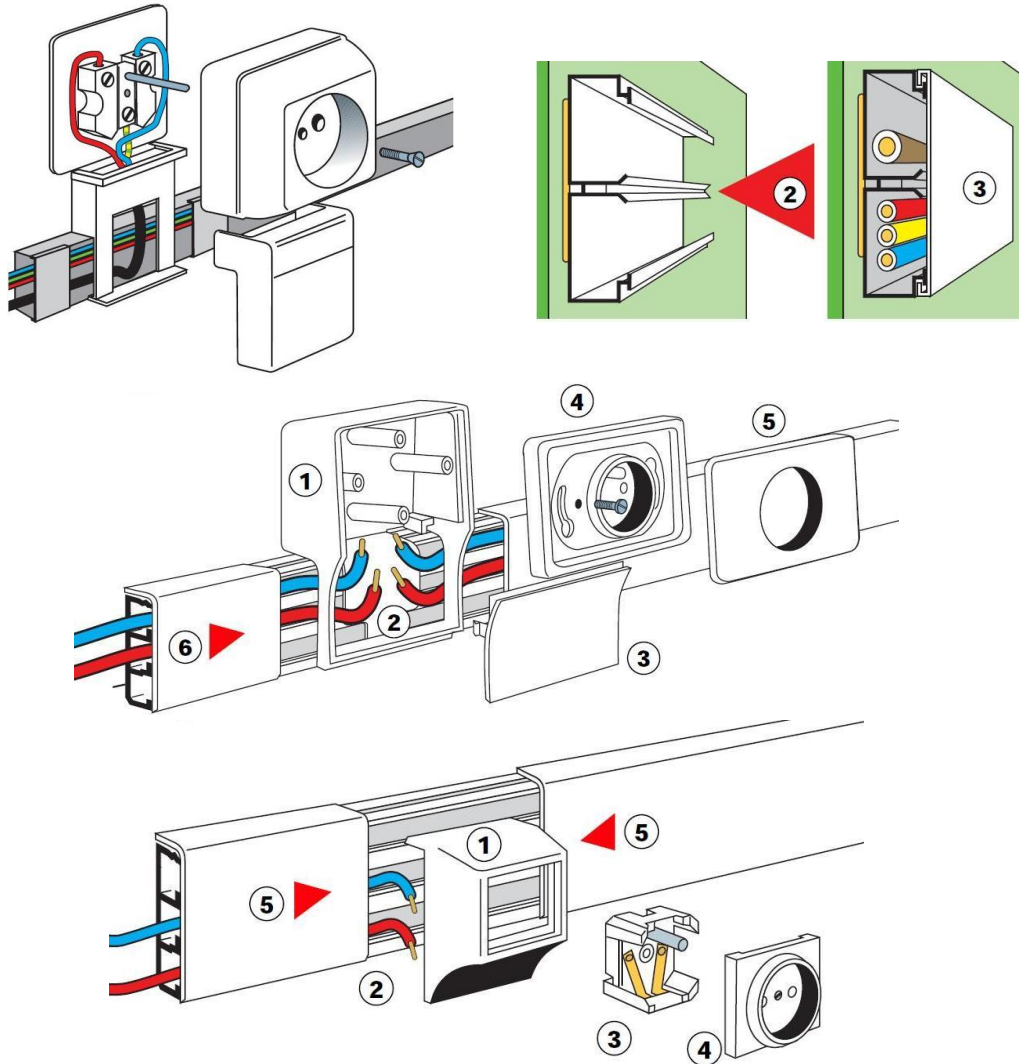
- Esta tabla está basada en factores de relleno de 40% para 3 conductores o más, 30% para 2 conductores y 55% en el caso de un solo conductor.
- Debe tenerse en cuenta que, para más de 3 conductores en un tubo, la capacidad de corriente permisible en los mismos se ve reducida.

#### 4.9. Canaletas

Son molduras cóncavas regularmente de forma rectangular o cuadrada usadas para cubrir los conductores que quedan a la vista.

Se usan principalmente en oficinas y en lugares donde el diseño varía con mucha frecuencia.

Las encontramos con o sin divisiones, con o sin adhesivo, todo de acuerdo a la necesidad que tengamos.



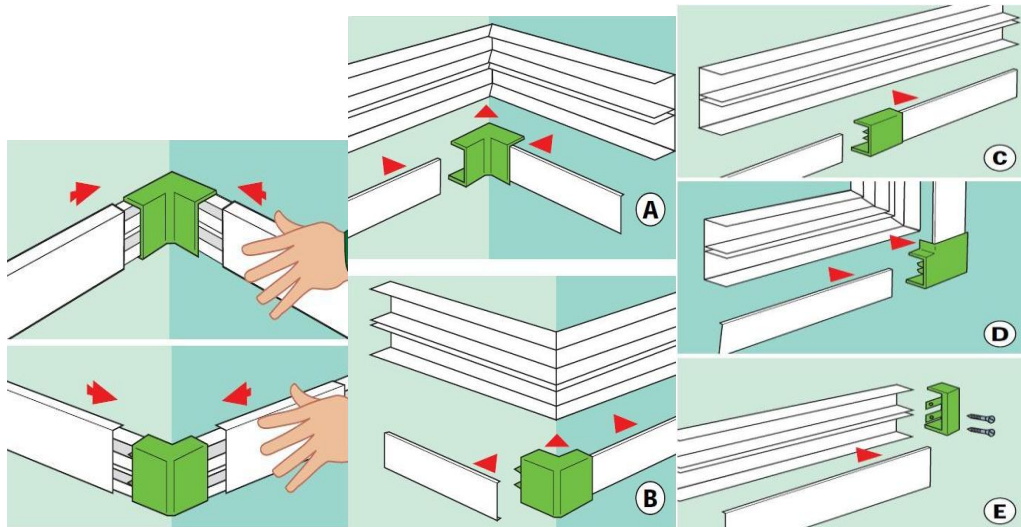


Figura 19. Instalaciones en canaletas

## Tema n.º 5: Tipos de planos, esquemas y diagramas unifilares

### 5.1. Tipos de planos

Información de planos eléctricos para nuevo servicio o aumento de carga en edificaciones y para proyectos de media tensión.

Aplica para todo tipo de proyecto (residencial, comercial, industrial).

- Media tensión.
- Urbanizaciones.
- Sistemas eléctricos trifásicos.
- Alimentaciones eléctricas subterráneas.
- Sistemas eléctricos monofásicos con interruptor principal de 200 amperios o más.

Planos

- Croquis de ubicación
- Vista de planta del proyecto a escala visible
- Proyecto de la instalación eléctrica de planta con todos los elementos
- Diagrama unifilar
- Distribución de cargas
- Simbología
- Diagrama de alimentadores
- Puesta a tierra
- Materiales



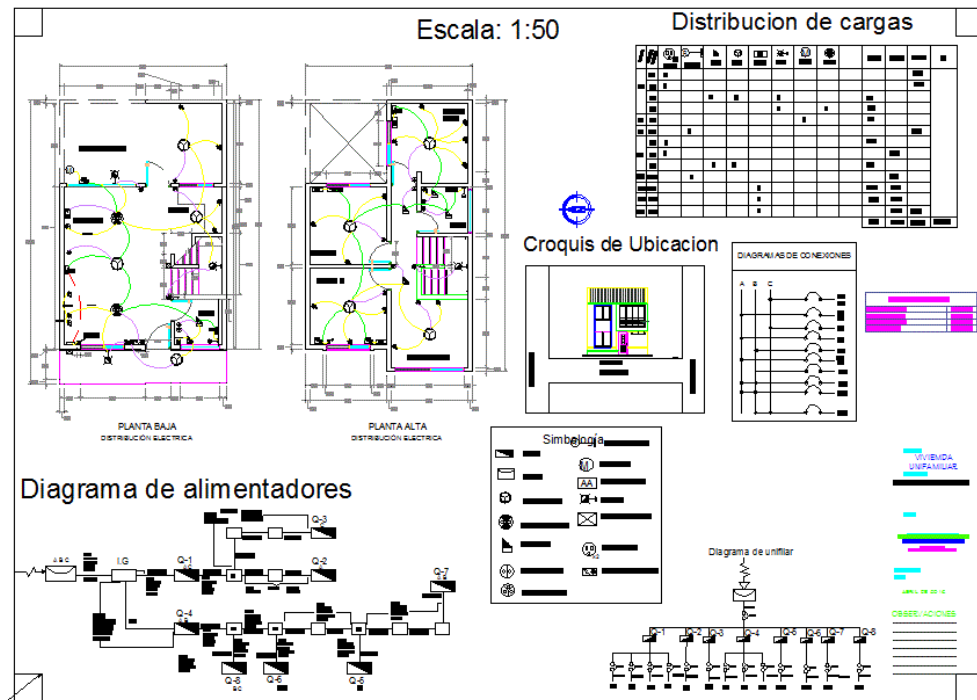


Figura 20. Elementos de los planos eléctricos

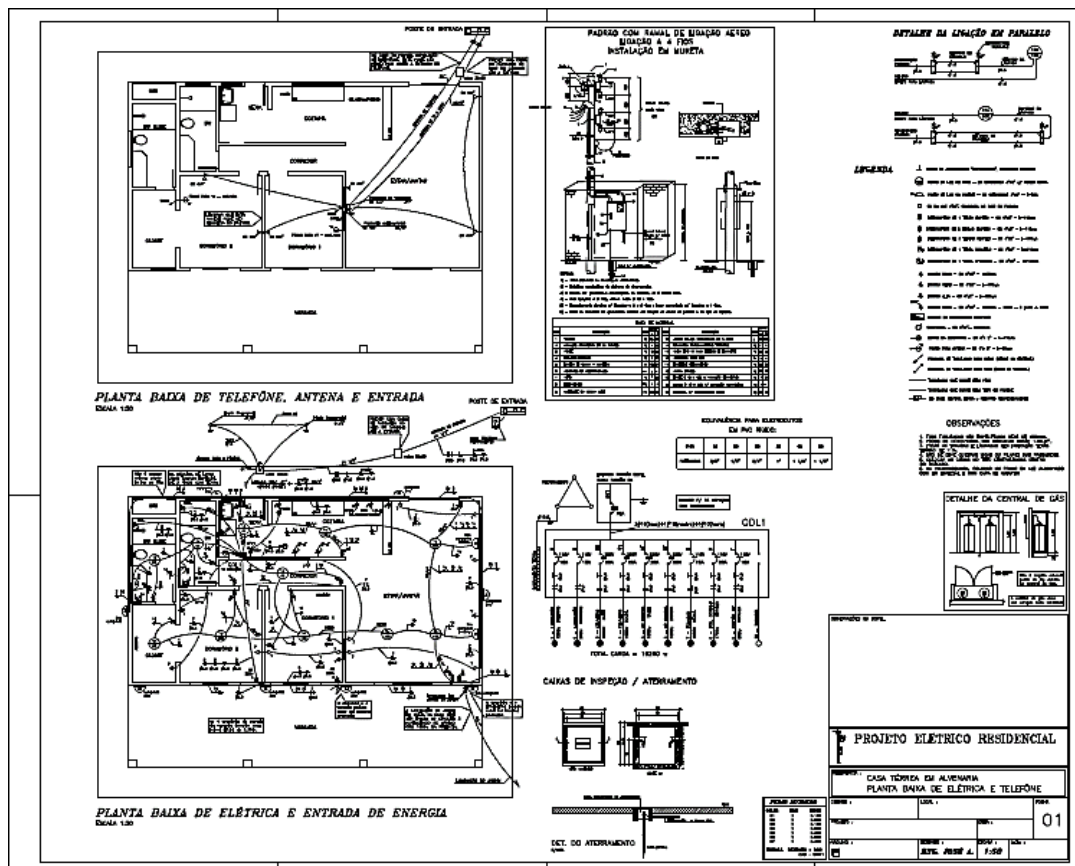


Figura 21. Elementos de los planos eléctricos

## 5.2. Esquemas de instalaciones eléctricas

Cuando se quiere representar un circuito eléctrico, se hace mediante un **esquema**. Un esquema es un dibujo simplificado en el que los distintos elementos del circuito se representan mediante **símbolos normalizados**. Los símbolos normalizados son dibujos simples ya consensuados y regulados mediante normas específicas. No necesariamente se parecen al elemento que representan.

El esquema que se realice empleando símbolos normalizados puede ser interpretado por personas de cualquier país.

**Diagrama Práctico de un Tablero Principal**

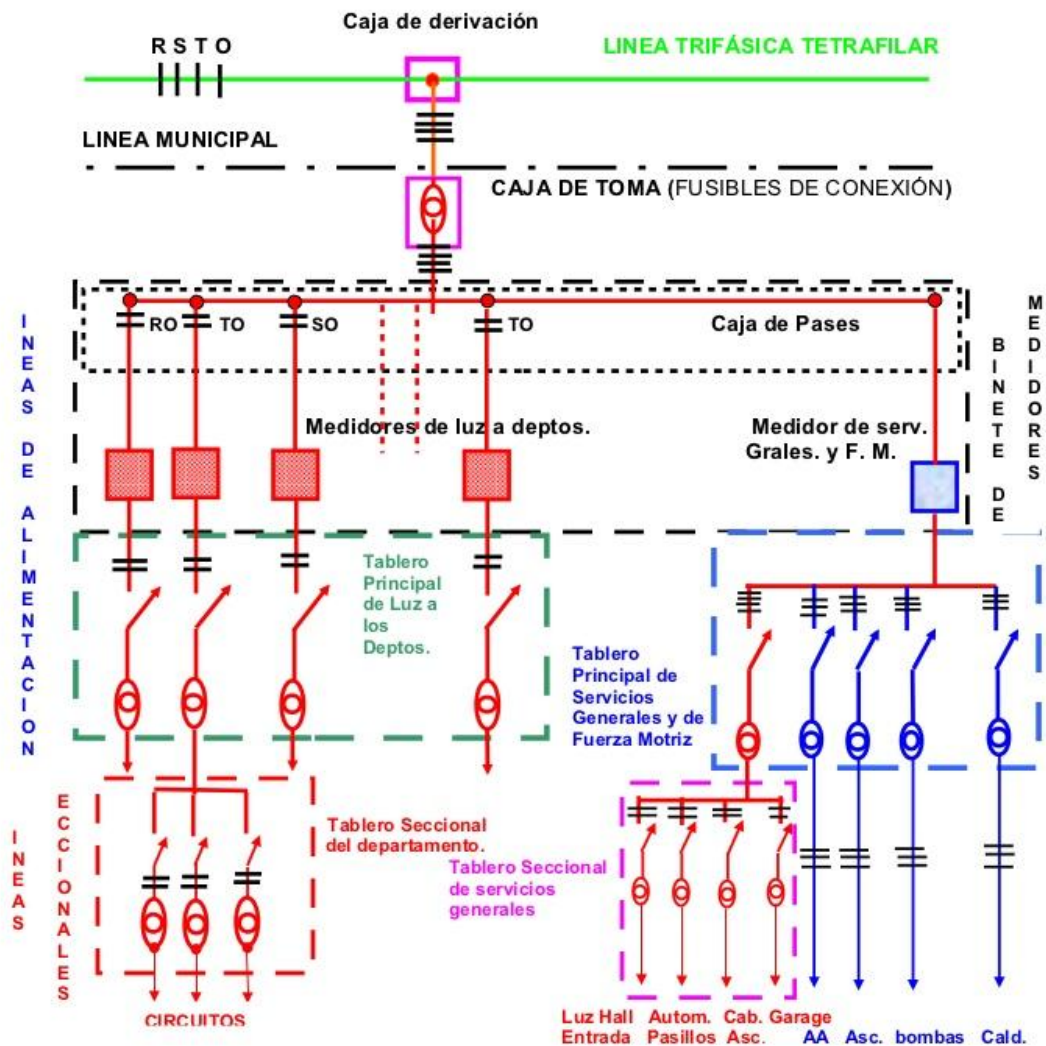


Figura 22. Esquema tablero principal

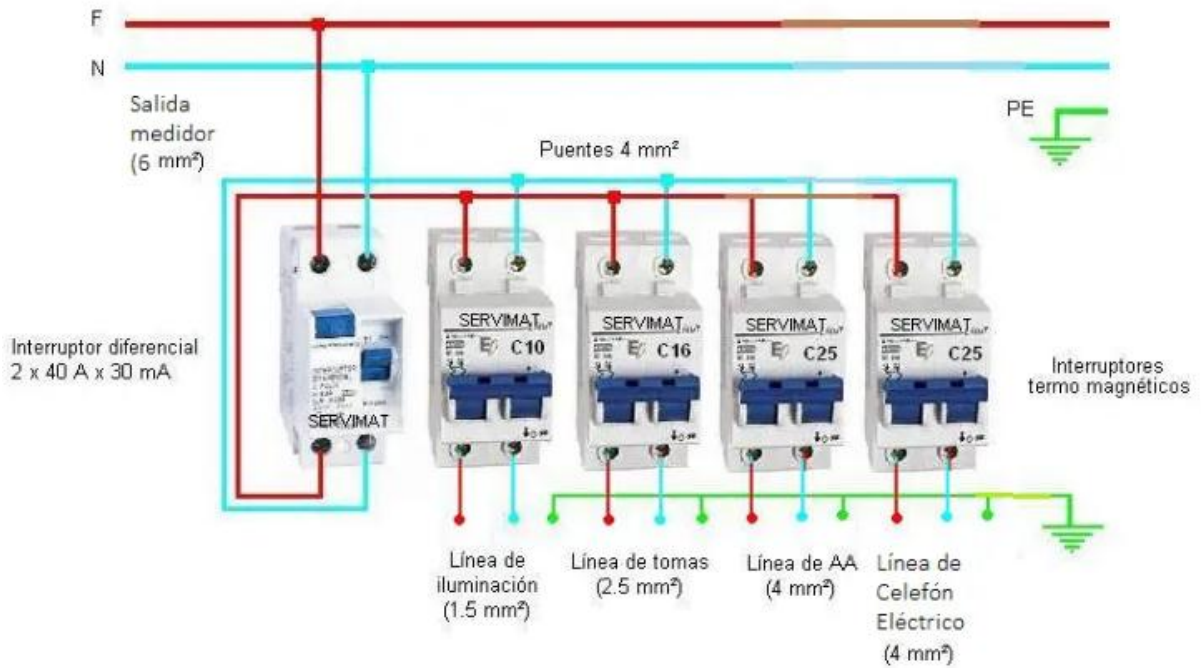


Figura 23. Esquema tablero secundario

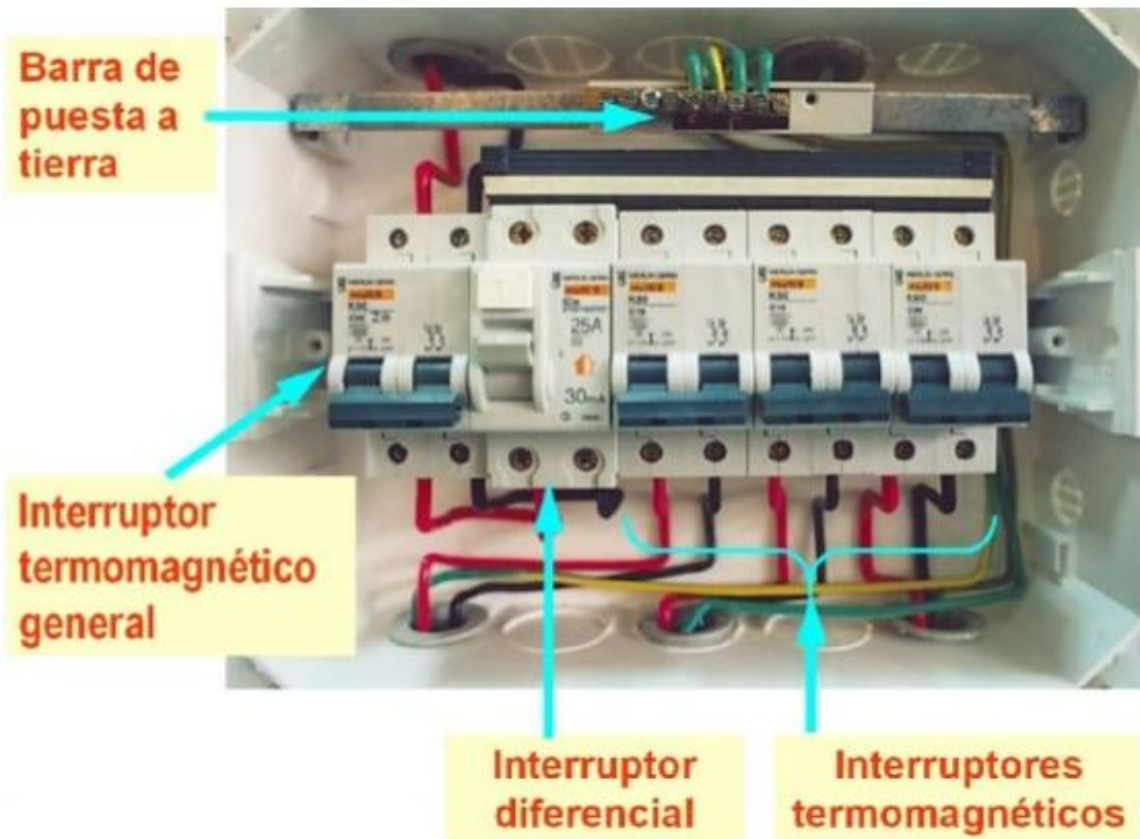


Figura 24. Esquema tablero domiciliario

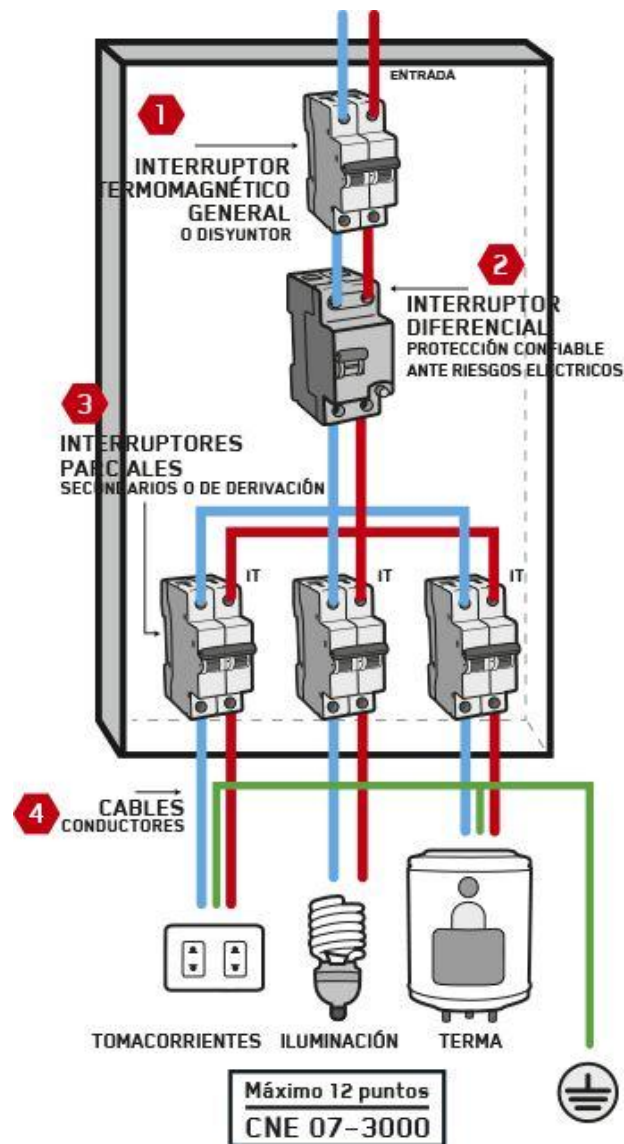


Figura 25. Esquema domiciliario de conexión de tres circuitos

### 5.3. Diagramas unifilares

UNIFILAR se refiere a una sola línea para indicar conexiones entre diferentes elementos, tanto de conducción como de protección y control.

Los diagramas son muy útiles cuando se trata de interpretar de manera sencilla por donde se conduce y hasta donde llega la electricidad. Generalmente incluyen dispositivos de control, de protección y de medición, aunque no se limiten solo a ellos.

El uso de Diagramas Unifilares se recomienda en planos de Instalaciones Eléctricas de todo tipo, sobre todo cuando estas incluyen varios circuitos o ramales. Se complementan de manera esencial con los Diagramas de Conexiones. Con ambos esquemas quien realiza una instalación eléctrica sabe perfectamente por donde “tender” cada uno de los conductores físicamente.

No existe una Norma Oficial respecto de la elaboración de estos diagramas, por lo tanto la forma de hacerlos se deja prácticamente a criterio del técnico electricista, pero si, respetando siempre la simbología oficial en materia de Instalaciones Eléctricas. Puedes hacerlos en forma vertical (como en la figura) o bien horizontalmente.

Para el caso, te muestro dos formas de diagramas unifilares que esencialmente significan lo mismo. Seguramente si investigas en internet encontrarás más formas con variaciones tanto en símbolos como en su diseño.

Los elementos más básicos esenciales:

- Acometida.
- Medidor
- registro
- waththorimetro o kilowatthorimetro
- interruptores de seguridad
- interruptor principal o interruptor general
- centro de carga o tablero de distribución

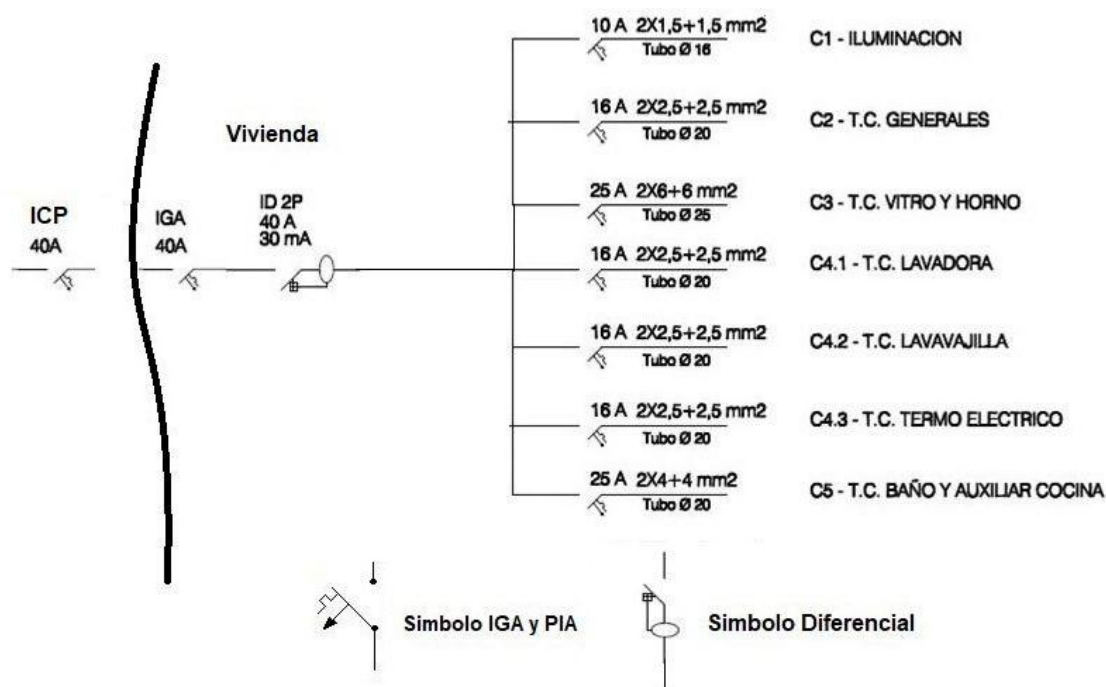


Figura 26. Esquema eléctrico de una vivienda grado básico – cuadro general de mando y protección



## 5.2. Formatos de los planos

Se llama formato a la hoja de papel en que se realiza un dibujo, cuya forma y dimensiones en mm. están normalizados. En la norma UNE 1026-2 83 Parte 2, equivalente a la ISO 5457, se especifican las características de los formatos.

Las dimensiones de los formatos responden a las reglas de doblado, semejanza y referencia. Según las cuales:

- Un formato se obtiene por doblado transversal del inmediato superior.
- La relación entre los lados de un formato es igual a la relación existente entre el lado de un cuadrado y su diagonal, es decir  $1/\sqrt{2}$ .
- Y finalmente para la obtención de los formatos se parte de un formato base de  $1 \text{ m}^2$ .

Aplicando estas tres reglas, se determina las dimensiones del formato base llamado A0 cuyas dimensiones serían  $1189 \times 841 \text{ mm}$ .

El resto de formatos de la serie A, se obtendrán por doblados sucesivos del formato A0.

La norma establece para sobres, carpetas, archivadores, etc. dos series auxiliares B y C.

Las dimensiones de los formatos de la serie B, se obtienen como media geométrica de los lados homólogos de dos formatos sucesivos de la serie A.

$$x = \sqrt{1188 \times 841} = 1000 \text{ mm}$$

$$y = x\sqrt{2} \approx 1414 \text{ mm}$$

Los de la serie C, se obtienen como media geométrica de los lados homólogos de los correspondientes de la serie A y B.

$$x = \sqrt{841} \times 1000 = 917 \text{ mm}$$

$$y = x\sqrt{2} = 1297 \text{ mm}$$

	Serie A		Serie B		Serie C
A0	841 x 1189	B0	1000 x 1414	C0	917 x 1297
A1	594 x 841	B1	707 x 1000	C1	648 x 917
A2	420 x 594	B2	500 x 707	C2	458 x 648
A3	297 x 420	B3	353 x 500	C3	324 x 456
A4	210 x 297	B4	250 x 353	C4	229 x 324
A5	148 x 210	B5	176 x 250	C5	162 x 229
A6	105 x 148	B6	125 x 176	C6	114 x 162
A7	74 x 105	B7	88 x 125	C7	81 x 114
A8	52 x 74	B8	62 x 88	C8	57 x 81

A9	37 x 52	B9	44 x 62
A10	26 x 37	B10	31 x 44

La norma UNE - 1027 - 95, establece la forma de plegar los planos. Este se hará en zigzag, tanto en sentido vertical como horizontal, hasta dejarlo reducido a las dimensiones de archivado. También se indica en esta norma que el cuadro de rotulación, siempre debe quedar en la parte anterior y a la vista.

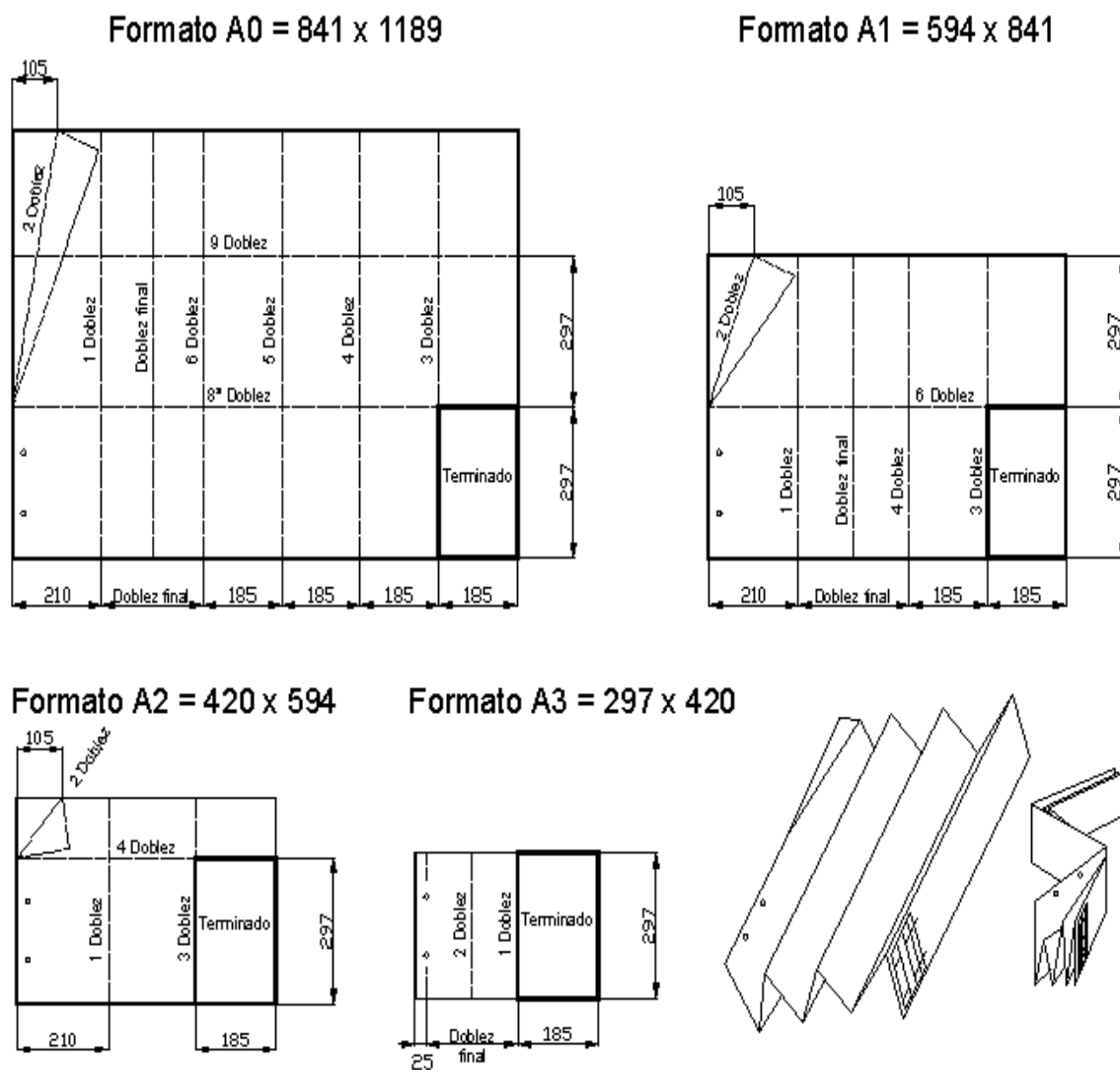


Figura 27. Formatos A0, A1, A2 y A3

## Tema n.º 6: Mediciones y presupuesto

### Medrado especialidad de instalaciones eléctricas

OBRA: HOJA N° :  
 PROPIETARIO: PLANO:  
 FECHA: HECHO POR:  
 REVISADO :

Partida n°	Especificaciones	N° veces	Medidas			Parcial	Total	Und.
			Largo	Punto	PZA/ UND			
<b>5</b>	<b>Instalaciones eléctricas y mecánicas</b>							
<b>5.1</b>	<b>Salida para alumbrado, tomacorrientes, fuerza y señales débiles</b>							
5.1.1	Salida para Alumbrado				10	10	10	Und.
5.1.2	Salida para Interruptor Simple				12	12	12	Und.
5.1.3	Salida para Interruptor de Conmutación				14	14	14	Und.
5.1.4	Salida de Tomacorriente Bipolar Doble				11	11	11	Und.
5.1.5	Salida de Fuerza en Cocina				2	2	2	Und.
5.1.6	Salida de Teléfono				3	3	3	Und.
5.1.7	Salida de TV cable				3	3	3	Und.
5.1.8	Salida para Intercomunicador				4	4	4	Und.
5.1.9	Caja de Paso FG 100x100x55 mm				2	2	2	Und.
5.1.10	Caja de Paso GF 100x100x75 mm				2	2	2	Und.
5.1.11	Caja de Paso GF 100x100x50 mm				2	2	2	Und.
<b>5.2</b>	<b>Canalizaciones, conductos o tuberías</b>							
5.2.1	Tubería Eléctrica PVC-L 25 mm						19.40	m.
	Kw/h-TG		12.50			12.50		
	TG-PT		6.90			6.90		

Partida n°	Especificaciones	N° veces	Medidas			Parcial	Total	Und.
			Largo	Punto	PZA/ UND			
<b>01.00</b>	<b>Salidas para electricidad y fuerza</b>							
01.01	<b>Salidas de Iluminación</b>							
	Salida Centro de							
01.01.01	Luz				9	9	9	Pto.
01.01.02	Salida de Braquete				2	2	2	Pto.
01.02	<b>Salida de Tomacorriente</b>							
01.02.01	Salida para Tomacorrientes Bipolartres Simples				14	14	14	Pto.
01.03	<b>Salida de Fuerza</b>							
01.03.01	Salida de Fuerza para Cocina				1	1	1	Pto.
<b>02.00</b>	<b>Salida para comunicaciones y señales</b>							
02.01	Salida de Teléfono				2	2	2	Pto.
02.02	Salida de TV cable				3	3	3	Pto.
02.03	Salida para Intercomunicador				2	2	2	Pto.



03.00	<b>Canalizaciones y/o tuberías</b>				
03.01	Tubería Eléctrica PVC- L 25 mm	18.50	18.5	18.5	m.
04.00	<b>Conductores y/o cables</b>				
04.01	Alambre 1x6 mm <sup>2</sup> Alambre 1x10 mm <sup>2</sup>	4.90	4.9	4.9	m.
04.02	THW	33.85	33.85	33.85	m.
05.00	<b>Cajas de paso</b>				
05.01	Caja de Paso FG-L 100x100x75	2	2	2	Und.
05.02	Caja de Paso FG-L 100x100x50	2	2	2	Und.
06.00	<b>Tablero de distribución</b>				
	Tableros de Distribución Caja Metálica con 12				
06.01	polos	1	1	1	Pza.
07.00	<b>Interruptores thermomagnéticos</b>				
07.01	Interruptor Thermomagnético Monofásica 2x20A	3	3	3	Pza.
07.02	Interruptor Thermomagnético Monofásica 2x15A	2	2	2	Pza.
07.03	Interruptor Thermomagnético Trifásica 3x40A	3	3	3	Pza.
08.00	<b>Interruptores , tomacorrientes, señales y comunicación</b>				
	Interruptor				
08.01	Conmutación Interruptor Unipolar	5	5	5	Und.
08.02	Simple	4	4	4	Und.
08.03	Tomacorriente Bipolar Doble	6	6	6	Und.
08.04	Toma de Teléfono	2	2	2	Und.
08.05	Toma de TV-CABLE	2	2	2	Und.
09.00	<b>Sistema de pozo a tierra</b>				
09.01	Pozo de Tierra	1	1	1	Glb.

## **Tema n.º 7: Proyectos de instalaciones eléctricas en edificio multifamiliar – edificaciones**

Los tipos más comunes de sistemas de alimentación en grandes edificios son los siguientes:

- Sistemas de alimentación con alimentador principal continuo.
- Sistemas de alimentación con alimentadores por grupo.
- Sistemas de alimentación con alimentadores individuales.

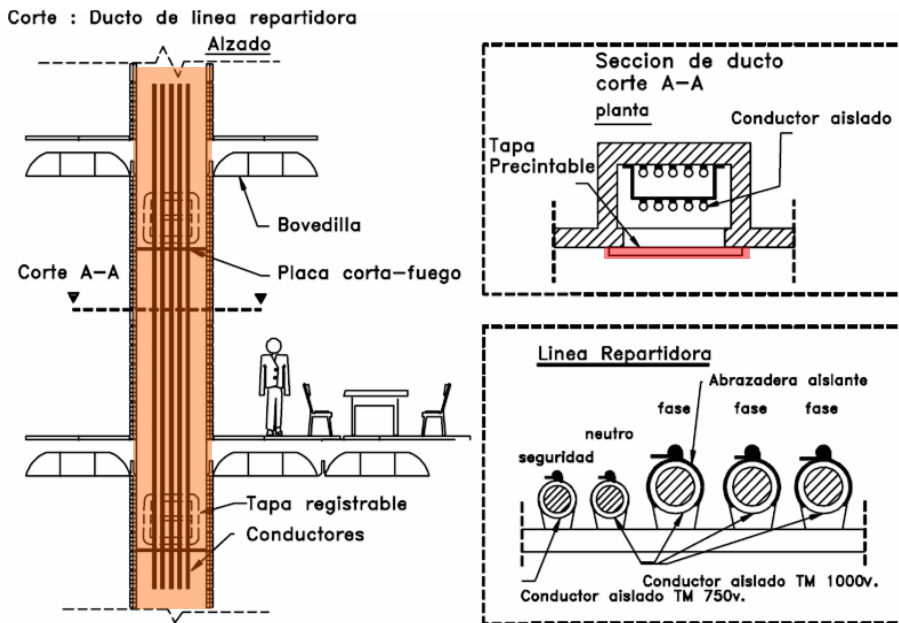


Figura 28. Corte de un Ducto

**7.1. Sistemas de alimentación con alimentador principal continuo.**

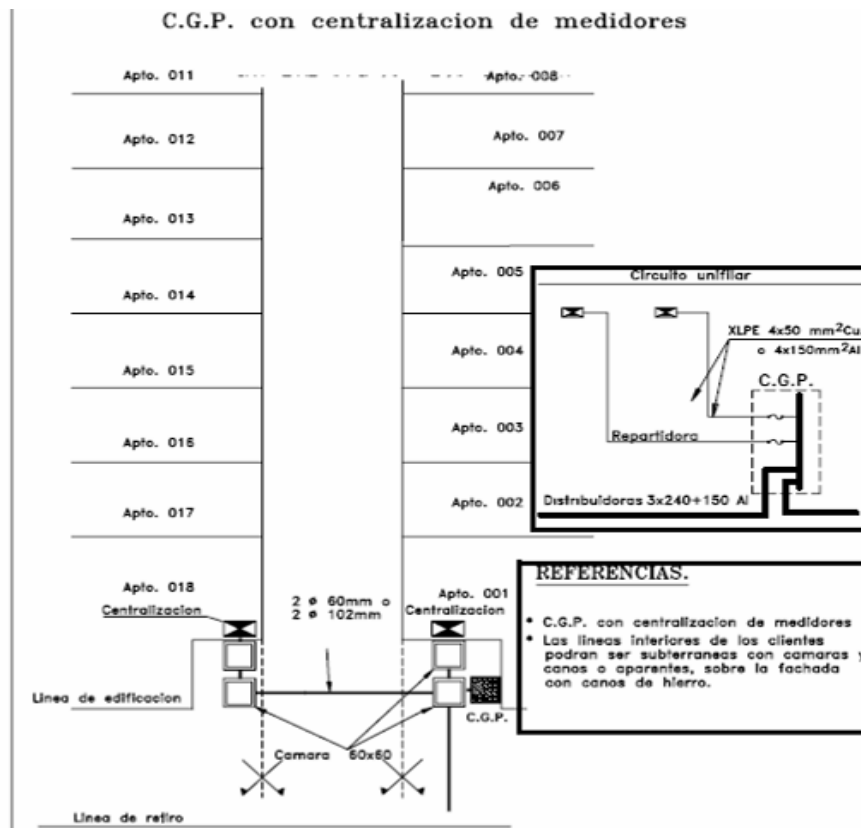


Figura 29. Sistema de alimentación con alimentador principal continuo

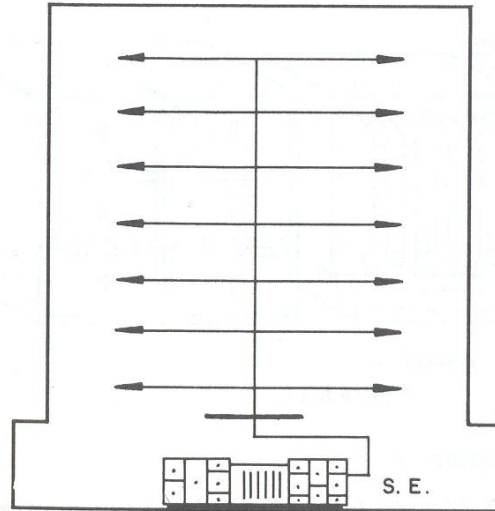


Figura 30. Diagrama unifilar de un sistema de alimentación con alimentador principal continuo

Tiene la ventaja de que su construcción es relativamente sencilla, se pueden compensar las cargas de los distintos pisos y no requiere de instalaciones complicadas en baja tensión.

## 7.2. Sistemas de alimentación con alimentadores por grupo.

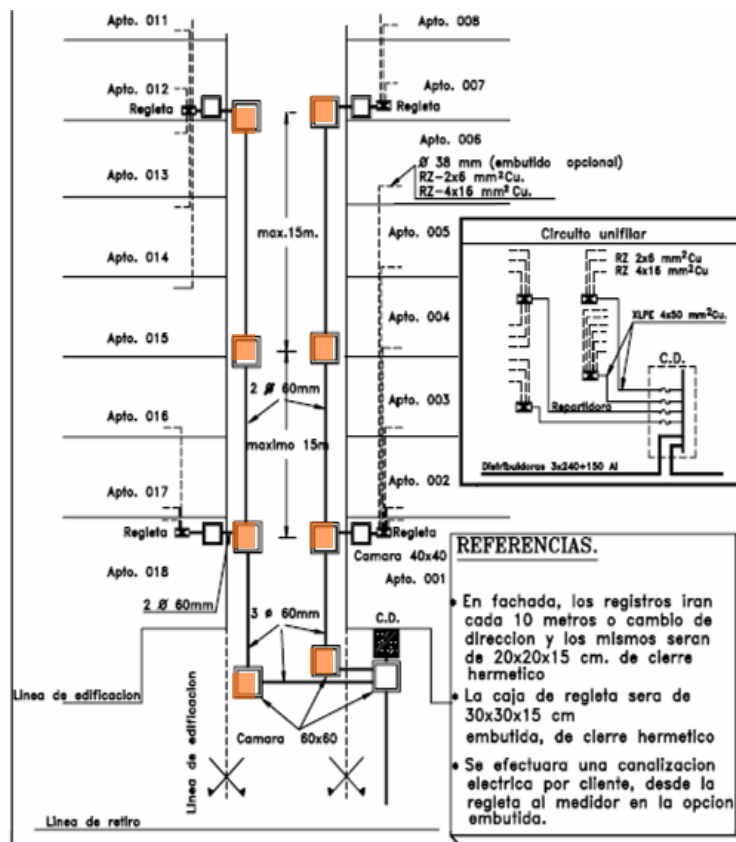


Figura 31. Sistema de alimentación con alimentadores por grupo

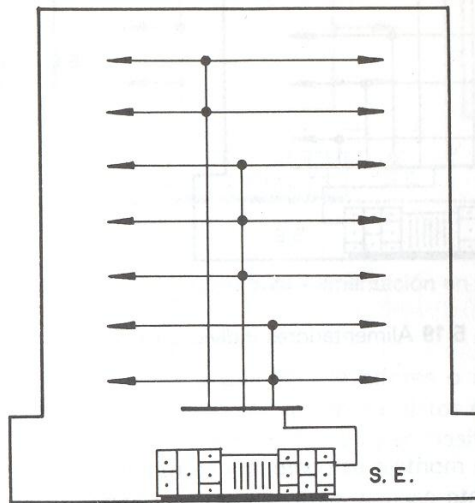


Figura 32. Diagrama unifilar de un sistema de alimentación con alimentadores por grupo

Este sistema ofrece ventajas en cuanto a continuidad de alimentación, ya que cada alimentador alimenta a departamentos por grupo o por pisos, de manera que en caso de falla de un alimentador solo afecta a los departamentos de un grupo, o a los pisos de un grupo.

### 7.3. Sistemas de alimentación con alimentadores individuales.

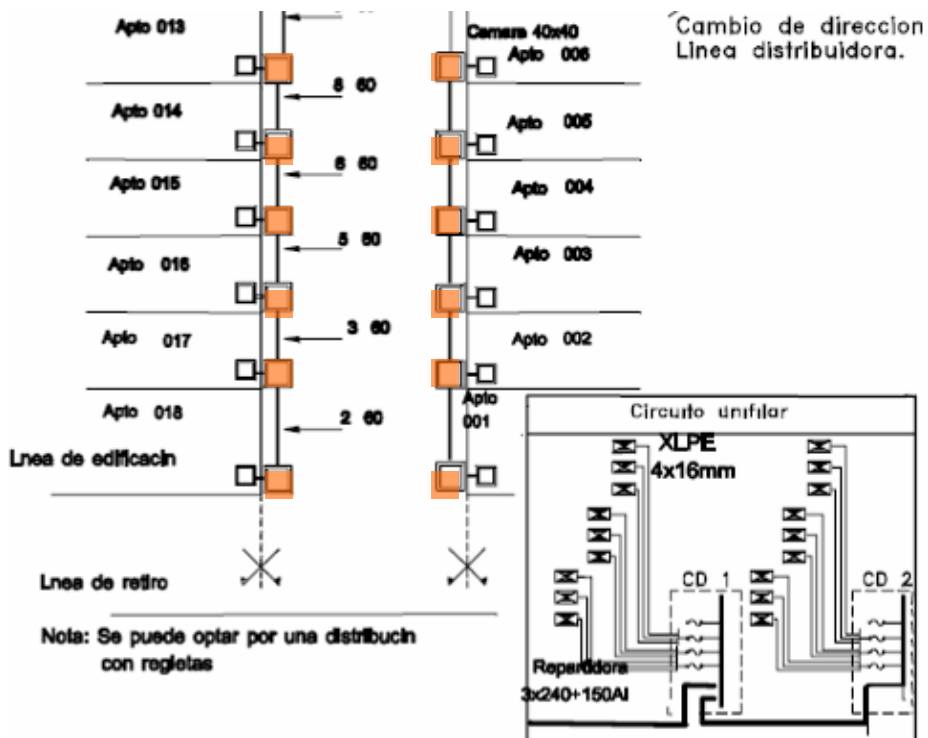


Figura 33. Sistema de alimentación con alimentadores individuales

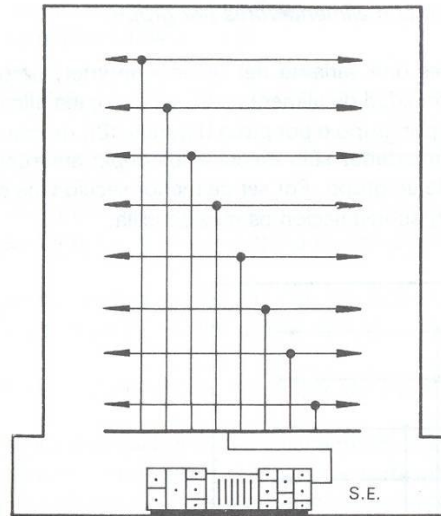


Figura 34. Diagrama unifilar de un sistema de alimentación con alimentadores individuales

Su uso es recomendable en edificios donde los medidores se localizan en un punto central, como lo es el caso de la mayoría de edificios de departamentos. La desventaja de este sistema es que la instalación suele ser más cara que las anteriores.

### **Tema n.º 8: Proyectos de instalaciones eléctricas industriales – especiales**

Las instalaciones eléctricas especiales Son los montajes eléctricos previstos en la telefonía, la televisión, el Internet, el sonido, las alarmas y la citofonía. La cantidad de salidas disponibles para cada uno de estos servicios depende de los proyectos educativos institucionales. Sin embargo, es de preverse a corto plazo, la presencia de por lo menos una salida por espacio en diferentes tipos de ambiente para el teléfono, la televisión en circuito y el Internet, especialmente. Por esta razón, se deben acoger sistemas y detalles constructivos que faciliten una futura canalización para transportar en forma apropiada el cableado correspondiente.

En el presente trabajo se muestra la gran importancia de las instalaciones eléctricas, pues es de gran ayuda en la actualidad conocer cómo es que se lleva a cabo una instalación y conocer cada uno de sus elementos, como el relevador, elemento sumamente importante el cual cierra o abre independientemente los circuitos y de igual manera el principio de funcionamiento de cada uno de los elementos que componen una instalación eléctrica, de igual forma es interesante tener muy en cuenta cuales son los tipos que existen en la actualidad de las instalaciones, así como el riesgo que tenga cada una.

Las instalaciones eléctricas por muy sencillas o complejas que parezcan, es el medio mediante el cual los hogares y las industrias se abastecen de energía eléctrica para el funcionamiento de los aparatos domésticos o industriales respectivamente, que necesiten de ella.

Es importante tener en cuenta los reglamentos que debemos de cumplir al pie de la letra para garantizar un buen y duradero funcionamiento, es por eso que la finalidad del trabajo es que en una circunstancia dada sepamos actuar adecuadamente y

cuidar nuestra integridad física mediante el uso de protecciones. La mayoría de los procesos industriales del ámbito petrolero o petroquímico son de alto grado de complejidad y criticidad. Por ello, se amerita que las instalaciones posean sistemas de instrumentación complejos con alto rendimiento y eficiencia, considerando en todo momento la confiabilidad y la seguridad de los procesos.

### **8.1. Consideraciones para clasificación de área**

Como ya se mencionó en la introducción, si tenemos el propósito de seleccionar el equipamiento para un proceso cualquiera uno de los parámetros más importantes es determinar las características del área donde finalmente operara la instrumentación seleccionada. Debido a la diversidad de procesos, estas áreas pueden ser de diferentes tipos donde pueden existir atmósferas de gases o vapores inflamables, por lo que es necesario definir una clasificación de las mismas.

El sistema de clasificación utilizado para definir los tipos de áreas se basa en los siguientes criterios:

- Para determinar la Clase de área se toma en cuenta la naturaleza del producto que en ella escapa a la atmósfera.
- La frecuencia y extensión con las que las mezclas inflamables estarán presentes, se utiliza para definir la División.
- Dependiendo de las propiedades químicas del producto liberado a la atmósfera, que determinan específicamente la facilidad con la que este tiende a incendiarse, define el grupo.

Evidentemente, para definir o etiquetar un área dentro de su Clase, División y Grupo, debe recolectarse toda la información básica acerca de la instalación, la cual, debe incluir los aspectos descritos a continuación:

- Diagramas de flujo del proceso que indiquen, Flujos, Temperaturas y presiones de cada corriente.
- Diagramas de tubería e instrumentación.
- Planos de ubicación de instrumentos, incluyendo dispositivos de alivio y venteo.
- Lista de productos que se manejan incluyendo sus características fisicoquímicas tales como: puntos de inflamación y ebullición.
- Plano de planta y elevaciones mostrando todos los equipos, incluyendo los drenajes y venteos a la atmósfera.

## **Tema n.º 9: Sistema de puesta a tierra**

### **9.1. Disposiciones reglamentarias en el Perú**

La autoridad administrativa sectorial en el área eléctrica tiene a su cargo el Código Nacional de Electricidad como instrumento de Normativa Técnica, cuya aplicación de pautas y recomendaciones se considera para el otorgamiento de Licencias de Construcción por parte de las Municipalidades, con la participación de organismos especializados como el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP).

#### **a) El Código Nacional de Electricidad**

Compendio de Normas, Recomendaciones y Procedimientos que permiten, entre otros, cautelar la seguridad de las personas contra el peligro del uso de la

electricidad; la versión a Mayo de 1,978 consta de cinco tomos, orientados a subsistemas, en ellos se privilegia la conexión a tierra; empezando por el Tomo I, Capítulo 3, Título 3.5.1, Inciso c) que considera requisito mínimo de seguridad contra accidentes eléctricos, la conexión a una toma de tierra de todas las masas de una misma instalación.

#### **b) Licencias de Construcción**

Mediante el Decreto Supremo N° 25-94, emitido el 07.12.94, se encarga a las Municipalidades el otorgamiento de Licencias de Construcción, el control de las mismas y la Conformidad de Obra de toda Edificación dentro de la jurisdicción Municipal; proponiendo asimismo los organismos que intervienen en la aprobación y los documentos técnicos a ser examinados, entre los cuales se cuentan los planos de Instalaciones Eléctricas según prescripciones del Código Nacional de Electricidad.

#### **c) Las Normas Técnicas Peruanas**

El INDECOPI, en su calidad de Organismo Peruano de Normalización, instaló el 08 de julio de 1998 el Comité Técnico Especializado de Seguridad Eléctrica - Sistema de Conexión a tierra, encargado de la elaboración de las Normas Técnicas Peruanas. Las normas fueron aprobadas en el Diario Oficial El Peruano el 11 y 13 de diciembre de 1999 según Resolución de la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N° 0062 y 0064-1999/INDECOPI-CRT.

**NTP 370.052:1999 SEGURIDAD ELECTRICA.** Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra, 1ª Edición el 13 de diciembre de 1999.

**NTP 370.053:1999 SEGURIDAD ELECTRICA.** Elección de los materiales eléctricos en las instalaciones interiores para puesta a tierra. Conductores de protección de cobre, 1ª Edición el 13 de diciembre de 1999.

**NTP 370.054:1999 SEGURIDAD ELECTRICA.** Enchufes y tomacorrientes con protección a tierra para uso doméstico y uso general similar, 1ª Edición el 11 de diciembre de 1999.

**NTP 370.055:1999 SEGURIDAD ELECTRICA.** Sistema de puesta a tierra. Glosario de términos, 1ª Edición el 13 de diciembre de 1999.

**NTP 370.056:1999 SEGURIDAD ELECTRICA.** Electrodo de cobre para puesta a tierra, 1ª Edición el 13 de diciembre de 1999.

### **9.2 Disposiciones Internacionales.**

En el ámbito internacional, es muy conocido y empleado el grupo de estándares del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers):

- a) Sistemas de Puesta a Tierra. ANSI / IEEE Std. 81: 1983, Guía para la medición de Resistencias de Tierra, Impedancias de Tierra y Potenciales de Superficie de Tierra en Sistemas de Aterramiento.
- b) Instalaciones domiciliarias, comerciales e industriales. ANSI C114.1-1973 / IEEE Standard 142-1972 IEEE Práctica Recomendada para Aterramientos de Sistemas de Potencia Industriales y Comerciales.
- c) Subestaciones eléctricas de media y alta tensión ANSI / IEEE Standard 80-1986

IEEE Guía para Seguridad en Aterramientos de subestaciones AC. Norma USA que cubre aspectos técnicos y de diseño. Incluye modelamiento de terreno, distribución de corriente de falla, ejemplos trabajados y consideraciones especiales, por ejemplo, subestaciones encapsuladas (GIS). Esta Norma se considera generalmente rigurosa en su aproximación.

- d) Directivas CCITT Involucran, principalmente, interferencias electromagnéticas en cables, generadas por sistemas de potencia y rieles electrificados.

### 9.3. Métodos de puesta a tierra

Se utilizan varios procedimientos para determinar la resistividad de los terrenos. El más usado es el de los "cuatro electrodos" que presenta dos métodos:

- Método de WENNER apropiado en el caso de querer realizar una medida en una única profundidad.
- Método de SCHLUMBERGER apropiado para realizar medidas a distintas profundidades y crear así perfiles geológicos de los suelos.

#### A. Método de Wenner

Principio de medida Se insertan cuatro electrodos en línea recta en el suelo y a igual distancia  $a$  entre ellos. Entre los dos electrodos exteriores (E y H), se inyecta una corriente de medida  $I$  mediante un generador. Entre los dos electrodos centrales (S y ES), se mide el potencial  $\Delta V$  gracias a un voltímetro.

El instrumento de medida utilizado es un óhmetro de tierra clásico que permite la inyección de una corriente y la medida de  $\Delta V$ . El valor de la resistencia  $R$  leída en el óhmetro permite calcular la resistividad mediante la siguiente fórmula de cálculo simplificada:

$$\rho_w = 2\pi \cdot a \cdot R$$

Donde:

$\rho$ : resistividad en  $\Omega \cdot m$  en el punto situado debajo del punto O, a una profundidad de  $h = 3a/4$

$a$ : base de medida en m

$R$ : valor (en  $\Omega$ ) de la resistencia leída en el óhmetro de tierra

Recomendamos una medida con  $a = 4$  m como mínimo

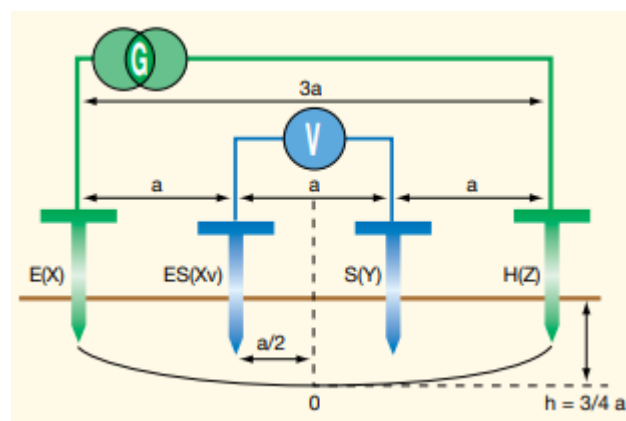




Figura 35. Instalaciones del método Wenner

Nota: los términos X, Xv, Y, Z corresponden a la antigua denominación utilizada respectivamente para los electrodos E, Es, S y H

## B. Método de Schlumberger

### Principio de medida

El método de Schlumberger está basado en el mismo principio de medida. La única diferencia se sitúa a nivel del posicionamiento de los electrodos:

- la distancia entre las 2 picas exteriores es  $2d$
- la distancia entre las 2 picas interiores es  $A$

y el valor de la resistencia  $R$  visualizado en el óhmetro permite calcular la resistividad mediante la siguiente fórmula:

$$\rho_s = \left[ \frac{\pi \cdot \left( \frac{d^2 - A^2}{4} \right) \cdot R_{S-ES}}{4} \right]$$

Este método permite ahorrar bastante tiempo in situ, especialmente si se quiere realizar varias medidas de resistividad y por consiguiente crear un perfil del terreno. En efecto, sólo deben moverse los 2 electrodos exteriores a diferencia del método de Wenner que necesita desplazar los 4 electrodos a la vez.

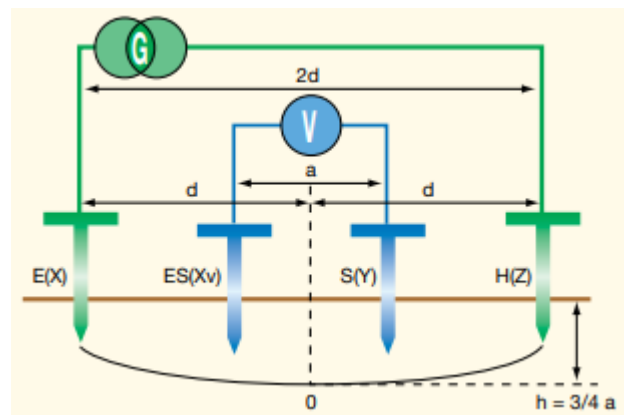


Figura 36. Instalaciones del método Schlumberger

Aunque el método de Schlumberger permite ahorrar tiempo, el método de Wenner es el más conocido y utilizado. Su fórmula matemática es más sencilla. Sin embargo, numerosos instrumentos de medida Chauvin Arnoux incorporan 2 fórmulas de cálculo que permiten obtener instantáneamente valores de resistividad con uno de los dos métodos.

### 9.4. Precauciones particulares para realizar una medida de tierra

- a. Se aconseja, para evitar las zonas de influencia, tomar las distancias más grandes posibles entre las picas H, S y la tierra a medir E.
- b. Se aconseja, para evitar interferencias electromagnéticas, desenrollar toda la

longitud del cable del enrolla cables, colocar los cables en el suelo, sin hacer bucles, tan lejos como sea posible unos de otros y procurar que no estén directa o paralelamente cerca de conductos metálicos (cables, raíles, valla, etc.)

- c. Se aconseja, para obtener una precisión de medida correcta, tener bajas resistencias de picas auxiliares y remediarlo añadiendo picas en paralelo, clavando a más profundidad las picas y/o humedeciendo el terreno.
- d. Se aconseja, para asegurarse de la validez de la medida realizada, efectúa.

	Edificio en el campo con posibilidades de clavar picas	Edificio en medio urbano sin posibilidades de clavar picas
<b>Toma de tierra simple</b>		
Método de 3 polos llamado del 62 %	■	
Método en triángulo (dos picas)	■	
Método de 4 polos	■	
Método variante del 62 % (una pica)	■	
Medida de bucle Fase-PE	■	■ únicamente en esquema TT
<b>Red de tierras múltiples en paralelo</b>		
Método de 4 polos selectivo	■	
Pinza de tierra	■	■
Medida de bucle de tierra con 2 pinzas	■	■

Figura 37. Resumen de los distintos métodos de medida de tierra

**Observación:** En el caso de una red de tierras múltiples en paralelo, los métodos tradicionales aplicados a las tomas de tierra simple pueden emplearse:

1. si solamente se quiere obtener el valor de toma de tierra global.
2. si la toma de tierra medida puede desconectarse de la red de tierras.

## Glosario de la Unidad 2

**Accesible.** Al alcance de personas, no requiere auxilio de medio alguno.

**Acometida.** Parte de una instalación eléctrica comprendida entre la red de distribución (incluye el empalme) y la caja de conexión y medición o la caja de toma.

**Aislamiento.** Es el conjunto de aislantes aplicados alrededor de los conductores y destinados a aislarlos eléctricamente.

**Alambre.** Es el producto de cualquier sección maciza, obtenido a partir del alambón por trefilación, laminación en frío o ambos procesos combinados, resultando un cuerpo de metal estirado, generalmente de forma cilíndrica y de sección circular.

**A prueba de fuego** (cables). La aplicación de una cubierta resistente al fuego.

**Avisos de seguridad.** Advertencia de prevención de accidentes (peligro, gente trabajando, etc.) de una apariencia distintiva, utilizada con el propósito de proteger al personal indicando que se restringe, el acceso o la operación de un dispositivo en particular.

**Buzón de inspección.** Un recinto subterráneo en el cual el personal puede entrar y que es utilizado con el propósito de instalar, operar y mantener equipos y cables subterráneos.

**Cable.** Un conductor con aislamiento, o un conductor con varios hilos trenzados, con o sin aislamiento y otras cubiertas (cable monopolar o unipolar) o una combinación de conductores aislados entre sí (cable de múltiples conductores o multipolar)

**Cable de guarda.** Conductor de protección de conductores aéreos contra descargas atmosféricas.

**Cable de fibra óptica - comunicaciones.** Un cable de fibra óptica que cumpla con los requerimientos de una línea de comunicaciones y que esté ubicado en un área de comunicaciones para instalaciones aéreas o subterráneas.

**Cámara para transformador.** Un recinto cerrado encima o debajo del suelo con paredes, piso y techo resistentes al fuego, en el cual los transformadores y su equipo asociado son instalados, y que no es atendida de manera continua durante su operación. Véase también: cámara.

**Canalización.** Cualquier canal diseñado expresamente para ser utilizado con el único propósito de alojar conductores.

**Capacidad de corriente.** Es la capacidad de conducir corriente de un conductor eléctrico bajo condiciones térmicas establecidas, expresada en amperes.

**Circuito.** Un conductor o sistema de conductores concebido para que a través de ellos cuales pueda circular una corriente eléctrica.

**Conducto.** Estructura que contiene uno o más ductos.

**Conductor.** Un material, usualmente en forma de alambre, cable o barra capaz de conducir corriente eléctrica.

**Cuadro de distribución.** Es un conjunto de barras y conexiones, dispositivos de conexión y desconexión que consiste de uno o más paneles con dispositivos eléctricos montados en él junto con su marco asociado.

**Desenergizado.** Cuando ha sido desconectado de todas las fuentes de suministro por la operación del interruptor, apertura de tomas de carga, apertura de puentes u otra manera del suministro eléctrico; quedando el circuito al potencial de tierra. Sinónimo: muerto o desconectado.

NOTA: El circuito podría ser cargado eléctricamente por inducción de circuitos energizados en sus proximidades si los circuitos son paralelos. Razón por la que en situaciones de tener aseguramiento de circuito totalmente desenergizado se deberá decir: desenergizado y puesto a tierra de manera efectiva.

**Ducto.** Una sola canalización cerrada que sirve como vía a conductores o cables.

**Energizado.** Eléctricamente conectado a una diferencia de potencial o eléctricamente cargado de modo que tenga un potencial contra tierra. Sinónimo: vivo.

**Flecha aparente en cualquier punto del vano.** La distancia, en un punto específico del

vano, entre el conductor y la línea recta que une los dos puntos de soporte del conductor, medida perpendicularmente desde la línea recta.

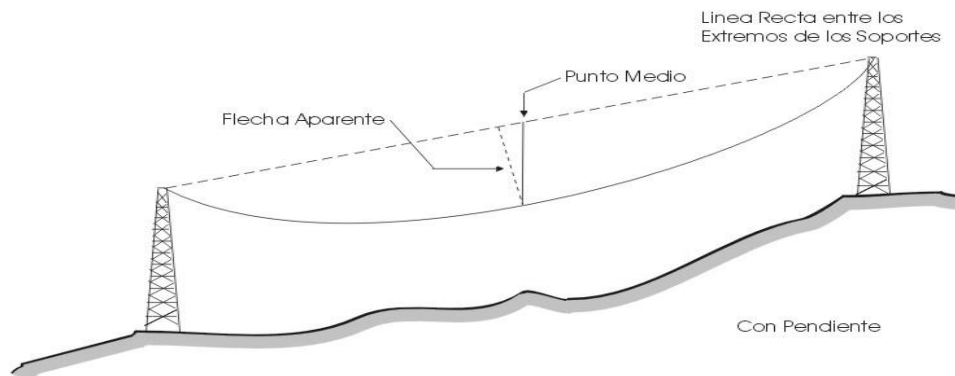


Figura D-1  
FLECHA Y FLECHA APARENTE

**Fuera de servicio.** Las líneas y equipos son considerados fuera de servicio cuando están desconectados del sistema y no son capaces de suministrar energía ni señales de comunicaciones.

**Interruptor automático.** Un dispositivo de conexión y desconexión, capaz de transportar e interrumpir corrientes bajo condiciones normales de circuito y corrientes bajo condiciones anormales de una duración especificada tales como las corrientes bajo condiciones de falla.

**Líneas de comunicaciones.** Conductores y sus estructuras de soporte o de alojamiento que son utilizados para el servicio de comunicaciones o señales públicas o privadas, y que operan a potenciales que no superen los 400 V a tierra o 750 V entre cualquiera de dos puntos del circuito, y cuya potencia transmitida no exceda 150 W.

Cuando se opera debajo de una tensión nominal de 90 V, no se pone límites a la potencia transmitida del sistema. Bajo condiciones específicas los cables de comunicaciones pueden incluir circuitos de comunicaciones que excedan los límites previamente fijados, en el caso que los circuitos sean utilizados solamente para alimentar a los equipos de comunicaciones.

NOTA: Se incluye los sistemas telefónicos, telegráficos, de señales en vías férreas, de datos, de reloj, de incendios, de alarma policíaca, de televisión por cable y otros sistemas similares a los arriba descritos. Las líneas utilizadas para señalización pero que no están incluidas en la definición previa son consideradas como líneas de suministro eléctrico y deben ser instaladas como tales.

**Líneas de suministro eléctrico.** Aquellos conductores utilizados para transmitir energía eléctrica y sus estructuras de soporte y contención. Las líneas de señales de más de 400 V son siempre líneas de suministro dentro del alcance de las reglas, y aquellas de menos de 400 V pueden ser consideradas líneas de suministro si son totalmente construidas y operadas de esa manera.

**Longitud del vano.** Distancia horizontal entre dos puntos de enlace del conductor sobre dos soportes consecutivos.

**Nivel de tensión.** Uno de los valores de tensión nominal utilizados en un sistema dado:

- **Baja Tensión** (abreviatura: B.T.): Conjunto de niveles de tensión utilizados para la distribución de la electricidad. Su límite superior generalmente es  $U \leq 1 \text{ kV}$ , siendo U la Tensión Nominal.
- **Media Tensión** (abreviatura: M.T.): Cualquier conjunto de niveles de tensión comprendidos entre la alta tensión y la baja tensión. Los límites son  $1 \text{ kV} < U \leq 35 \text{ kV}$ , siendo U la Tensión Nominal.
- **Alta Tensión** (abreviatura: A.T.): 1. En un sentido general, conjunto de niveles de tensión que exceden la baja tensión (en el contexto del Código Nacional de Electricidad-Utilización). 2. En un sentido restringido, conjunto de niveles de tensión superior utilizados en los sistemas eléctricos para la transmisión masiva de

electricidad. Con límites comprendidos entre  $35 \text{ kV} < U \leq 230 \text{ kV}$ .

- **Muy Alta Tensión** (abreviatura: M.A.T.): Niveles de tensión utilizados en los sistemas eléctricos de transmisión, superiores a 230 kV.

NOTA: Se ha tomado como referencia la norma NTP-IEC 60038: Tensiones Normalizadas IEC.

**Seccionador.** Un dispositivo mecánico de conexión y desconexión utilizada para cambiar las conexiones de un circuito, o para aislar un circuito o equipo de la fuente de alimentación.

NOTA: Está diseñado para permitir de manera permanente el paso de la corriente de carga y también corrientes anormales debidas a cortocircuitos por tiempos cortos según especificación.

Asimismo, debe maniobrase sin carga o en vacío ya que sólo interrumpe la tensión no pudiendo hacerlo con la corriente.

**Sensitividad a la inducción.** Las características de un circuito de comunicaciones, incluyendo sus aparatos conectados, que determinan el grado en el cual es afectado de manera adversa por campos inductivos.

**Señales de seguridad.** Indicaciones, letreros, rótulos, que dan directivas a seguir para evitar riesgo eléctrico, u otros peligros y que su cumplimiento ayuda a un desarrollo de actividades con mayor seguridad.

**Sistema puesto a tierra en un único punto.** Sistema de conductores en el que un conductor es intencional y sólidamente puesto a tierra en un lugar específico, típicamente en la fuente.

**Subestación.** Conjunto de instalaciones, incluyendo las eventuales edificaciones requeridas para albergarlas, destinado a la transformación de la tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos o sólo al seccionamiento y protección de circuitos y está bajo el control de personas calificadas.

**Suministro.** Conjunto de instalaciones que permiten la alimentación de la energía eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega.

## Bibliografía de la Unidad 2

- Ferrero, R. (2019) *Edificación y Eficiencia Energética*. C.O.E.T.I.C.O.R. A Coruña, Ourense, Pontevedra, Lugo. Encontrado en:  
[https://www.certicalia.com/empresa/ruben\\_ferreno\\_gonzalez/245912023](https://www.certicalia.com/empresa/ruben_ferreno_gonzalez/245912023)
- Group Chauvin Arnoux. (2015). Controladores de tierra y resistividad. Guía de la medición de tierra. España. Encontrado en:  
[www.chauvin-arnoux.es](http://www.chauvin-arnoux.es)
- Universitat Politècnica de València – UPV (04 de octubre de 2017) [Archivo de video]  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=EIFc-jSNWDg>
- avril2189g (22 DE JULIO DE 2013) Instalaciones Eléctricas - Memoria Descriptiva [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=-wOoWNExD5Y>
- DPTO.ELECTRONICA FMDS (02 de noviembre de 2015) Cálculo de Sección de Conductores por Caída de Tensión en Monofásica con FP=1 [Archivo de video]  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=zXBwPzUkTS0&t=31s>
- Absingenieros (31 de mayo de 2019) Cálculos eléctricos de las redes de MT Y BT [Archivo de video] Recuperado de:  
<https://www.youtube.com/watch?v=o90RYytQ4xA>
- José Ríos (15 de julio de 2018) Como leer e interpretar un plano eléctrico MUY FACIL [Archivo de video] Recuperado de:  
<https://www.youtube.com/watch?v=USixZfzAFG8>
- JORGE ENRIQUE MEDINA RIVEROS (24 de diciembre de 2013) Memorias de Calculo K Plano Eléctrico 4 [Archivo de video] Recuperado de:  
<https://www.youtube.com/watch?v=UKDB6ZKPCIk>
- Antonio Gonzalez (14 de agosto de 2018) Hacer un presupuesto para material eléctrico. [Archivo de video] Recuperado de:  
<https://www.youtube.com/watch?v=VWYO7RCTZw>
- Universitat Politècnica de València – UPV (19 de octubre de 2017) Instalación eléctrica en edificios de viviendas. (Instalación interior de vivienda) UPV [Archivo de video]  
Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=z\\_HQ66m1WGo](https://www.youtube.com/watch?v=z_HQ66m1WGo)



**HUANCAYO**

Av. San Carlos 1980  
Urb. San Antonio - Huancayo

Teléfono: 064 481430

**LOS OLIVOS - LIMA**

Av. Alfredo Mendiola 5210  
Los Olivos - Lima

Teléfono: 01 2132760

**MIRAFLORES - LIMA**

Jr. Junín 355  
Miraflores - Lima

Teléfono: 01 2132760

**AREQUIPA**

Av. Los Incas s/n  
Urb. Lambramani, José Luis  
Bustamante y Rivero - Arequipa

Teléfono: 054 412030

**CUSCO**

Av. Collasuyo Lote B-13  
Urb. Manuel Prado  
Wanchaq - Cusco

Teléfono: 084 480070





[ucontinental.edu.pe](http://ucontinental.edu.pe)



# Instalaciones Eléctricas

Pedro Gurmendi Párraga

Manual – Unidad 3



## Índice

	Pág.
Introducción	3
Organización de la asignatura	4
Unidades didácticas	4
Tiempo mínimo de estudio	4
	6
UNIDAD 3: Iluminación	
Diagrama de organización	6
Tema n.º 1: <i>Iluminación general</i>	6
Tema n.º 2: Método de cálculos para iluminación de interiores	15
Tema n.º 3: Método de cálculos para iluminación de exteriores	28
Tema n.º 4: Metrado y presupuesto	46
De la teoría a la práctica	
Glosario de la Unidad 3	63
Bibliografía de la unidad 3	65

# Introducción

El diseño del alumbrado en un ambiente de trabajo interior, general, localizado, es considerado más un arte que una ciencia, el requerimiento fundamental es proporcional suficiente luz para el desarrollo de las tareas en forma eficiente y precisa, creando al mismo tiempo un ambiente confortable, con un mínimo de fatiga y esfuerzo para los ojos.

Por otra parte, siempre tratando de minimizar los efectos molestos y perturbadores al momento de ejecutar una iluminación y sobre todo contrastando con los programas universales como el DIALUX y así realizar un presupuesto acorde a los nuevos avances.

La cantidad de iluminación requerida para proporcionar los niveles adecuados de iluminación cumpliendo las normas DGE y el código nacional de electricidad que involucra el confort del ambiente y que sólo lo cubren los diseñadores de alumbrado después de varios años de experiencia.

El autor.

## Organización de la Asignatura

### Resultado de aprendizaje de la asignatura

Al finalizar la asignatura, el estudiante será capaz de diseñar y evaluar sistemas eléctricos referidos a instalaciones industriales, comerciales y de edificaciones.

### Unidades didácticas

UNIDAD 1 Generación, transmisión, distribución y normas legales y reglamentos de la energía eléctrica	UNIDAD 2 Instalaciones eléctricas interiores en baja tensión	UNIDAD 3 Iluminación	UNIDAD 4 Equipos auxiliares
<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diferenciar las aplicaciones calculando la corriente continua y alterna, haciendo uso adecuado de la terminología básica como de las normas legales y reglamentos de la energía eléctrica.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diferenciar los conductores eléctricos en la realización de proyectos de instalaciones eléctricas domiciliarias, comerciales e industriales con profesionalismo, alta calidad estética, responsabilidad y ética en base a las normas legales y reglamentos.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diseñar la iluminación interior y exterior elaborando el metrado y presupuesto del proyecto eléctrico de una vivienda teniendo en consideración las prescripciones del Código Nacional de Electricidad y reglamentos.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diseñar y evaluar las características y especificaciones técnicas de los dispositivos auxiliares y de compensación de la energía reactiva para instalaciones comerciales e industriales utilizando las normas del Código Nacional de Electricidad.</p>

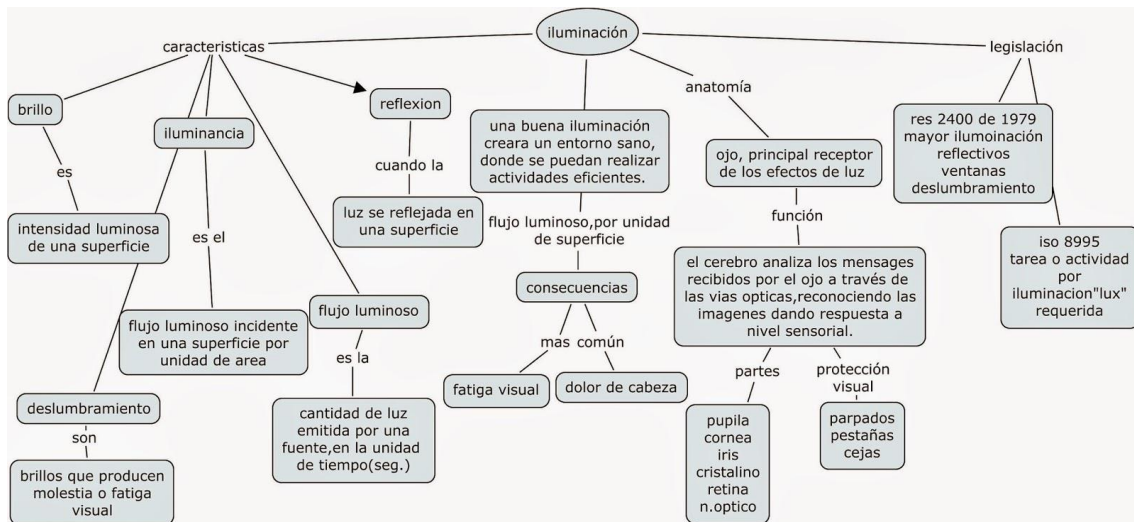
### Tiempo mínimo de estudio

UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	UNIDAD 4
24 horas	24 horas	24 horas	24 horas



# UNIDAD 3: Iluminación

## Diagrama de organización



## Tema n.º 1: Iluminación general

### 1.1. Terminología de la iluminación eléctrica

La luz es una forma de radiación electromagnética similar al calor radiante, las ondas de radio o los rayos X. La luz corresponde a oscilaciones extremadamente rápidas de un campo electromagnético, en un rango determinado de frecuencias que pueden ser detectadas por el ojo humano.

Las diferentes sensaciones de color corresponden a luz que vibra con distintas frecuencias, que van desde aproximadamente  $4 \times 10^{14}$  vibraciones por segundo en la luz roja hasta aproximadamente  $7,5 \times 10^{14}$  vibraciones por segundo en la luz violeta.

El espectro de la luz visible suele definirse por su longitud de onda, que es más pequeña en el violeta (unas 40 millonésimas de centímetro) y máxima en el rojo (75 millonésimas de centímetro). Las frecuencias mayores, que corresponden a longitudes de onda más cortas, incluyen la radiación ultravioleta, y las frecuencias aún más elevadas están asociadas con los rayos X.

Las frecuencias menores, con longitudes de onda más altas, se denominan rayos infrarrojos, y las frecuencias todavía más bajas son características de las ondas de radio. La mayoría de la luz procede de electrones que vibran a esas frecuencias al ser calentados a una temperatura elevada. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la frecuencia de vibración y más azul es la luz producida.

## 1.2. Naturaleza de la luz

La luz se emite por su fuente en línea recta, y se difunde en una superficie cada vez mayor a medida que avanza; la luz por unidad de área disminuye según el cuadrado de la distancia. Cuando la luz incide sobre un objeto es absorbida o reflejada; la luz reflejada por una superficie rugosa se difunde en todas direcciones.

Algunas frecuencias se reflejan más que otras, y esto da a los objetos su color característico. Las superficies blancas difunden por igual todas las longitudes de onda, y las superficies negras absorben casi toda la luz. Por otra parte, para que la reflexión forme imágenes es necesaria una superficie muy pulida, como la de un espejo.

La definición de la naturaleza de la luz siempre ha sido un problema fundamental de la física. El matemático y físico británico Isaac Newton describió la luz como una emisión de partículas, y el astrónomo, matemático y físico holandés Christiaan Huygens desarrolló la teoría de que la luz se desplaza con un movimiento ondulatorio.

En la actualidad se cree que estas dos teorías son complementarias, y el desarrollo de la teoría cuántica ha llevado al reconocimiento de que en algunos experimentos la luz se comporta como una corriente de partículas y en otros como una onda. En las situaciones en que la luz presenta movimiento ondulatorio, la onda vibra perpendicular a la dirección de propagación; por eso, la luz puede polarizarse en dos ondas perpendiculares entre sí.

## 1.3. Velocidad de la luz

El primero en medir la velocidad de la luz en un experimento de laboratorio fue el físico francés Armand Hippolyte Louis Fizeau, aunque observaciones astronómicas anteriores habían proporcionado una velocidad aproximadamente correcta. En la actualidad, la velocidad de la luz en el vacío se toma como 299.792.458 m/s, y este valor se emplea para medir grandes distancias a partir del tiempo que emplea un pulso de luz o de ondas de radio para alcanzar un objetivo y volver. Este es el principio del radar.

El conocimiento preciso de la velocidad y la longitud de onda de la luz también permite una medida precisa de las longitudes. De hecho, el metro se define en la actualidad como la longitud recorrida por la luz en el vacío en un intervalo de tiempo de  $1/299.792.458$  segundos. La velocidad de la luz en el aire es ligeramente distinta según la longitud de onda, y en promedio es un 3% menor que en el vacío; en el agua es aproximadamente un 25% menor, y en el vidrio ordinario un 33% menor.

## 1.4. Iluminación eléctrica

Iluminación mediante cualquiera de los numerosos dispositivos que convierten la energía eléctrica en luz. Los tipos de dispositivos de iluminación eléctrica utilizados con mayor frecuencia son las lámparas incandescentes, las lámparas fluorescentes y los distintos modelos de lámparas de arco y de vapor por descarga eléctrica.

## 1.5. Tecnología de la iluminación eléctrica

Si una corriente eléctrica pasa a través de cualquier conductor que no sea perfecto, se gasta una determinada cantidad de energía que en el conductor aparece en forma de calor. Por cuanto cualquier cuerpo caliente despedirá una cierta cantidad de luz a temperaturas superiores a los 525 °C, un conductor que se calienta por encima de dicha temperatura mediante una corriente eléctrica actuará como fuente luminosa.

La lámpara incandescente está formada por un filamento de material de elevada temperatura de fusión dentro de una ampolla de vidrio, en cuyo interior se ha hecho el vacío, o bien llena de un gas inerte. Deben utilizarse filamentos con elevadas temperaturas de fusión porque la proporción entre la energía luminosa y la energía térmica generada por el filamento aumentan a medida que se incrementa la temperatura, obteniéndose la fuente luminosa más eficaz a la temperatura máxima del filamento. En las primeras lámparas incandescentes se utilizaban filamentos de carbono, aunque las modernas se fabrican con filamentos de delgado hilo de volframio o tungsteno, cuya temperatura de fusión es de 3.410 °C. El filamento debe estar en una atmósfera al vacío o inerte, ya que de lo contrario al calentarse reaccionaría químicamente con el entorno circundante. El uso de gas inerte en lugar de vacío en las lámparas incandescentes tiene como ventaja una evaporación más lenta del filamento, lo que prolonga la vida útil de la lámpara. La mayoría de las lámparas incandescentes modernas se rellenan con una mezcla de gases de argón y halógenos, o bien con una pequeña cantidad de nitrógeno o de criptón. La sustitución de las ampollas de vidrio por compactos tubos de vidrio de cuarzo fundido ha permitido cambios radicales en el diseño de las lámparas incandescentes.

## **1.6. Tipos de lámparas**

Las lámparas de descarga eléctrica dependen de la ionización y de la descarga eléctrica resultante en vapores o gases a bajas presiones en caso de ser atravesados por una corriente eléctrica. Los ejemplos más representativos de este tipo de dispositivos son las lámparas de arco rellenas con vapor de mercurio, que generan una intensa luz azul verdosa y que se utilizan para fotografía e iluminación de carreteras; y las lámparas de neón, utilizadas para carteles decorativos y escaparates. En las más modernas lámparas de descarga eléctrica se añaden otros metales al mercurio y al fósforo de los tubos o ampollas para mejorar el color y la eficacia. Los tubos de cerámica translúcidos, similares al vidrio, han permitido fabricar lámparas de vapor de sodio de alta presión con una potencia luminosa sin precedentes.

La lámpara fluorescente es otro tipo de dispositivo de descarga eléctrica empleado para aplicaciones generales de iluminación. Se trata de una lámpara de vapor de mercurio de baja presión contenida en un tubo de vidrio, revestido en su interior con un material fluorescente conocido como fósforo. La radiación en el arco de la lámpara de vapor hace que el fósforo se torne fluorescente. La mayor parte de la radiación del arco es luz ultravioleta invisible, pero esta radiación se convierte en luz visible al excitar al fósforo. Las lámparas fluorescentes se destacan por una serie de importantes ventajas. Si se elige el tipo de fósforo adecuado, la calidad de luz que generan estos dispositivos puede llegar a semejarse a la luz solar. Además, tienen una alta eficacia. Un tubo fluorescente que consume 40 vatios de energía genera tanta luz como una bombilla incandescente de 150 vatios. Debido a su potencia luminosa, las lámparas fluorescentes producen menos calor que las incandescentes para generar una luminosidad semejante.

Un avance en el campo de la iluminación eléctrica es el uso de la luminiscencia, conocida como iluminación de paneles. En este caso, las partículas de fósforo se hallan suspendidas en una fina capa de material aislante, como por ejemplo el plástico. Esta capa se intercala entre dos placas conductoras, una de las cuales es una sustancia translúcida, como el vidrio, revestida en su interior con una fina película de óxido de estaño. Como los dos conductores actúan como electrodos, al ser atravesado el fósforo por una corriente alterna hace que se ilumine. Los paneles luminiscentes se utilizan para una amplia variedad de objetos, como por ejemplo iluminar relojes y sintonizadores de radio, para destacar los peldaños o los pasamanos de las escaleras, y para generar paredes luminosas. Sin embargo, el uso de la iluminación de paneles está limitado por el hecho de que las necesidades de corriente para grandes instalaciones son excesivas.

Se han desarrollado una serie de diferentes tipos de lámparas eléctricas para fines especiales, como la fotografía y el alumbrado de alta intensidad. Por lo general, estas lámparas han sido diseñadas de manera que puedan actuar como reflectores al ser revestidas de una capa de aluminio especular. Un ejemplo de ellas es la utilizada en fotografía, una lámpara incandescente que funciona a una temperatura superior a la normal para obtener una mayor salida de luz. Su vida útil está limitada a 2 ó 3 horas, frente a las 750 a 1.000 horas que dura una lámpara incandescente normal. Las lámparas utilizadas para fotografía de alta velocidad generan un único destello (flash) de luz de alta intensidad que dura escasas centésimas de segundo al encender una carga una hoja de aluminio plegada o un fino hilo de aluminio dentro de una ampolla de vidrio rellena de oxígeno. La lámina se enciende por el calor de un pequeño filamento de la ampolla. Entre los fotógrafos cada vez es más popular la lámpara estroboscópica de descarga de gas a alta velocidad conocida como flash electrónico.

En seguida se muestran las imágenes de varias páginas de un catálogo con información relativa a la iluminación eléctrica.

### **1.7. Focos Incandescentes**

Los focos incandescentes son el tipo más familiar de luz con incontables aplicaciones en el hogar, tiendas y otros establecimientos comerciales. La luz es producida pasando corriente eléctrica a través de un filamento de alambre delgado, generalmente de tungsteno. Sus ventajas incluyen bajo costo inicial, excelente calidad de calor, buen control óptico y versatilidad.

### **1.8. Lámparas Halógenas**

Las lámparas halógenas producen luz pasando corriente a través de un filamento de alambre delgado, pero, estos filamentos operan a temperaturas mayores, las cuales a su vez aumentan la eficacia (LPW) en más de un 20 %. La temperatura del calor es también mayor, produciendo luz "más blanca" que los focos incandescentes estándar. Las lámparas halógenas se encuentran disponibles en una variedad de formas y tamaños y pueden ser usadas de manera efectiva en una variedad de aplicaciones de iluminación, incluyendo iluminación de acentuación y de mostrador, faros delanteros de coches e iluminación proyectada exterior.

La lámpara de descarga de alta intensidad (HID) se basa en la luz emitida por media de un gas o vapor que ha sido excitado por medio de una corriente eléctrica. Es necesaria un balastro para encender la lámpara y regular su operación. La lámpara de descarga tiene ventajas arrolladoras en la eficiencia en



energía sobre los incandescentes en donde es aplicable. La de sodio de alta presión, de haluro metálico y de vapor de mercurio son clasificadas como lámparas de descarga de alta intensidad.

### **1.9. Lámparas De Sodio De Alta Presión**

Las lámparas de sodio de alta presión son altamente eficientes, (hasta 140 lumens por vatio), y producen un tibio color dorado. Excelente para iluminar grandes áreas, éstas son a menudo usadas en la iluminación de caminos, iluminación proyectada, oficinas, centros comerciales, áreas de recepción, parques, usos de iluminación industrial y algunas otras comerciales. Una versión de lujo ha mejorado la presentación del color para las paliaciones de interiores u exteriores

### **1.10. Lámparas De Haluro Metálico**

Las lámparas de haluro metálico de alta presión son también muy eficientes (hasta 115 lumens por vatio) y producen una luz blanca, viva con propiedades de presentación del color de buena a muy buena. Estas proporcionan buen control óptico y son usadas en instalaciones de iluminación en exteriores de alta calidad como iluminación proyectada y aplicaciones de iluminación para deportes, y en tiendas detallistas, recepción y otros espacios públicos y comerciales.

Los miembros más nuevos de la familia de haluro metálico son llamados haluro metálico cerámico (CMH). Estos excitantes y nuevos diseños brindan apariencia de calor tipo halógeno, alta eficiencia y cualidades del calor de control superior, expandiendo el uso de haluro metálico a áreas de color mucho más críticas en aplicaciones de tiendas detallistas, comerciales e incluso residenciales.

### **1.11. Lámparas De Vapor De Mercurio**

Las lámparas de mercurio son los miembros más antiguos de la familia de descarga de alta intensidad. Aunque no son tan eficientes en cuanto a energía como las lámparas de haluro metálico y las de sodio a alta presión, éstas siguen siendo usadas en una variedad de aplicaciones tales como la iluminación de caminos, de seguridad y para jardines, así como algunas aplicaciones en interiores donde la calidad del color es crítica.

### **1.12. Lámparas Fluorescentes**

Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga de mercurio de baja presión las cuales son bastantes eficientes en cuanto a energía (hasta 100 lumens por vatio). Cada una requiere un balastro para encender efectivamente la lámpara y regular su operación. Con las lámparas fluorescentes, la cantidad y el color de la luz emitida depende del tipo de cubierta de fósforo aplicada al interior de la lámpara.

El amplio rango de los fósforos disponibles hace posible producir muchos tonos de color diferentes (temperaturas de color) y diferentes niveles de calidad del color (como fue definido por el Índice de Cambio del Color) para satisfacer necesidades de la aplicación específica. Debido a las áreas de superficie relativamente largas, la luz producida por las lámparas fluorescentes es más difusa y mucho menos direccional que los "recursos de punto" como los focos incandescentes, lámparas halógenas y HID. Todas estas cualidades hacen que las

lámparas fluorescentes sean excelentes para la iluminación en general, iluminación orientada y atenuar paredes para aplicaciones en tiendas de detalle, oficinas, así como en aplicaciones industriales y residenciales.

### 1.13. Lámparas Fluorescentes Compactas

La línea de iluminación GE de lámparas fluorescentes representa un importante adelanto en la tecnología fluorescente. Debido a sus diámetros más pequeños y sus configuraciones plegadas, las lámparas fluorescentes compactas brindan alto rendimiento de la luz en tamaños mucho más pequeños que las lámparas fluorescentes lineales convencionales.

Disponibles en una variedad de diseños de conexión (se requiere el balastro por separado) y de balastro empotrada, las lámparas fluorescentes compactas han llevado al diseño de luminarias de la nueva generación para un rango completo de aplicaciones comerciales e industriales, y brindan ahorro en energía y repuestos de vida más larga para los focos incandescentes. De hecho, las lámparas fluorescentes compactas pueden brindar los mismo lumens que un foco incandescente a casi cuarto del costo.

Tabla 1  
Aplicaciones y beneficios de las lámparas

Aplicación	Necesidades	Utilizar producto Philips	Características	Beneficios
Comercial	Hacer los productos más atractivos. Reducir costos de energía.	White son (sodio de alta presión). Mhk-td (aditivos metálicos).	Elevado flujo luminoso. Alto rendimiento de color. Ahorradoras de energía	Hace lucir a la mercancía más atractiva y más natural. Bajos costos de energía.
Industrial	Áreas grandes uniformemente iluminadas con luz brillante. Reducción de costos de energía y de mantenimiento.	Ceramalux confort. (lámpara hps) aditivos metálicos.	Alto rendimiento de color. Mayor vida útil. Ahorradoras de energía	Mejora de seguridad y la productividad. Bajos costos de energía y de mantenimiento.
Exteriores y alumbrado público	Incrementar la seguridad. Facilitar la identificación de objetos, la gente y alrededores. Reducción de costos de energía y de mantenimiento.	Ceramalux confort (lámpara hps) aditivos metálicos.	Alto rendimiento de color. Mayor vida útil. Ahorradoras de energía	Mejora la seguridad y la productividad. Bajos costos de energía y de mantenimiento.
Horticultura	Iluminar invernaderos. Mejor desarrollo y crecimiento de las plantas. Reducir costos de energía.	Son agro(hps)	Luz azulada (30% de la luz ubicada en las bandas del color del espectro de la luz que emite)	Rápido crecimiento de la planta. Reducción de costos de mantenimiento.
Iluminación deportiva	Luz brillante para campos deportivos que facilite la descripción de los	Aditivos metálicos de 400w a 1000w. Aditivos metálicos de 1800w.	Alto rendimiento de color. Mayor vida útil. Ahorradoras de	Luz brillante de muy buena calidad. Bajos costos de

<b>Iluminación de Seguridad</b>	objetos. Reducción de costos de energía.	Arena visión.	energía. Elevado flujo luminoso.	energía y de mantenimiento.
	Confort y seguridad. Iluminación nocturna.	Sodio de baja presión Ceramalux (HPS).	Mayor vida y durabilidad.	Bajos costos de operación y mayor vida útil.
	Reducción de costos de energía.	Aditivos metálicos.	Ahorradoras de Energía. Compacta. Elevado flujo de luminoso.	

Tabla 2  
Aplicación y beneficios de displays y luz de acentuación.

Aplicación	Necesidades	Utilizar productos Philips	Características	Beneficios
Displays, acentuación. Iluminación hacia abajo (Downlighting)	Brillantes, direccional. Luz concentrada. Ahorro de energía. Bajo rendimiento.	PAR Halógeno 16,20,30,38. Masterline Cuadrada MR-16	Lámparas con alta eficiencia que dan más luz que las lámparas halógenas estándar con un menor consumo de energía.	La mercancía luce más atractiva. Bajo costo de energía. Bajo mantenimiento.
Luz de acentuación. Decoración.	Luz direccional de alta intensidad con haz de luz centrado. Atractiva. Colores suaves y llamativos. Realzar la apariencia de los muebles en un cuarto.	Lámparas Reflectoras. Sporline R.19.25.30 PAR Halógeno 16,20,30,38 Softone.	Sistema de doble reflector. Matrices durazno, rosa, azul y blanco.	Concentra 25% de más luz en el centro del haz que cualquier otra. Iluminación atractiva que resalta los colores de las texturas del hogar.
	Atractivas. Blanca y brillante para interiores.	Cápsulas de halógeno PAR Halógeno 16,20,30,38.	Mayor eficiencia y duración de la lámpara, luz brillante alto mantenimiento de lúmenes.	Luz blanca brillante. Bajos costos de energía. Bajo mantenimiento y mayor vida de la lámpara.

La designación del filamento consiste de una o varias letras que indican cómo el filamento está espiralizado, y de un número arbitrario, a veces seguido de una letra, que indica el arreglo del mismo filamento con sus soportes. En la designación la letra como prefijo normalmente será C (alambre espiralizado) o CC (alambre doblemente espiralizado). Se ilustran algunos de los arreglos más comunes de filamentos.

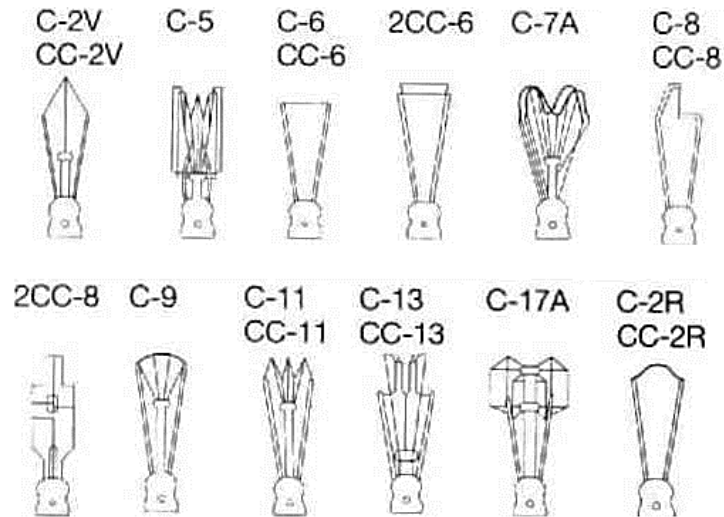


Figura 1. Lámparas Incandescentes – designación del filamento

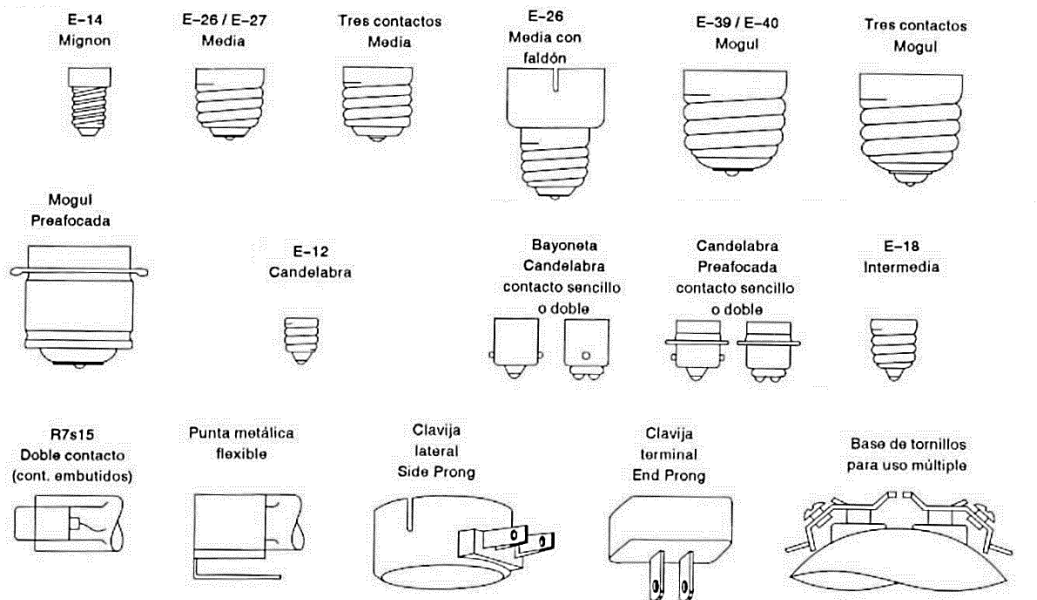


Figura 2. Bases

La forma y el tamaño del bulbo es designado por una o varias letras seguidas de un número. La letra indica la forma del bulbo mientras que el número indica el diámetro del bulbo en octavos de pulgadas. Por ejemplo "R30" indica una forma R con un diámetro de 30 octavos de pulgadas. Las siguientes ilustraciones son las más comunes en cuanto a forma y dimensiones del bulbo.

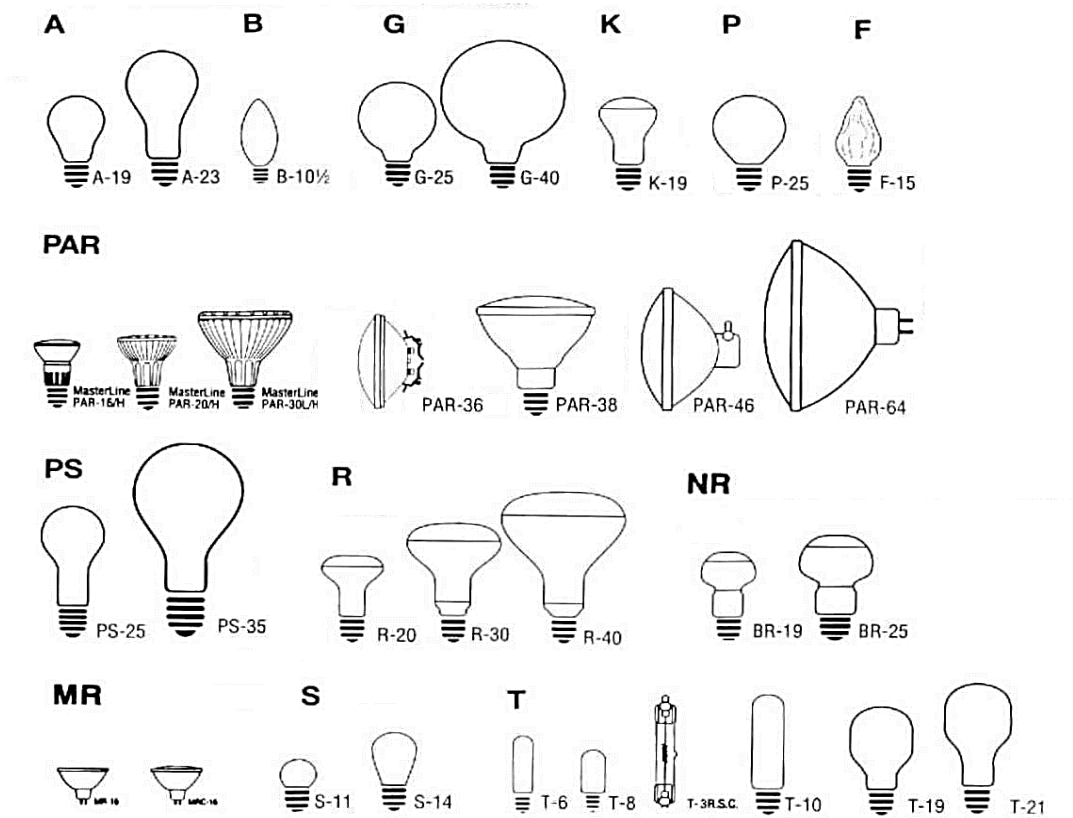


Figura 3. Tipos de bulbo

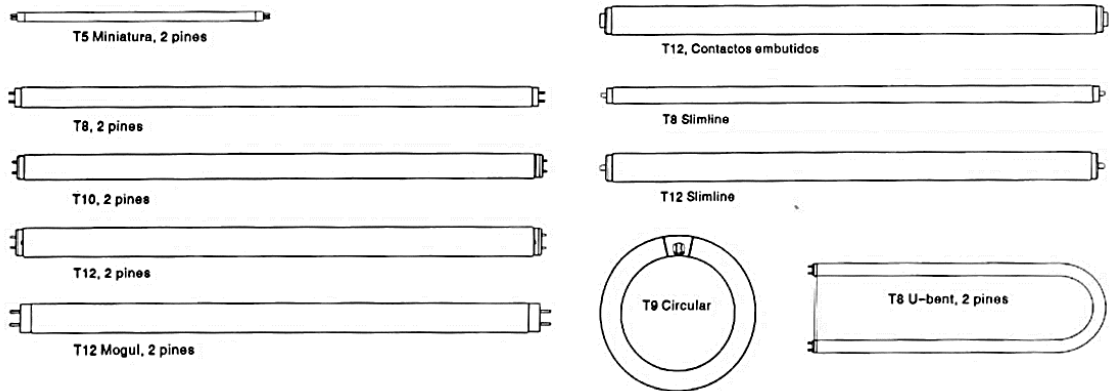


Figura 4. Tipos de fluorescentes

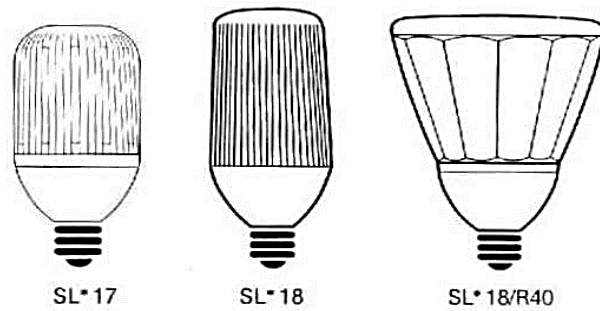
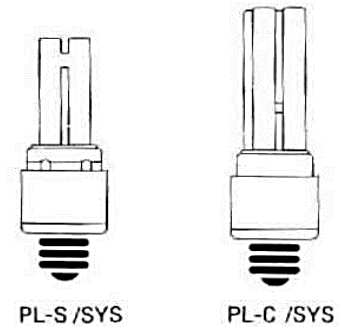
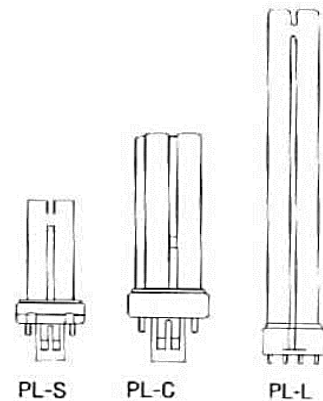
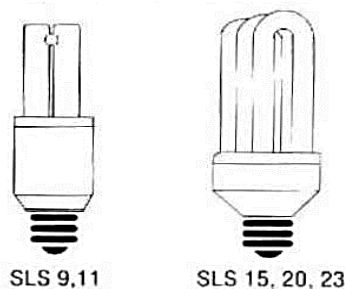
**Lámparas EARTH LIGHT SL**

**Lámparas PL**

**Lámparas EARTH LIGHT SL-S**


Figura 5. Tipos de Lámparas EARTH LIGHT SL, SL-S y PL

## Tema n.º 2: Método de cálculos para iluminación de interiores

La determinación de los niveles de iluminación adecuados para una instalación no es un trabajo sencillo. Hay que tener en cuenta que los valores recomendados para cada tarea y entorno son fruto de estudios sobre valoraciones subjetivas de los usuarios (comodidad visual, agradabilidad, rendimiento visual...). El usuario estándar no existe y por tanto, una misma instalación puede producir diferentes impresiones a distintas personas. En estas sensaciones influirán muchos factores como los estéticos, los psicológicos, el nivel de iluminación...

Como principales aspectos a considerar trataremos:

- El deslumbramiento
- Lámparas y luminarias
- El color
- Sistemas de alumbrado
- Métodos de alumbrado
- Niveles de iluminación

- Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento

## 2.1. Deslumbramiento

El deslumbramiento es una sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Es lo que ocurre cuando miramos directamente una bombilla o cuando vemos el reflejo del sol en el agua.

Existen dos formas de deslumbramiento, el **perturbador** y el **molesto**. El primero consiste en la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa; un ejemplo muy claro lo tenemos cuando conduciendo de noche se nos cruza un coche con las luces largas. El segundo consiste en una sensación molesta provocada porque la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa produciendo fatiga visual. Esta es la principal causa de deslumbramiento en interiores.

Pueden producirse deslumbramientos de dos maneras. La primera es por observación directa de las fuentes de luz; por ejemplo, ver directamente las luminarias. Y la segunda es por observación indirecta o reflejada de las fuentes como ocurre cuando las vemos reflejada en alguna superficie (una mesa, un mueble, un cristal, un espejo...)

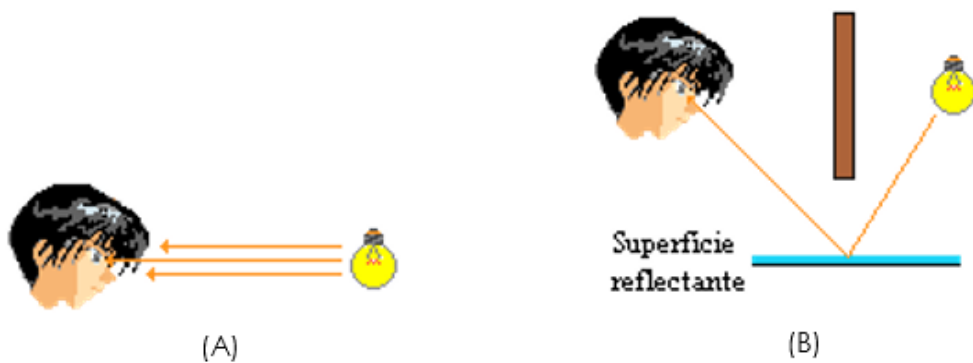


Figura 6. Deslumbramiento directo (A) e indirecto (B)

Estas situaciones son muy molestas para los usuarios y deben evitarse. Entre las medidas que podemos adoptar tenemos ocultar las fuentes de luz del campo de visión usando rejillas o pantallas, utilizar recubrimientos o acabados mates en paredes, techos, suelos y muebles para evitar los reflejos, evitar fuertes contrastes de luminancias entre la tarea visual y el fondo y/o cuidar la posición de las luminarias respecto a los usuarios para que no caigan dentro de su campo de visión.

## 2.2. Lámparas y luminarias

Las **lámparas** empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adapte a las necesidades y características de cada

instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación...)

Tabla 3

Tipos de lámparas más utilizados

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescente</li> <li>• Fluorescente</li> <li>• Halógenas de baja potencia</li> <li>• Fluorescentes compactas</li> </ul>
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alumbrado general: fluorescentes</li> <li>• Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión</li> </ul>
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescentes</li> <li>• Halógenas</li> <li>• Fluorescentes</li> <li>• Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos</li> </ul>
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los tipos</li> <li>• Luminarias situadas a baja altura (<math>\leq 6</math> m): fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura (<math>&gt;6</math> m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores</li> <li>• Alumbrado localizado: incandescentes</li> </ul>
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión</li> </ul>

La elección de las **luminarias** está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de esta. Hay muchos tipos de luminarias y sería difícil hacer una clasificación exhaustiva. La forma y tipo de las luminarias oscilará entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente como pasa en el alumbrado industrial a las más formales donde lo que prima es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico.

Las luminarias para lámparas incandescentes tienen su ámbito de aplicación básico en la iluminación doméstica. Por lo tanto, predomina la estética sobre la eficiencia luminosa. Sólo en aplicaciones comerciales o en luminarias para iluminación suplementaria se buscará un compromiso entre ambas funciones. Son aparatos que necesitan apantallamiento pues el filamento de estas lámparas tiene una luminancia muy elevada y pueden producir deslumbramientos.

En segundo lugar, tenemos las luminarias para lámparas fluorescentes. Se utilizan mucho en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, etc. por su economía y eficiencia luminosa. Así pues, nos encontramos con una gran variedad de modelos que van de los más simples a los



más sofisticados con sistemas de orientación de la luz y apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores).

Por último, tenemos las luminarias para lámparas de descarga a alta presión. Estas se utilizan principalmente para colgar a gran altura (industrias y grandes naves con techos altos) o en iluminación de pabellones deportivos, aunque también hay modelos para pequeñas alturas. En el primer caso se utilizan las luminarias intensivas y los proyectores y en el segundo las extensivas.

### 2.3. El color

Para hacernos una idea de cómo afecta la luz al color consideremos una habitación de paredes blancas con muebles de madera de tono claro. Si la iluminamos con lámparas incandescentes, ricas en radiaciones en la zona roja del espectro, se acentuarán los tonos marrones de los muebles y las paredes tendrán un tono amarillento. En conjunto tendrá un aspecto cálido muy agradable. Ahora bien, si iluminamos el mismo cuarto con lámparas fluorescentes normales, ricas en radiaciones en la zona azul del espectro, se acentuarán los tonos verdes y azules de muebles y paredes dándole un aspecto frío a la sala. En este sencillo ejemplo hemos podido ver cómo afecta el color de las lámparas (su apariencia en color) a la reproducción de los colores de los objetos (el rendimiento en color de las lámparas).

La **apariciencia en color** de las lámparas viene determinada por su **temperatura de color** correlacionada. Se definen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz: luz fría para las que tienen un tono blanco azulado, luz neutra para las que dan luz blanca y luz cálida para las que tienen un tono blanco rojizo.

Tabla 4

Temperatura de color correlacionada

Temperatura de color correlacionada	Apariciencia de color
$T_c > 5.000 \text{ K}$	Fría
$3.300 \leq T_c \leq 5.000 \text{ K}$	Intermedia
$T_c < 3.300 \text{ K}$	Cálida

A pesar de esto, la apariencia en color no basta para determinar qué sensaciones producirá una instalación a los usuarios. Por ejemplo, es posible hacer que una instalación con fluorescentes llegue a resultar agradable y una con lámparas cálidas desagradable aumentando el nivel de iluminación de la sala. El valor de la iluminancia determinará conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas el aspecto final.

Tabla 5

Apariciencia del color de la luz

Iluminancia (lux)	Apariciencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E \leq 500$	agradable	neutra	fría

500 < E < 1.000	↓	↓	↓
1.000 < E < 2.000	estimulante	agradable	neutra
2.000 < E < 3.000	↓	↓	↓
E ≥ 3.000	no natural	estimulante	agradable

El **rendimiento en color** de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores. Se mide con el **Índice de Rendimiento del Color (IRC o Ra)** que compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara con la misma muestra iluminada con una fuente de luz de referencia. Mientras más alto sea este valor mejor será la reproducción del color, aunque a costa de sacrificar la eficiencia y consumo energéticos. La CIE ha propuesto un sistema de clasificación de las lámparas en cuatro grupos según el valor del IRC.

Tabla 6

Apariencia de color y rendimiento en color (CIE)

Grupo de rendimiento en color	Índice de rendimiento en color (IRC)	Apariencia de color	Aplicaciones
1	IRC ≥ 85	Fría Intermedia Cálida	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta Escaparates, tiendas, hospitales Hogares, hoteles, restaurantes
2	70 ≤ IRC < 85	Fría Intermedia Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos) Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados) Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales críticos (en climas fríos)
3	Lámparas con IRC < 70 pero con propiedades de rendimiento en color bastante aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

Ahora que ya conocemos la importancia de las lámparas en la reproducción de los colores de una instalación, nos queda ver otro aspecto no menos importante: la elección del color de suelos, paredes, techos y muebles. Aunque la elección del color de estos elementos viene condicionada por aspectos estéticos y culturales básicamente, hay que tener en cuenta la repercusión que tiene el resultado final en el estado anímico de las personas.



Figura 7. Influencia del color en el ambiente

Los tonos fríos producen una sensación de tristeza y reducción del espacio, aunque también pueden causar una impresión de frescor que los hace muy adecuados para la decoración en climas cálidos. Los tonos cálidos son todo lo contrario. Se asocian a sensaciones de exaltación, alegría y amplitud del espacio y dan un aspecto acogedor al ambiente que los convierte en los preferidos para los climas cálidos.

De todas maneras, a menudo la presencia de elementos fríos (bien sea la luz de las lámparas o el color de los objetos) en un ambiente cálido o viceversa ayudarán a hacer más agradable y/o neutro el resultado final.

#### 2.4. Sistemas de alumbrado

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos de la sala directamente o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.

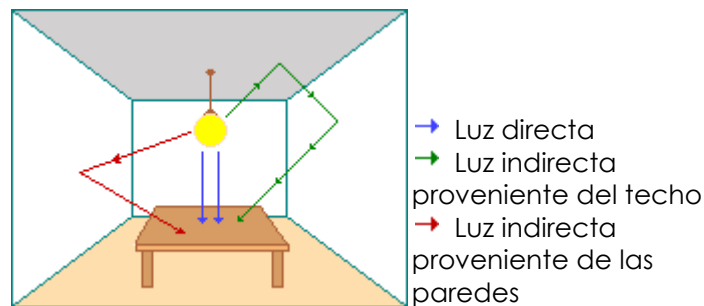


Figura 8. Sistema de alumbrado

La **iluminación directa** se produce cuando todo el flujo de las lámparas va dirigido hacia el suelo. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. Por contra, el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras poco agradables para la vista. Se consigue utilizando luminarias directas.

En la **iluminación semidirecta** la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejada en techo y paredes. En este caso, las sombras son más suaves y el deslumbramiento menor que el anterior. Sólo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.

Si el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta hablamos de **iluminación difusa**. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay

sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados. Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.

Cuando la mayor parte del flujo proviene del techo y paredes tenemos la **iluminación semi indirecta**. Debido a esto, las pérdidas de flujo por absorción son elevadas y los consumos de potencia eléctrica también, lo que hace imprescindible pintar con tonos claros o blancos. Por contra la luz es de buena calidad, produce muy pocos deslumbramientos y con sombras suaves que dan relieve a los objetos.

Por último, tenemos el caso de la **iluminación indirecta** cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural, pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible usar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas.

## 2.5. Métodos de alumbrado

Los métodos de alumbrado nos indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, distinguiremos tres casos: Tipos de alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado.

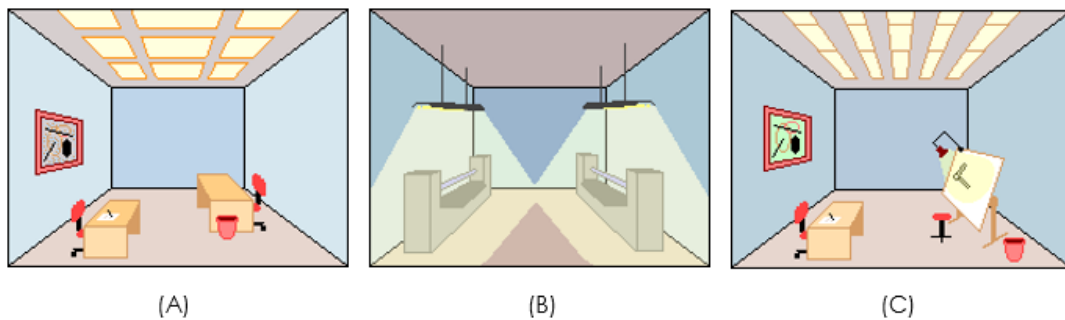


Figura 9. Tipos de alumbrado general (A), alumbrado general localizado (B) y alumbrado localizado (C)

El **alumbrado general** proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local.

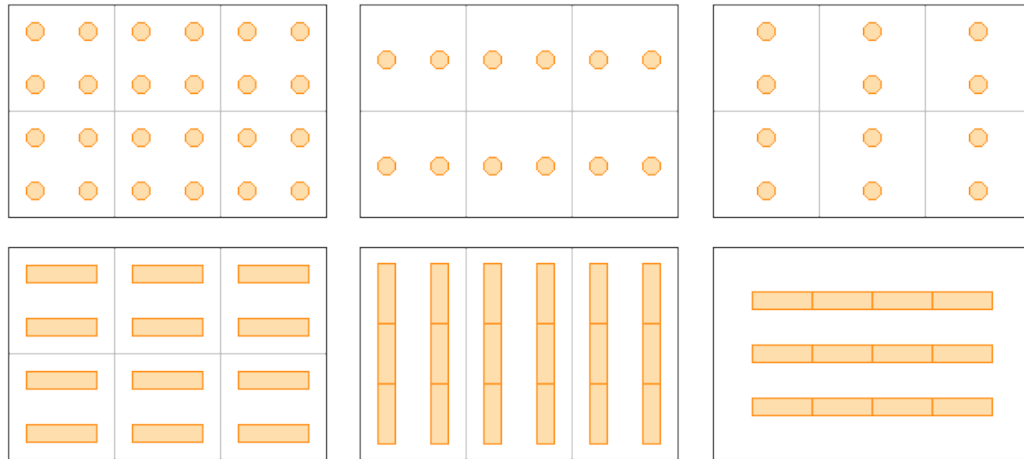


Figura 10. Ejemplos de distribución de luminarias en alumbrado general

El **alumbrado general localizado** proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta. Claro que esto presenta algunos inconvenientes respecto al alumbrado general. En primer lugar, si la diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande se puede producir deslumbramiento molesto. El otro inconveniente es qué pasa si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo; es evidente que si no podemos mover las luminarias tendremos un serio problema. Podemos conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo. Una alternativa es apagar selectivamente las luminarias en una instalación de alumbrado general.

Empleamos el **alumbrado localizado** cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio. Recurrirémos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales. Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplean este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

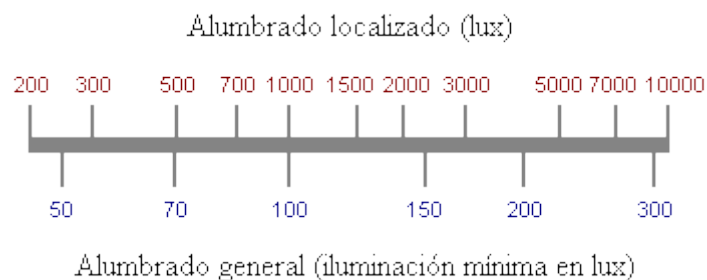


Figura 11. Relación entre el alumbrado general y el localizado

## 2.6. Niveles de iluminación recomendados

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

En el primer caso extraían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lx. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lx. Por último, están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

Tabla 6

Iluminancias recomendadas según la actividad y el tipo de local  $E_m$  (lux)

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

En la tabla anterior tenemos un cuadro simplificado de los niveles de iluminancia en función del tipo de tareas a realizar en el local. Existen, no obstante, tablas más completas en la bibliografía donde se detallan las iluminancias para todo tipo de actividades humanas.

## 2.7. Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento

El paso del tiempo provoca sobre las instalaciones de alumbrado una disminución progresiva en los niveles de iluminancia. Las causas de este problema se manifiestan de dos maneras. Por un lado, tenemos el ensuciamiento de lámparas, luminarias y superficies donde se va depositando el polvo. Y por otro tenemos la depreciación del flujo de las lámparas.

En el primer caso la solución pasa por una limpieza periódica de lámparas y luminarias. Y en el segundo por establecer un programa de sustitución de las lámparas. Aunque a menudo se recurre a esperar a que fallen para cambiarlas, es recomendable hacer la sustitución por grupos o de toda la instalación a la vez según un programa de mantenimiento. De esta manera aseguraremos que los niveles de iluminancia real se mantengan dentro de los valores de diseño de la instalación.

## 2.8. Métodos de iluminación interior

El cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores es bastante sencillo. A menudo nos bastará con obtener el valor medio del alumbrado general usando el método de los lúmenes. Para los casos en que requiramos una mayor precisión o necesitemos conocer los valores de las iluminancias en algunos puntos concretos como pasa en el alumbrado general localizado o el alumbrado localizado recurriremos al método del punto por punto.

## 2.9. Método de los lúmenes

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:

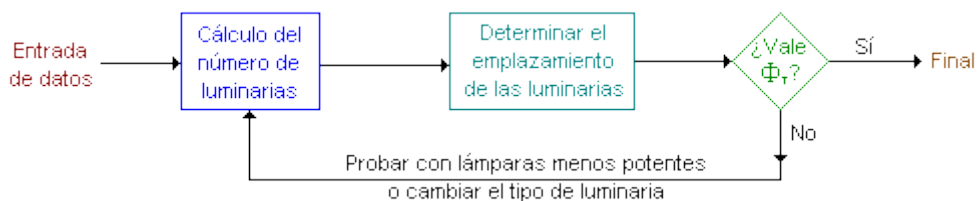


Figura 12. Diagrama unifilar del método de los lúmenes

## 2.10. Datos de entrada

- A. Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.

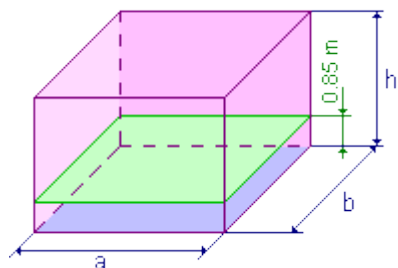
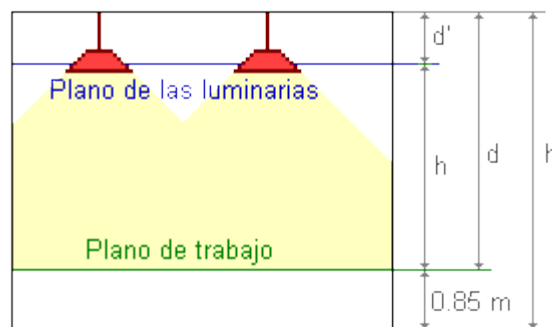


Figura 13. Dimensiones del local

- B. Determinar el nivel de iluminación media ( $E_m$ ). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y podemos encontrarlos tabulados en las normas y recomendaciones que aparecen en la bibliografía.
- C. Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.
- D. Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.
- E. Determinar la **altura de suspensión** de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.



$h$ : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

$h'$ : altura del local

$d$ : altura del plano de trabajo al techo

$d'$ : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Tabla 7  
Alturas de las luminarias

Altura de las luminarias	
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$
	Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$
	$h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

- F. Calcular el **índice del local (k)** a partir de la geometría de este. En el caso del **método europeo** se calcula como:



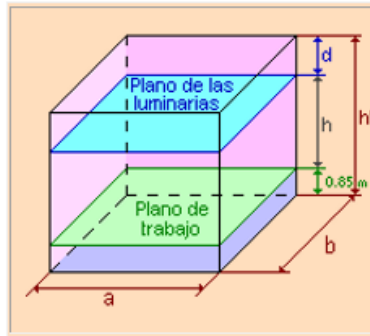
	<b>SISTEMA DE ILUMINACIÓN</b>	<b>ÍNDICE DEL LOCAL</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Iluminación directa,</li> <li>* <u>Semidirecta</u>,</li> <li>* Directa-indirecta</li> <li>* General difusa</li> </ul>	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Iluminación indirecta</li> <li>* <u>Semiindirecta</u></li> </ul>	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Figura 14. Métodos de cálculo del índice de local

Donde **k** es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

- G. Determinar los **coeficientes de reflexión** de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla.

Tabla 8  
Factor de reflexión

	<b>Color</b>	<b>Factor de reflexión (<math>\rho</math>)</b>
<b>Techo</b>	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
<b>Paredes</b>	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
<b>Suelo</b>	claro	0.3
	oscuro	0.1

En su defecto podemos tomar 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

- H. Determinar el **factor de utilización** ( $\eta, CU$ ) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.



Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Figura 15. Ejemplo de tabla del factor de utilización

- I. **Determinar el factor de mantenimiento ( $f_m$ ) o conservación de la instalación.** Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Tabla 9  
Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento ( $f_m$ )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

## J. Cálculos

J.1. **Cálculo del flujo luminoso total necesario.** Para ello aplicaremos la fórmula

$$\Phi_{\tau} = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

- $\Phi_{\tau}$  es el flujo luminoso total
- E es la iluminancia media deseada
- S es la superficie del plano de trabajo
- $\eta$  es el factor de utilización
- $f_m$  es el factor de mantenimiento

J.2. **Cálculo del número de luminarias.**

$$N = \frac{\Phi_{\tau}}{n \cdot \Phi_L} \quad \text{Redondeado por exceso}$$

Donde:

- N es el número de luminarias
- $\Phi_{\tau}$  es el flujo luminoso total

- $\Phi$  es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

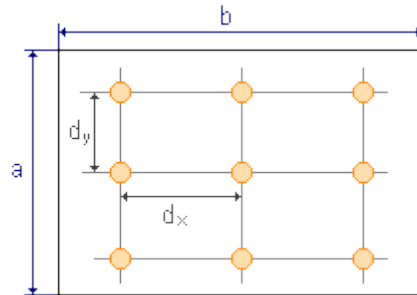
### K. Emplazamiento de las luminarias

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuirlas sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left( \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right)$$

donde N es el número de luminarias



La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Veámoslo mejor con un dibujo:

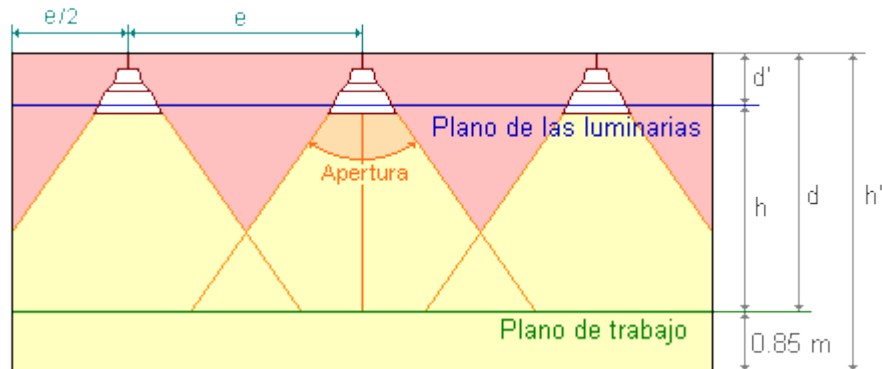


Figura 16. Distancia máxima de separación entre luminarias

Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará, aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

Tabla 10

Altura del local y distancia máxima entre luminarias

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
<b>intensiva</b>	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
<b>extensiva</b>	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
<b>semiextensiva</b>	4 - 6 m	
<b>extensiva</b>	$\leq 4$ m	$e \leq 1.6 h$
<b>distancia pared-luminaria: <math>e/2</math></b>		

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

#### L. Comprobación de los resultados

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{\text{tablas}}$$

Donde:

- $E_m$  es la iluminancia media deseada
- $E_{\text{tablas}}$  es la iluminancia en tablas
- $S$  es la superficie del plano de trabajo
- $\eta$  es el factor de utilización
- $f_m$  es el factor de mantenimiento
- $\Phi_L$  es el flujo luminoso de una lámpara
- $n$  es el número de lámparas por luminaria

### Tema n.º 3: Método de cálculos para iluminación de exteriores

Contrariamente a lo que se pueda pensar, detrás de los cálculos y recomendaciones sobre alumbrado de vías públicas existe un importante desarrollo teórico sobre diferentes temas (pavimentos, deslumbramiento, confort visual, etc.). Afortunadamente, hoy día estos cálculos están muy mecanizados y no es necesario tener profundos conocimientos en la materia para realizarlos. No obstante, es recomendable tener nociones de algunos de ellos para comprender mejor la mecánica de cálculo. Así tras estudiar algunos conceptos previos de iluminancia, veremos soluciones prácticas de alumbrado viario y los niveles de iluminancia recomendados.



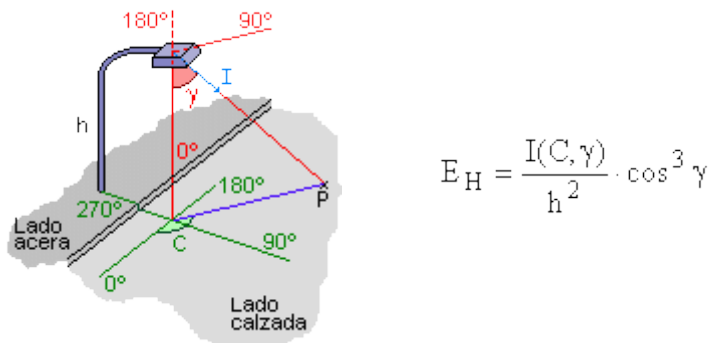
Figura 17. Iluminancia exterior

### 3.1. Iluminancia

La iluminancia indica la cantidad de luz que llega a una superficie y se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie:

$$E = \frac{d\Phi}{ds}$$

Si la expresamos en función de la intensidad luminosa nos queda como:

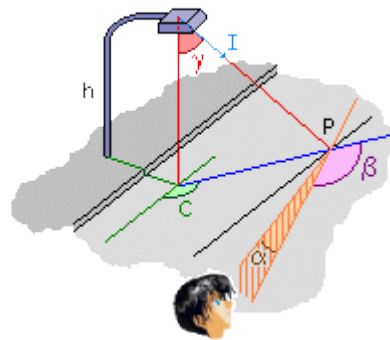


donde I es la intensidad recibida por el punto P en la dirección definida por el par de ángulos (C, γ) y h la altura del foco luminoso. Si el punto está iluminado por más de una lámpara, la iluminancia total recibida es entonces:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i, \gamma_i)}{h_i^2} \cdot \cos^3 \gamma_i$$

### 3.2. Luminancia

La luminancia, por contra, es una medida de la luz que llega a los ojos procedente de los objetos y es la responsable de excitar la retina provocando la visión. Esta luz proviene de la reflexión que sufre la iluminancia cuando incide sobre los cuerpos. Se puede definir, pues, como la porción de intensidad luminosa por unidad de superficie que es reflejada por la calzada en dirección al ojo.



$$L = q(\beta, \gamma) \cdot E_H$$

donde  $q$  es el coeficiente de luminancia en el punto  $P$  que depende básicamente del ángulo de incidencia  $\gamma$  y del ángulo entre el plano de incidencia y el de observación  $\beta$ . El efecto del ángulo de observación  $\alpha$  es despreciable para la mayoría de conductores (automovilistas con campo visual entre 60 y 160 m por delante y una altura de 1,5 m sobre el suelo) y no se tiene en cuenta. Así pues, nos queda:

$$L = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \cdot q(\beta, \gamma)$$

Por comodidad de cálculo, se define el termino:

$$r(\beta, \gamma) = q(\beta, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma$$

Quedando finalmente:

$$L = \frac{I(C, \gamma) \cdot r(\beta, \gamma)}{h^2}$$

Y si el punto está iluminado por más de una lámpara, resulta:

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i, \gamma_i) \cdot r(\beta_i, \gamma_i)}{h_i^2}$$

Los valores de  $r(\beta, \gamma)$  se encuentran tabulados o incorporados a programas de cálculo y dependen de las características de los pavimentos utilizados en la vía.

### 3.3. Criterios de calidad

Para determinar si una instalación es adecuada y cumple con todos los requisitos de seguridad y visibilidad necesarios se establecen una serie de parámetros que sirven como criterios de calidad. Son la luminancia media ( $L_m$ ,  $L_{AV}$ ), los coeficientes de uniformidad ( $U_o$ ,  $U_L$ ), el deslumbramiento ( $TI$  y  $G$ ) y el coeficiente de iluminación de los alrededores ( $SR$ ).

### 3.4. Coeficientes de uniformidad

Como criterios de calidad y evaluación de la uniformidad de la iluminación en la vía se analizan el rendimiento visual en términos del coeficiente global de uniformidad  $U_0$  y la comodidad visual mediante el coeficiente longitudinal de uniformidad  $U_L$  (medido a lo largo de la línea central).

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_m} \qquad U_L = \frac{L_{\min}}{L_{\max}}$$

### 3.5. Deslumbramiento

El deslumbramiento producido por las farolas o los reflejos en la calzada, es un problema considerable por sus posibles repercusiones. En sí mismo, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se hace necesario, por tanto, cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios.

Se llama **deslumbramiento molesto** a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable.

Tabla 11  
Evaluación del deslumbramiento y evaluación del alumbrado

<b>G</b>	<b>Deslumbramiento</b>	<b>Evaluación del alumbrado</b>
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	Inapreciable	Excelente

Donde la fórmula de G se calcula a partir de características de la luminaria y la instalación.

Actualmente no se utiliza mucho porque se considera que siempre que no se excedan los límites del deslumbramiento perturbador este está bajo control.

El **deslumbramiento perturbador** se produce por la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa. No obstante, este fenómeno no lleva necesariamente asociado una sensación incómoda como el deslumbramiento molesto. Para evaluar la pérdida de visión se utiliza el criterio del incremento de umbral (TI) expresado en tanto por ciento:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0.5}}$$

donde  $L_v$  es la luminancia de velo equivalente y  $L_m$  es la luminancia media de la calzada.

### 3.6. Coeficiente de iluminación en los alrededores

El coeficiente de iluminación en los alrededores (*Surround Ratio*, SR) es una medida de la iluminación en las zonas limítrofes de la vía. De esta manera se asegura que los objetos, vehículos o peatones que se encuentren allí sean visibles para los conductores. SR se obtiene calculando la iluminancia media de una franja de 5 m de ancho a cada lado de la calzada.

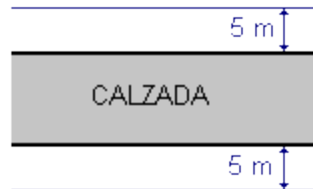


Figura 17. Coeficiente de iluminación en los alrededores

### 3.7. Lámparas y luminarias

Las **lámparas** son los aparatos encargados de generar la luz. En la actualidad, en alumbrado público se utilizan las lámparas de descarga frente a las lámparas incandescentes por sus mejores prestaciones y mayor ahorro energético y económico. Concretamente, se emplean las lámparas de vapor de mercurio a alta presión y las de vapor de sodio a baja y alta presión.

Las **luminarias**, por contra, son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares además de concentrar y dirigir el flujo luminoso de esta. Para ello, adoptan diversas formas, aunque en alumbrado público predominan las de flujo asimétrico con las que se consigue una mayor superficie iluminada sobre la calzada. Las podemos encontrar montadas sobre postes, columnas o suspendidas sobre cables transversales a la calzada, en catenarias colgadas a lo largo de la vía o como proyectores en plazas y cruces.



Figura 18. Ejemplos de luminarias



Antiguamente las luminarias se clasificaban según las denominaciones cut-off, semi cut-off y non cut-off.

Tabla 12  
Clasificación para luminarias de alumbrado público (CIE 1965)

	Máximo valor permitido de la intensidad emitida para un ángulo de elevación		Dirección de la intensidad máxima
	80 °	90 °	
Cut-off	$\leq 30$ cd /1000 lm	$\leq 10$ cd /1000 lm	$\leq 65$ °
Semi cut-off	$\leq 100$ cd /1000 lm	$\leq 50$ cd /1000 lm	$\leq 75$ °
Non cut-off	$> 100$ cd /1000 lm	$> 50$ cd /1000 lm	$\leq 90$ °

En la actualidad, las luminarias se clasifican según tres parámetros (alcance, dispersión y control) que dependen de sus características fotométricas. Los dos primeros nos informan sobre la distancia en que es capaz de iluminar la luminaria en las direcciones longitudinal y transversal respectivamente. Mientras, el control nos da una idea sobre el deslumbramiento que produce la luminaria a los usuarios.

El **alcance** es la distancia, determinada por el ángulo  $\gamma_{MAX}$ , en que la luminaria es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal. Este ángulo se calcula como el valor medio entre los dos ángulos correspondientes al 90% de  $I_{MAX}$  que corresponden al plano donde la luminaria presenta el máximo de la intensidad luminosa.

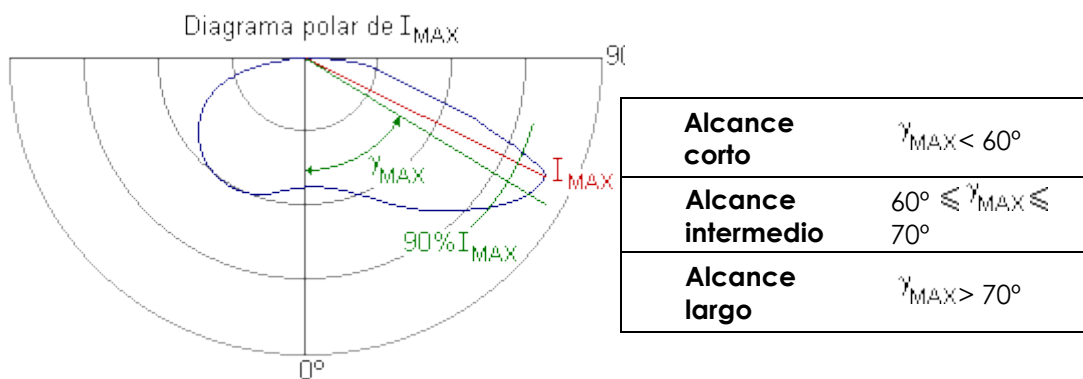
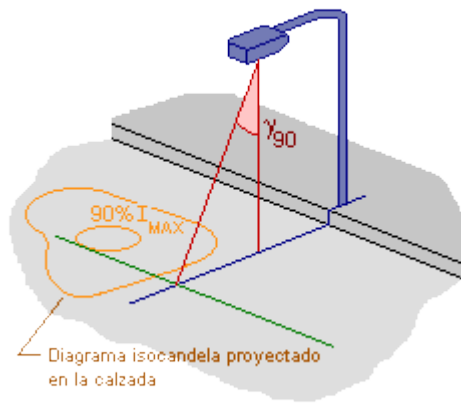


Figura 19. Alcance longitudinal

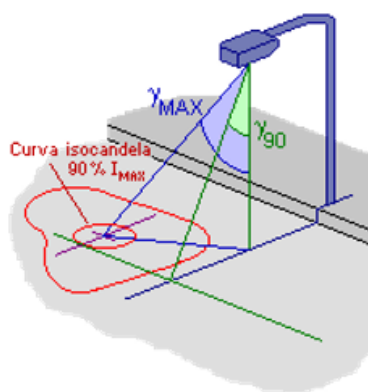
La **dispersión** es la distancia, determinada por el ángulo  $\gamma_{90}$ , en que es capaz de iluminar la luminaria en dirección transversal a la calzada. Se define como la recta tangente a la curva isocandela del 90% de  $I_{MAX}$  proyectada sobre la calzada, que es paralela al eje de esta y se encuentra más alejada de la luminaria.



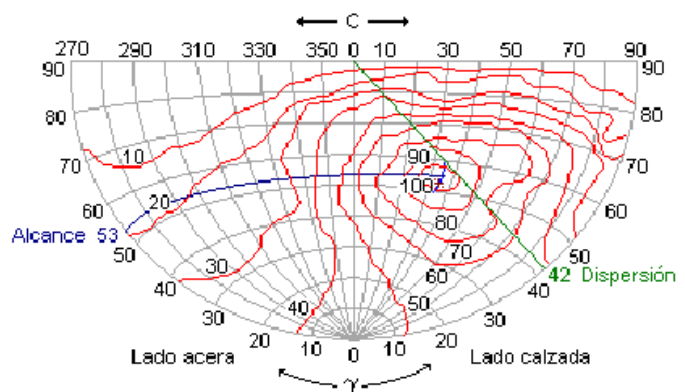
<b>Dispersión estrecha</b>	$\gamma_{90} < 45^\circ$
<b>Dispersión media</b>	$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$
<b>Dispersión ancha</b>	$\gamma_{90} > 55^\circ$

Figura 20. Dispersión transversal

Tanto el alcance como la dispersión pueden calcularse gráficamente a partir del diagrama isocandela relativo en proyección azimutal.



(A)



(B)

Figura 21. Alcance y dispersión de una luminaria (A) – método gráfico para calcular el alcance y la dispersión (B)

Por último, el **control** nos da una idea de la capacidad de la luminaria para limitar el deslumbramiento que produce.

<b>Control limitado</b>	$SLI < 2$
<b>Control medio</b>	$2 \leq SLI \leq 4$
<b>Control intenso</b>	$SLI > 4$

Donde la fórmula del SLI (índice específico de la luminaria) se calcula a partir de las características de esta.

### 3.8. Disposición de las luminarias en la vía

Para conseguir una buena iluminación, no basta con realizar los cálculos, debe proporcionarse información extra que oriente y advierta al conductor con suficiente antelación de las características y trazado de la vía. Así en curvas es recomendable situar las farolas en la exterior de la misma, en autopistas de varias calzadas ponerlas en la mediana o cambiar el color de las lámparas en las salidas.

En los **tramos rectos de vías con una única calzada** existen tres disposiciones básicas: unilateral, bilateral tresbolillo y bilateral pareada. También es posible suspender la luminaria de un cable transversal pero sólo se usa en calles muy estrechas.

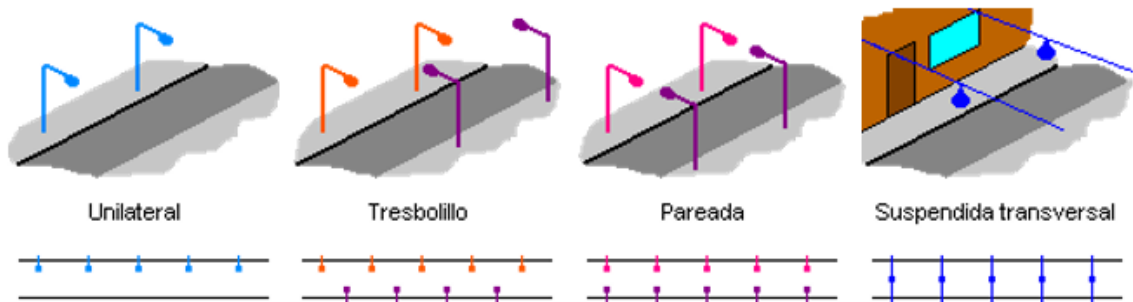


Figura 22. Disposiciones de la calzada: unilateral, tresbolillo, pareada y suspendida transversal



Figura 23. Ejemplos de disposiciones de la calzada

La distribución unilateral se recomienda si la anchura de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias. La bilateral tresbolillo si está comprendida entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje y la bilateral pareada si es mayor de 1.5.

Tabla 13  
Relación entre anchura de la vía y la altura del montaje

Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje	
Unilateral	$A/H < 1$
Tresbolillo	$1 \leq A/H \leq 1.5$
Pareada	$A/H > 1.5$

En el caso de **tramos rectos de vías con dos o más calzadas** separadas por una mediana se pueden colocar las luminarias sobre la mediana o considerar las dos calzadas de forma independiente. Si la mediana es estrecha se pueden colocar farolas de doble brazo que dan una buena orientación visual y tienen muchas ventajas constructivas y de instalación por su simplicidad. Si la mediana es muy ancha es preferible tratar las calzadas de forma separada. Pueden combinarse los brazos dobles con la disposición al tresbolillo o aplicar iluminación unilateral en cada una de ellas. En este último caso es recomendable poner las luminarias en el lado contrario a la mediana porque de esta forma incitamos al usuario a circular por el carril de la derecha.

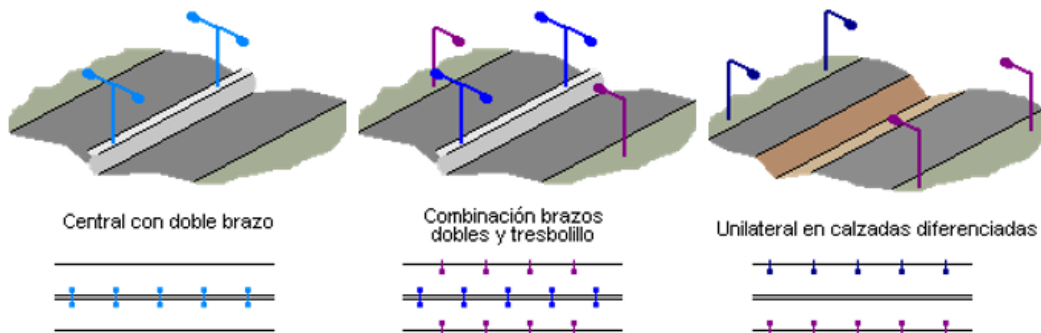


Figura 24. Disposiciones con dos o más calzadas



Figura 25. Ejemplos de disposiciones de dos o más calzadas

**tramos curvos** las reglas a seguir son proporcionar una buena orientación visual y hacer menor la separación entre las luminarias cuanto menor sea el radio de la curva. Si la curvatura es grande ( $R > 300$  m) se considerará como un tramo recto. Si es pequeña y la anchura de la vía es menor de 1,5 veces la altura de las luminarias se adoptará una disposición unilateral por el lado exterior de la curva. En el caso contrario se recurrirá a una disposición bilateral pareada, nunca tresbolillo pues no informa sobre el trazado de la carretera.

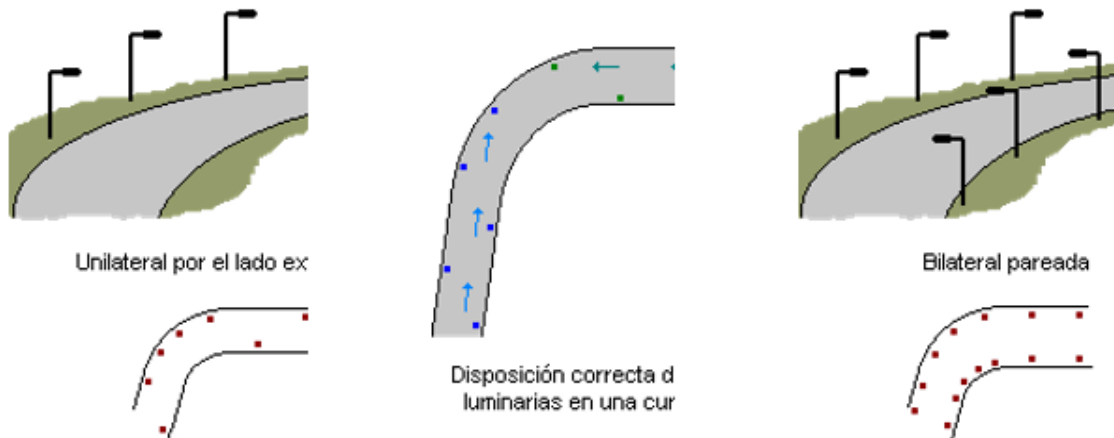


Figura 26. Disposición de tramos curvos

$R > 300$ m	Asimilar a un tramo recto
$R < 300$ m	$A/H < 1.5$ Unilateral exterior
	$A/H > 1.5$ Bilateral pareada



Figura 27. Ejemplos de tramos curvos

En **cruces** conviene que el nivel de iluminación sea superior al de las vías que confluyen en él para mejorar la visibilidad. Asimismo, es recomendable situar las farolas en el lado derecho de la calzada y después del cruce. Si tiene forma de T hay que poner una luminaria al final de la calle que termina. En las salidas de autopistas conviene colocar luces de distinto color al de la vía principal para

destacarlas. En cruces y bifurcaciones complicados es mejor recurrir a iluminación con proyectores situados en postes altos, más de 20 m, pues desorienta menos al conductor y proporciona una iluminación agradable y uniforme.

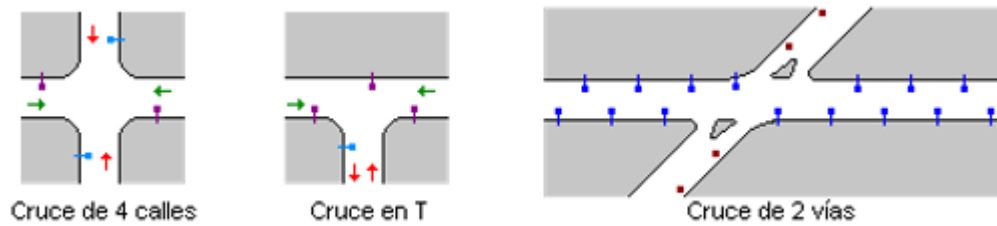


Figura 28. Disposición en cruces

En las **plazas y glorietas** se instalarán luminarias en el borde exterior de estas para que iluminen los accesos y salidas. La altura de los postes y el nivel de iluminación será por lo menos igual al de la calle más importante que desemboca en ella. Además, se pondrán luces en las vías de acceso para que los vehículos vean a los peatones que crucen cuando abandonen la plaza. Si son pequeñas y el terraplén central no es muy grande ni tiene arbolado se puede iluminar con un poste alto multibrazo. En otros casos es mejor situar las luminarias en el borde del terraplén en las prolongaciones de las calles que desemboca en esta.

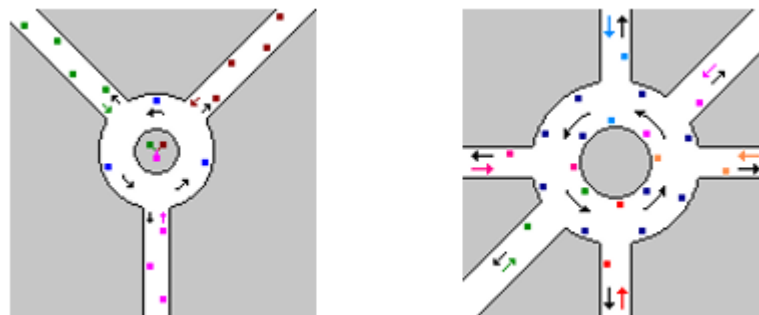


Figura 29. Disposición en plazas y glorietas

En los **pasos de peatones** las luminarias se colocarán antes de estos según el sentido de la marcha de tal manera que sea bien visible tanto por los peatones como por los conductores.

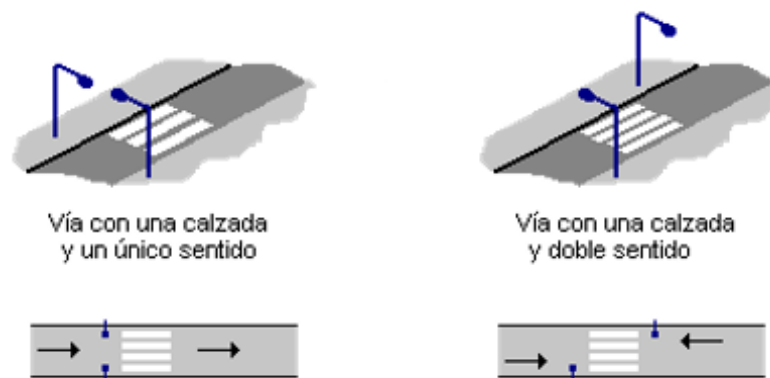




Figura 30. Disposición en pasos peatonales

Por último, hay que considerar la **presencia de árboles en la vía**. Si estos son altos, de unos 8 a 10 metros, las luminarias se situarán a su misma altura. Pero si son pequeños las farolas usadas serán más altas que estos, de 12 a 15 m de altura. En ambos casos es recomendable una poda periódica de los árboles.



Figura 31. Disposición en presencia de árboles en la vía

### 3.9. Niveles de iluminación recomendados

Los niveles de iluminación recomendados dependen de las normativas en vigor en cada territorio, aunque muchas de ellas toman como referencia los valores aconsejados por la CIE. Según esta, las vías se dividen en cinco tipos de acuerdo con las características del tráfico, de la vía y de los alrededores.

Tabla 14  
Valores recomendados por la CIE (1977)

Tipo de vía	Entorno	Categoría	Luminancia media Lm (cd/m <sup>2</sup> )	Coeficientes de uniformidad		Control del deslumbramiento	
				Global U <sub>0</sub>	Longitudinal U <sub>L</sub>	Molesto G	Perturbador TI
A		A	≥2			≥6	
B	Claro	B1	≥2		≥0.7	≥5	≤10 %
	Oscuro	B2	≥1			≥6	
C	Claro	C1	≥2	≥0.4		≥5	≤20 %
	Oscuro	C2	≥1			≥6	≤10 %
D	Claro	D	≥2		≥0.5	≥4	
E	Claro	E1	≥1			≥4	≤20 %
	Oscuro	E2	≥0.5			≥5	

Los valores indicados en la tabla son luminancias, no iluminancias, pues recordemos que son estas las responsables de provocar la sensación de visión.

A partir de 1995 la CIE ha establecido unas nuevas recomendaciones más acordes con las últimas investigaciones sobre el tema.

Tabla 15  
Valores recomendados por la CIE (1995)

Categoría	Luminancia media $L_m$ ( $cd/m^2$ )	Coeficientes de uniformidad		Control del deslumbramiento TI	Alrededores SR
		Global $U_0$	Perturbador TI		
M1	$\geq 2.00$				
M2	$\geq 1.50$		$\geq 0.7$	$\leq 10$	$\geq 0.5$
M3	$\geq 1.00$	$\geq 0.4$	$\geq 0.5$		
M4	$\geq 0.75$			$\leq 15$	
M5	$\geq 0.50$				

Además de estas recomendaciones que se aplican en los tramos normales de las vías hay que considerar que en las zonas conflictivas (cruces, intersecciones, estrechamiento de la vía o del número de carriles, zonas con circulación de peatones o vehículos lentos que dificulten la circulación, rotondas, pasos a nivel, rampas, etc.) suele ser necesario un incremento de los requerimientos luminosos.

Si trabajamos con luminancias hay que aumentar en una unidad la categoría de la vía de valor de  $M_x$  más alta que converja en la zona. Cuando sea del tipo M1 a dicha zona también se aplicará este criterio.

En distancias cortas, menos de 60 m, no se pueden aplicar los métodos de cálculos de las luminancias y se utiliza el criterio de las iluminancias.

Tabla 16  
Número de categorías de la zona de conflicto

Categoría	Nivel medio iluminancia $E_m$ (lux)	Coeficiente global uniformidad $U_0$
C0	$\geq 50$	
C1	$\geq 30$	
C2	$\geq 20$	
C3	$\geq 15$	$\geq 0.4$
C4	$\geq 10$	
C5	$\geq 7.5$	

El número de la categoría de la zona de conflicto ( $C_x$ ) no será menor que el de la vía de mayor categoría ( $M_x$ ) que confluya en la zona.

### 3.10. Método de los nueve puntos

Supongamos un tramo de vía recta con disposición unilateral de las luminarias y separadas una distancia  $d$ .



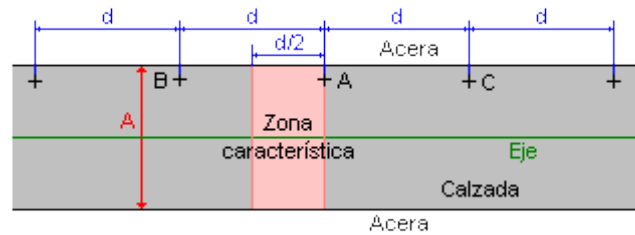


Figura 32. Disposición unilateral de las luminarias

Debido a las simetrías existentes en la figura, bastará con calcular las iluminancias en la zona señalada. En el resto de la calzada estos valores se irán repitiendo periódicamente.

Para hacer los cálculos, la zona se divide en nueve dominios con otros tantos puntos.

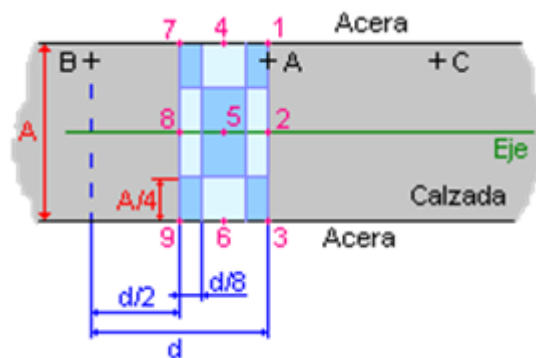


Figura 33. Distribución de puntos en una disposición unilateral

El valor medio de las iluminancias será para este caso:

$$E_m = \frac{E_1 \cdot S_1 + E_2 \cdot S_2 + \dots + E_9 \cdot S_9}{S_1 + S_2 + \dots + S_9} = \frac{\sum_{i=1}^9 E_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^9 S_i}$$

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

con:

$$S_1 = S_3 = S_7 = S_9 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{32} = S_1$$

$$S_2 = S_8 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_4 = S_6 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_5 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{8} = 4S_1$$

Se puede demostrar fácilmente que la expresión anterior de  $E_m$  es también válida para las disposiciones tresbolillo y bilateral pareada.

Para calcular las iluminancias sobre cada nodo sólo consideraremos la contribución de las luminarias más próximas despreciándose el resto por tener una influencia pequeña.

La iluminancia en cada punto vale entonces:

$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$$

$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$	
<p style="text-align: center;">Distribución de puntos en una disposición unilateral</p>	$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$
<p style="text-align: center;">Distribución de puntos en una disposición tresbolillo</p>	$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$

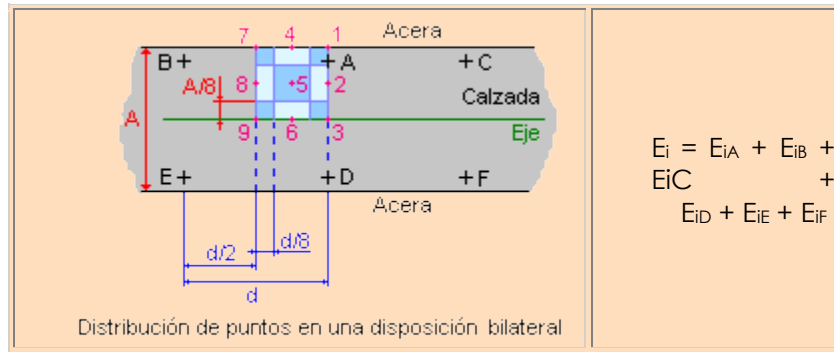


Figura 33. Distribución de puntos en una disposición unilateral, tresbolillo y bilateral

Además de  $E_m$  podemos calcular los coeficientes de uniformidad media y extrema de las iluminancias

$$\text{Uniformidad media} = \frac{E_{m\min}}{E_m}$$

$$\text{Uniformidad extrema} = \frac{E_{m\min}}{E_{m\max}}$$

Para calcular las iluminancias podemos proceder de dos maneras:

En primer lugar, podemos calcularlas usando la fórmula:

$$E_i = \frac{I(C, \gamma)}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma_i$$

donde  $I$  se puede obtener de los gráficos polares o de la matriz de intensidades.

La otra posibilidad es recurrir a un método gráfico. En él, los valores de las iluminancias se obtienen por lectura directa de las curvas isolux. Para ello necesitaremos:

1. Las curvas isolux de la luminaria (fotocopiadas sobre papel vegetal o transparencias)
2. La planta de la calle dibujada en la misma escala que la curva isolux.
3. Una tabla para apuntar los valores leídos.

El procedimiento de cálculo es el siguiente. Sobre el plano de la planta situamos los nueve puntos y las proyecciones de los centros fotométricos de las luminarias sobre la calzada.

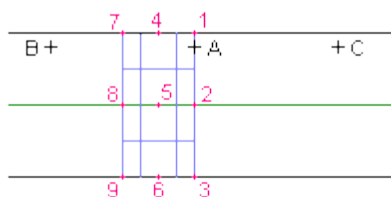


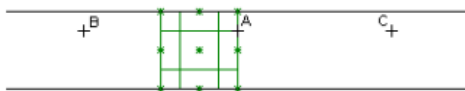
Figura 34. Plano de planta con los nueve puntos

A continuación, se superpone sucesivamente la curva isolux sobre el plano de manera que su origen quede situado sobre la luminaria y los ejes estén correctamente orientados (0-180° paralelo al eje de la calzada y 90°-270° perpendicular al mismo). Se leen los valores de la luminancia en cada punto y se apuntan en la tabla. a continuación, se suman los valores relativos para cada punto y se calculan los valores reales. Finalmente calculamos la iluminancia media y los factores de uniformidad media y extrema.

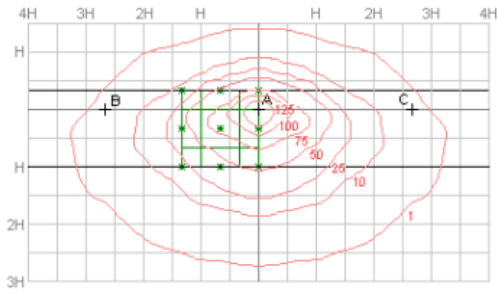
Veámoslo mejor con un ejemplo sencillo. Supongamos una calle con luminarias de 20000 lm situadas a una altura de 8 m.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
$\sum E_{i\text{ curva}}$									
$E_{i\text{ real}}$									

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\sum E_{i\text{ c}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$E_{i\text{ real}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0

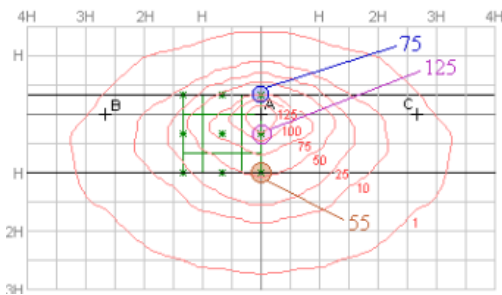


	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\sum E_{i\text{ c}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$E_{i\text{ real}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0



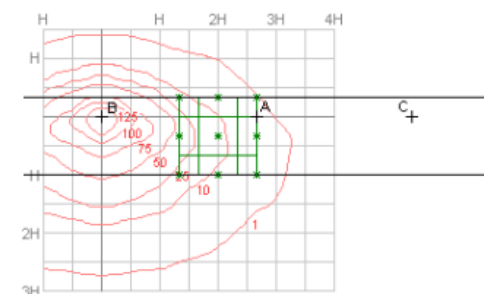
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma E_{i,c}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$E_{i,real}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sobre el plano de la calle superponemos la curva isolux sobre una de las luminarias.



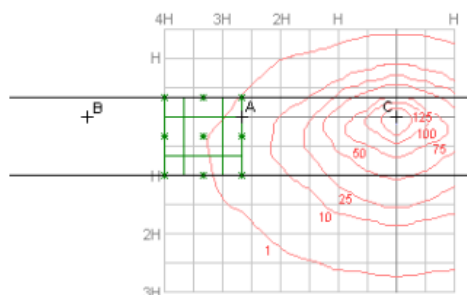
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	75	125	55	50	80	45	15	45	20
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma E_{i,c}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$E_{i,real}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A continuación, leemos los valores relativos de la iluminancia en cada punto y los anotamos en la tabla.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	75	125	55	50	80	45	15	45	20
B	1	5	4	7	15	8	18	45	20
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma E_{i,c}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$E_{i,real}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Una vez terminado, trasladamos la curva isolux a otra luminaria y repetimos el proceso.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	75	125	55	50	80	45	15	45	20
B	1	5	4	7	15	8	18	45	20
C	1	5	4	0	1	0	0	0	0
$\Sigma E_{i,c}$	77	135	63	57	96	53	33	90	40
$E_{i,real}$	24.1	42.2	19.7	17.8	30	16.6	10.3	28.1	12.5

Finalmente, sumamos las contribuciones individuales de cada luminaria sobre cada uno de los puntos, y obtenemos sus iluminancias relativas. Por último, sólo queda calcular los valores reales aplicando la fórmula.

Los valores reales de las iluminancias en cada punto se calculan a partir de los relativos aplicando la fórmula:

$$E_r = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{\Phi_c} \cdot \left( \frac{h_c}{h_r} \right)^2 = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{h_r^2} \cdot \frac{1}{1000} = E_c \cdot \frac{20000}{8^2} \cdot \frac{1}{1000} = 0.3125 \cdot E_c$$

Finalmente, calculamos la iluminancia media y los factores de uniformidad:

$$E_m = \frac{24.1 + 2 \cdot 42.2 + 19.7 + 2 \cdot 17.8 + 4 \cdot 30 + 2 \cdot 16.6 + 10.3 + 2 \cdot 28.1 + 12.5}{16} = 24.75 \text{ lx}$$

$$U_m = \frac{E_{\min}}{E_m} = \frac{10.3}{24.75} = 0.42 \quad U_{\text{ext}} = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \frac{10.3}{42.2} = 0.24$$

Existen otros métodos de cálculo más potentes y fiables orientados a su empleo en aplicaciones informáticas, pero los principios en que se basa su funcionamiento son los que acabamos de exponer.

## Tema n.º 4: Medrado y presupuesto

### NORMA TÉCNICA

#### METRADOS PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN Y HABILITACIONES URBANAS

#### INDICE

##### TITULO I: GENERALIDADES.

1. PREFACIO.
2. OBJETIVO.
3. CAMPO DE APLICACIÓN.
4. REFERENCIAS NORMATIVAS.
5. GLOSARIO.

##### TITULO II: METRADOS PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN

- OE.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.
- OE.2 ESTRUCTURAS.
- OE.3 ARQUITECTURA.
- OE.4 INSTALACIONES SANITARIAS.
- OE.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS.**
- OE.6 INSTALACIONES DE COMUNICACIONES.
- OE.7 INSTALACIONES DE GAS.

##### TITULO III: METRADOS PARA HABILITACIONES URBANAS.

- HU.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.
- HU.2 PISTAS Y VEREDAS.
- HU.3 INFRAESTRUCTURA SANITARIA.

**HU.4 INFRAESTRUCTURA ELECTRICA.**

HU.5 INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES.

HU.6 INFRAESTRUCTURA DE GAS.

## **OE.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS.**

OE.5.1 CONEXIÓN A LA RED EXTERNA DE MEDIDORES

OE.5.2 SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES, FUERZA Y SEÑALES DÉBILES

OE.5.2.1 SALIDA

OE.5.2.2 CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS

OE.5.2.3 CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS

OE.5.2.4 SISTEMAS DE CONDUCTOS

OE.5.2.5 INSTALACIONES EXPUESTAS

OE.5.2.6 TABLEROS PRINCIPALES

OE.5.2.7 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

OE.5.2.8 DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN

OE.5.3 INSTALACION DE PARARRAYOS

OE.5.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

OE.5.5 ARTEFACTOS

OE.5.5.1 LÁMPARAS

OE.5.5.2 REFLECTORES

OE.5.6 EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS

OE.5.6.1 BOMBA PARA AGUA

OE.5.6.2 BOMBAS PARA DESAGÜE (IGUAL A BOMBAS PARA AGUA)

OE.5.6.3 OTRAS BOMBAS

OE.5.6.4 GRUPOS ELECTRÓGENOS

OE.5.6.5 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

OE.5.6.6 ASCENSORES Y MONTACARGAS

OE.5.6.7 SISTEMAS DE PARLANTES

OE.5.6.8 SISTEMA DE MÚSICA AMBIENTAL

OE.5.6.9 SISTEMA DE TRADUCCIÓN SIMULTANEA

OE.5.6.10 SISTEMA DE SEGURIDAD

OE.5.6.11 PROYECTORES Y PANTALLAS

OE.5.6.12 CAMPANAS EXTRACTORAS

OE.5.6.13 SISTEMA DE VAPOR

OE.5.6.14 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

OE.5.6.15 SISTEMA DE OXÍGENO

OE.5.6.16 SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA

OE.5.6.17 SISTEMA DE VACÍO

OE.5.6.18 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

En cuanto se refiere a instalaciones eléctricas de edificaciones en general, el metrado debe considerar las partidas necesarias, las mismas que deben tomar en cuenta las partes que conforman la instalación eléctrica de utilización: conexión a la red externa



(acometida, caja de conexión) si fuese necesario, alimentadores, sub alimentadores, tableros, circuitos derivados, tal como puede apreciarse en la siguiente figura:

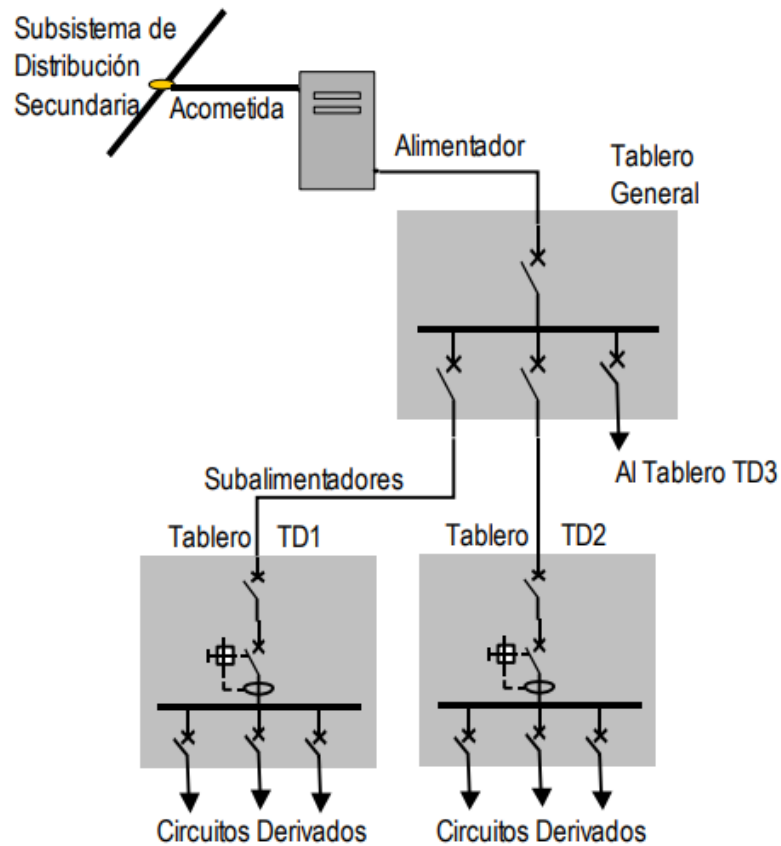


Figura 35. Sistema de distribución secundaria

El metrado correspondiente a la conexión a la red externa, cuenta con una partida específica.

El metrado correspondiente a las salidas para alumbrado, tomacorrientes y fuerza, es decir parte de la instalación que corresponde a los circuitos derivados, considera tres subpartidas:

- Salidas (salidas para alumbrado, tomacorrientes, etc.)
- Canalizaciones, Conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.

El metrado correspondiente a los alimentadores y/o sub alimentadores, dependiendo de cada caso debe considerar las siguientes sub partidas:

- Salidas (cajas de derivación o de paso)
- Canalizaciones, conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.
- Cruzadas con ductos de concreto.

Para el caso de los circuitos de señales débiles deberán considerarse las partidas siguientes:

- Salidas (salidas para señales débiles)
- Canalizaciones, conductos o tuberías

- Conductores en tuberías.
- Sistemas de conductos

### **OE.5.1 CONEXIÓN A LA RED EXTERNA DE MEDIDORES**

#### **Extensión de trabajo**

Por lo general la conexión al servicio público de electricidad es por cuenta del propietario y los trabajos los ejecuta la empresa de servicio público de electricidad, sin embargo, podría haber labores accesorias como cajas de paso, obras de albañilería, etc. para efectuar la instalación del suministro eléctrico.

#### **Unidad de medida**

Global (Glb.)

#### **Forma de medición**

El cómputo global significa que se pondrá una cifra total por la instalación del suministro eléctrico.

### **OE.5.2 SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES, FUERZA Y SEÑALES DÉBILES**

El metrado debe iniciarse desde el alimentador, subalimentadores y circuitos derivados.

El metrado correspondiente a los alimentadores y/o sub alimentadores, dependiendo de cada caso debe considerar las siguientes sub partidas:

- Salidas (cajas de derivación o de paso)
- Canalizaciones, conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.
- Cruzadas con ductos de concreto.

El metrado correspondiente a las salidas para alumbrado, tomacorrientes y fuerza, es decir parte de la instalación que corresponde a los circuitos derivados, considera tres subpartidas:

- Salidas (salidas para alumbrado, tomacorrientes, etc.)
- Canalizaciones, Conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.

Para el caso de los circuitos de señales débiles deberán considerarse las partidas siguientes:

- Salidas (salidas para señales débiles)
- Canalizaciones, conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.
- Sistemas de conductos

#### **OE.5.2.1 SALIDA**

##### **Descripción**

La salida es la parte de la instalación eléctrica conformada por la caja, en la cual se ha de instalar los artefactos de alumbrado o equipos de utilización, así como los dispositivos de control (interruptores) o de señal débil.

##### **Extensión del trabajo:**

Incluye el suministro de la caja, sus accesorios y la mano de obra de instalación.

**Unidad de medida**

Unidad (Und.)

**Forma de medición**

Se medirá en base a la cantidad de unidades de salidas, pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características, tales como:

- Salida para alumbrado
- Salida para tomacorrientes
- Salida para interruptores
- Salida para dimers
- Salida para pulsadores
- Salida para intercomunicadores
- Salida de señales débiles (data y comunicaciones)
- Cajas de derivación
- Cajas de paso

**OE.5.2.2 CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS**

**Descripción**

Esta partida considera las canalizaciones, conductos o tuberías que son necesarios para la instalación de los conductores y cables de energía; correspondiente a los alimentadores, circuitos derivados y circuitos de señal débil.

**Extensión del trabajo**

Incluye el suministro de los conductos o tuberías, sus accesorios y la mano de obra de instalación.

**Unidad de Medida**

Metro (m).

**Forma de medición**

Se medirá la longitud de los conductos y/o tuberías, pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características.

**OE.5.2.3 CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS**

**Descripción**

Esta partida considera los conductores que se instalarán en los conductos y/o tuberías, así como en los sistemas de conductos, correspondiente a los alimentadores, circuitos derivados y circuitos de señal débil.

**Extensión de Trabajo**

Incluye el suministro de conductores, cables de energía, accesorios de cables (llámese empalmes, derivaciones, puntas muertas, terminaciones, conectores, etc.), así como la mano de obra de la instalación.

**Unidad de Medida**

Metro (m).

**Forma de medición**

Se medirá la longitud total de conductores y/o cables de energía agrupándose en partidas diferentes de acuerdo a sus tipos y características. Cuando los conductores colocados en las tuberías son del mismo tipo y características, su longitud se determina, multiplicando los metros de conductos o tubería por el número de conductores, pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características.

**OE.5.2.4 SISTEMAS DE CONDUCTOS**

**Descripción**

Para efectos de protección mecánica, facilidad de instalación o remoción de los conductores y/o cables de energía, cables de telecomunicaciones, se hace necesaria la instalación de sistemas de conductos. Extensión de Trabajo Incluye el suministro de conductos, buzones, cámaras de inspección y/o empalmes así como la mano de obra de instalación con sus materiales requeridos.

**Unidad de Medida**

Descripción	Unidad de medida
<b>OE.5.2.4.1 BUZONES</b>	Unidad (Und.)
<b>OE.5.2.4.2 CONDUCTOS</b>	Metro (m)

**Forma de medición**

Se medirá la longitud de la cruzada y de ser necesaria se puede separar por cantidad de conductos o vías y/o tipo de material.

**OE.5.2.5 INSTALACIONES EXPUESTAS**

**Descripción**

Son instalaciones visibles, colocadas o adosadas sobre apoyos o soportes.

**Extensión de trabajo**

Comprende el suministro y montaje de los dispositivos de sujeción o soporte para los conductores.

**Unidad de medida**

Unidad (Und.)

**OE.5.2.6 TABLEROS PRINCIPALES**

**Extensión de trabajo**

Comprende el suministro e instalación del o los tableros principales o generales, según especificaciones y planos.

**Unidad de medida**

Unidad (Und.)

**Forma de medición**

El cómputo será por cantidad de unidades indicando las características generales del tablero, que deberá incluir todos los elementos que lo integran.

#### **OE.5.2.7 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN**

Todo lo indicado en los tableros principales, referido a los tableros que van después del general, repartidos por zonas, llamados también secundarios.

#### **OE.5.2.8 DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN**

##### **Descripción**

Los dispositivos de maniobra y protección, son los que deberán ser instalados en los tableros y que sirven para efectuar el control, protección contra sobrecorrientes y fallas a tierra de los circuitos eléctricos y/o de señales débiles. Extensión de trabajo Esta partida considera el suministro de los dispositivos, accesorios, cableado y la mano de obra de instalación.

##### **Unidad de medida**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>OE.5.2.8.1 DISPOSITIVOS UNIPOLARES</b>	Unidad (Und.)
<b>OE.5.2.8.2 DISPOSITIVOS BIPOLARES</b>	Unidad (Und.)
<b>OE.5.2.8.3 DISPOSITIVOS TRIPOLARES</b>	Unidad (Und.)
<b>OE.5.2.8.4 DISPOSITIVOS TETRAPOLARES</b>	Unidad (Und.)

##### **Forma de medición**

Se computarán por cantidad de unidades comprendiendo todos los trabajos necesarios para su completa instalación, pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características.

#### **OE.5.3 INSTALACION DE PARARRAYOS**

##### **Extensión de Trabajo**

Esta partida comprende el suministro e instalación del Pararrayo o Captor de Rayos, la columna o barra metálica de sostén, el sistema de fijación de ésta a la estructura de la edificación, el sistema de puesta a tierra, uniones, conexiones, soldaduras, conductor de bajada, agregados y accesorios. También comprende las pruebas previas a la puesta en servicio.

##### **Unidad de Medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Se tomará en cuenta el estudio previo para su implementación, el suministro e instalación del sistema de pararrayos, las pruebas previas a la puesta en servicio.

#### **OE.5.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

##### **Extensión de Trabajo**

Esta partida comprende el suministro de materiales, accesorios y la mano de obra de instalación del sistema de puesta a tierra. El sistema de puesta a tierra consta de pozo

de puesta a tierra o sistema de malla, uniones, conexiones, soldaduras, accesorios necesarios y el conductor de puesta a tierra desde el electrodo hasta la barra de puesta a tierra del tablero general, este último incluye también los ductos necesarios.

También comprende las pruebas previas a la puesta en servicio y la medición de la resistividad del terreno y la resistencia de puesta a tierra.

#### **Unidad de Medida**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>
Pozo puesta a tierra	(Und.)
Sistema de Malla de puesta a tierra	(Und.)

#### **Forma de medición**

El cómputo de pozos de puesta a tierra vertical se efectuará por la cantidad de pozos ejecutados. En caso de Sistema de Malla a Tierra, el metrado se efectuará en global por la cantidad total de pozos de la malla y de la longitud de conductores empleados.

### **OE.5.5 ARTEFACTOS**

**Descripción** Se refiere al suministro y colocación de todo tipo de artefactos a la salida correspondiente sea de iluminación, de señales, etc., incluyendo materiales y obras necesarias para la debida conexión a la caja de salida y las pruebas respectivas para el funcionamiento del artefacto.

#### **OE.5.5.1 LÁMPARAS**

**Extensión de trabajo** Comprende el suministro y colocación de la base y el elemento de iluminación, accesorios y todo lo necesario para el funcionamiento de la lámpara. **Unidad de medida** Unidad (Und.). **Forma de medición** El cómputo de lámparas se efectuará por cantidad de unidades y por cada tipo, indicando las características más notorias.

#### **OE.5.5.2 REFLECTORES**

Todo lo indicado en OE.5.5.1 LÁMPARAS, aplicado a reflectores que son artefactos de luz dirigida.

### **OE.5.6 EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS**

#### **Descripción**

Se incluye suministro, transporte, colocación y conexiones de todos los equipos requeridos, de acuerdo con los planos y especificaciones. En la unidad o en la suma global de los diferentes equipos se incluyen todos los trabajos y materiales necesarios para su instalación hasta dejarlos en funcionamiento.

#### **OE.5.6.1 BOMBA PARA AGUA**

La unidad de medida es cada unidad en particular para aplicarle una suma global por el equipo suministrado, instalado y en funcionamiento. En casos especiales se agrupan unidades iguales en tipo y dificultad de colocación.

#### **Unidad de medida**

Unidad (Und.).

### **Forma de medición**

Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

### **OE.5.6.2 BOMBAS PARA DESAGÜE (IGUAL A BOMBAS PARA AGUA)**

#### **Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado  
OTRAS BOMBAS Unidad de medida Unidad (Und.). Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

### **OE.5.6.4 GRUPOS ELECTRÓGENOS**

#### **Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

### **OE.5.6.5 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN**

#### **Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

### **OE.5.6.6 ASCENSORES Y MONTACARGAS**

#### **Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

### **OE.5.6.7 SISTEMAS DE PARLANTES**

#### **Unidad de medida**

Unidad (Und.)

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

### **OE.5.6.8 SISTEMA DE MÚSICA AMBIENTAL**

#### **Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

### **OE.5.6.9 SISTEMA DE TRADUCCIÓN SIMULTANEA**

#### **Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición

Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

**OE.5.6.10 SISTEMA DE SEGURIDAD****Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

**OE.5.6.11 PROYECTORES Y PANTALLAS****Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

**OE.5.6.12 CAMPANAS EXTRACTORAS****Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

**OE.5.6.13 SISTEMA DE VAPOR****Unidad de medida**

Unidad (Und.)

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

**OE.5.6.14 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO****Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

**OE.5.6.15 SISTEMA DE OXÍGENO****Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

**OE.5.6.16 SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA****Unidad de medida**

Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

**OE.5.6.17 SISTEMA DE VACÍO****Unidad de medida**



Unidad (Und.).

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

#### OE.5.6.18 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

##### Unidad de medida

Unidad (Und.)

Forma de medición Para el cómputo total se considerará el equipo instalado.

#### HU.4 INFRAESTRUCTURA ELECTRICA

Los proyectos y obras que corresponden a las instalaciones eléctricas del Sistema de Distribución para el suministro de energía eléctrica constan de lo siguiente: - Subsistema de Distribución Primaria - Subsistema de Distribución Secundaria - Instalaciones de Alumbrado Público - Conexiones - Punto de entrega

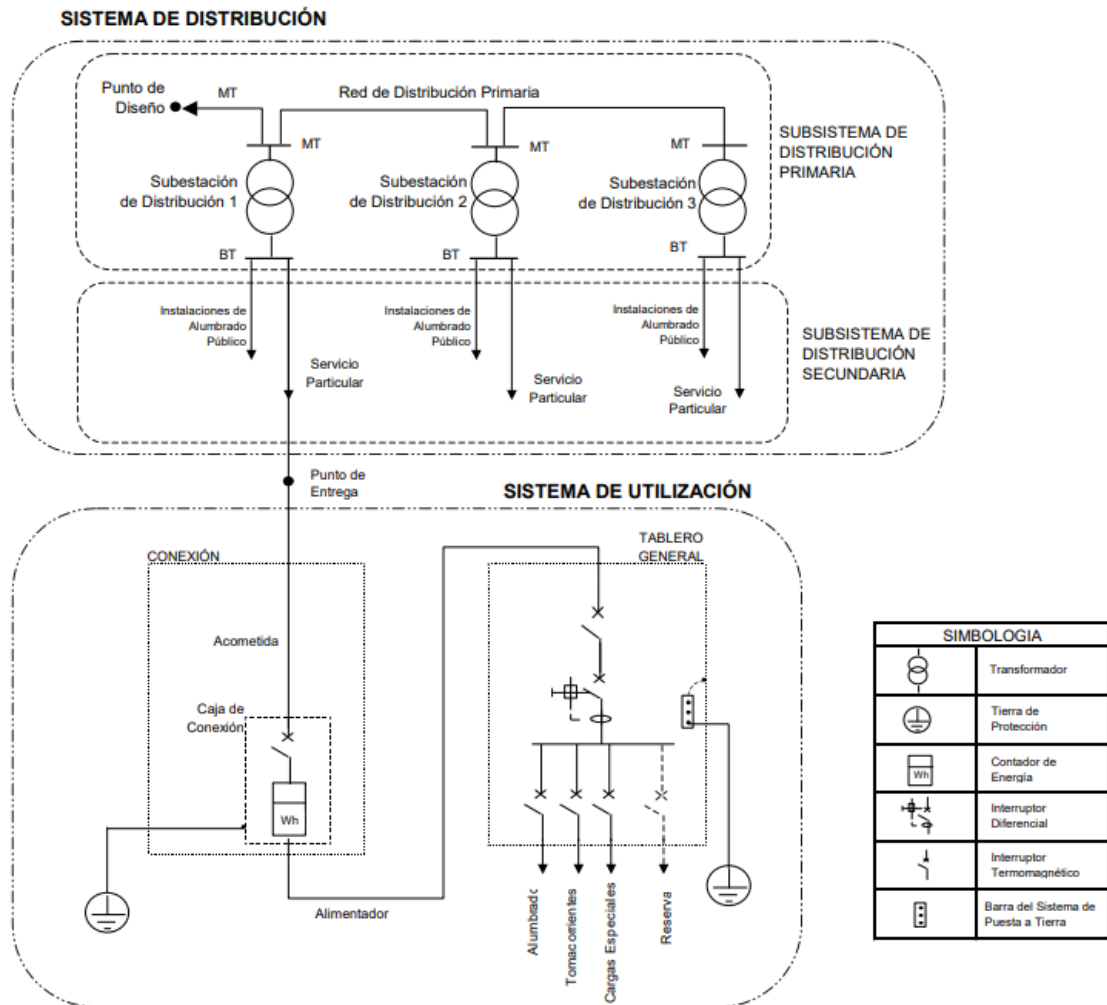


Figura 36. Sistema de distribución para el suministro de energía eléctrica

Nota: El metrado de los Sistemas de Utilización están considerados en el Metrado para Obras de Edificación. Para la elaboración de estos proyectos se deben tomar en cuenta la norma de "Procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de Utilización en Media Tensión en Zonas de Concesión de Distribución" aprobada mediante Resolución Directoral N° 018-2002-

EM/DGE, así como las demás Normas de la Dirección General de Electricidad correspondientes.

#### **HU.4.1 OBRAS PRELIMINARES**

**Descripción** Se considera obras preliminares a las actividades, el suministro y ejecución de labores correspondientes a la preparación del terreno para la ejecución de obras referente a habilitaciones urbanas. Extensión del trabajo

Comprende las actividades, las labores preliminares a la ejecución del trabajo como por ejemplo la inspección del terreno, comprobación de los hitos de referencia, sondeo de los puntos de alimentación, sondeo de las instalaciones eléctricas existentes, demoliciones previas al trabajo, entre otros. Se puede considerar como subpartidas, de acuerdo a la importancia y características del trabajo, como por ejemplo: inspección del terreno, sondeo de los puntos de alimentación, sondeo y reconocimiento de las instalaciones eléctricas existentes, nivelación del terreno, caminos de acceso, apertura de senda nueva, trozado y limpieza de arbustos, ramas y la maleza, excavación todo terreno excepto roca, excavación terreno arenoso, excavación terreno con filtración de agua, excavación en roca, relleno y compactación de excavación con material propio, relleno y compactación de excavación con suministro de tierra, eliminación de desmonte, suministro de material de compactación (afirmado), demoliciones previas al trabajo, transporte de maquinaria y equipo para la obra, otros. Unidad de medida Unidad (Und.) Global (Glb.)

#### **HU.4.2 REDES SUBTERRÁNEAS**

**Descripción** El suministro e instalaciones de la presente partida corresponden al sistema de distribución de energía eléctrica, conformada por Redes Subterráneas:

- Subsistema de Distribución Primaria
- Subsistema de Distribución Secundaria

#### **Extensión del trabajo**

El Subsistema de Distribución Primaria, comprende desde el punto de diseño hasta la última subestación de distribución; y el Subsistema de Distribución Secundaria, en baja tensión, comprende desde los tableros de distribución de baja tensión de cada subestación de distribución, hasta el extremo de los cables de los circuitos troncal y lateral de baja tensión que abastecerán a los suministros eléctricos. Las instalaciones de Alumbrado Público, inician desde el tablero de baja tensión hasta el extremo de cada poste de alumbrado público o las puntas muertas del cable de alumbrado público. Las partidas involucradas se refieren al caso de redes subterráneas y comprenden además de los trabajos, materiales y mano de obra; todos los accesorios y labores menores comúnmente no indicados pero necesarios para poder probar y entregar a satisfacción las obras de Redes Subterráneas de Media y Baja Tensión. Comprenden las zanjás, cruzadas de concreto, empalmes entre cables subterráneos, diferenciados según tipos (media o baja tensión, rectos o derivación). También se considera las cámaras o buzones a instalarse dentro del predio para ingreso de redes eléctricas para alimentar subestaciones, banco de medidores, etc. Esta partida considera ensayos y pruebas de control que se efectúan a las redes de instalación eléctrica.

#### **Unidad de Medida Descripción**

#### **Unidad de medida**

HU.4.2.1 EMPALMES PARA CABLES Unidad

(Und)

HU.4.2.2 BUZONES O CÁMARAS Unidad	(Und)
HU.4.2.3 ENSAYOS Y PRUEBAS DE CONTROL EN LABORATORIO Unidad	(Und)
HU.4.2.4 ZANJAS	metro (m)
HU.4.2.5 CRUZADAS	metro (m)
HU.4.2.6 CABLES DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN	metro (m)
HU.4.2.7 CABLES DE ENERGÍA DE BAJA TENSIÓN DEL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA	metro (m)
HU.4.2.8 CABLES DE ENERGÍA DE BAJA TENSIÓN PARA ALUMBRADO PÚBLICO	metro (m)

### Forma de medición

El cómputo de la excavación de zanjas para obras de electricidad en urbanización será en la longitud por cada sección según el proyecto y se obtendrá de considerar la longitud total de recorrido para cables ya sea para instalación directamente enterrado, con ductos, para uno o varios cables. En esta partida se incluye el trazado, excavación, refine, nivelado y relleno de zanjas, así como el cernido, apisonado, compactado y eliminación del desmonte. El cómputo de las cruzadas será en longitud por número de vías según el proyecto y se obtendrá considerando un ancho total de calles donde se considera cruzada. En esta partida se incluye el suministro e instalaciones de los ductos así como el solado de concreto, cuando se especifica y la mayor excavación y relleno de zanjas. En lo que concierne a los cables de energía que van instalados en las zanjas se considera el suministro de los cables de energía, accesorios de empalmes, así como la mano de obra de instalación. Pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características: cables de energía de media tensión, cables de energía de baja tensión del Subsistema de Distribución Secundaria y cables de energía de baja tensión del Alumbrado Público. El cómputo de cables de energía o cables será en longitud por cada sección y por tipo de cables, según el proyecto y se obtendrá de considerar el recorrido total indicado más 10 m de cable en el interior de las subestaciones y más el 5% del total para retaceo y desperdicios. Esta partida, comprende el suministro e instalación de cables, ladrillos y cinta señalizadora, así como la prueba y aislamiento. Dependiendo del tipo y dificultad del terreno que implican distintos rendimientos, se deberán establecer las diferencias en el costo de las partidas de redes subterráneas Ver partidas en excavaciones.

### HU.4.3 REDES AÉREAS

#### Descripción

El suministro e instalaciones de la presente partida corresponden al sistema de distribución de energía eléctrica, conformada por Redes Aéreas:

- Subsistema de Distribución Primaria
- Subsistema de Distribución Secundaria
- Instalaciones de Alumbrado Público

#### Extensión del trabajo

Las Redes Aéreas del Subsistema de Distribución Primaria, comprende desde el Punto de Diseño hasta la última Subestación de Distribución; el Subsistema de Distribución Secundaria comprende desde los tableros de distribución de baja tensión de cada subestación de distribución, hasta el extremo de los cables de los circuitos troncal y lateral de baja tensión que abastecerán a los suministros eléctricos. Las instalaciones de alumbrado público, inician desde el tablero de baja tensión hasta el extremo de cada poste de alumbrado público ó las puntas muertas del conductor de alumbrado público

Las partidas involucradas se refieren al caso de redes aéreas y comprenden además de los trabajos, materiales y mano de obra; todos los accesorios y labores menores comúnmente no indicados pero necesarios para poder probar y entregar a satisfacción las Redes Aéreas de Media y Baja Tensión.

Las redes aéreas del Subsistema de Distribución, Subsistema de Distribución Secundaria e Instalaciones de Alumbrado Público, comprenden las siguientes subpartidas:

#### **HU.4.3.1 CABLES DE ENERGÍA**

##### **Descripción**

Esta partida considera los cables de energía que se han de instalar fijados, adosados a los postes, así como en los que pasan de instalación subterránea a aéreo a través de sistemas de conductos o tuberías, correspondiente a los alimentadores, circuitos derivados, que salen de las subestaciones, se considerara a partir de las barras colectoras, seccionadores verticales u horizontales hasta el punto de alimentación del ultimo usuario en cada circuito o punta muerta.

##### **Extensión de Trabajo**

Incluye el suministro de cables de energía, cables, accesorios, así como la mano de obra de la instalación. El tendido de cable considera la preparación para el tendido, el transporte de las bobinas de cables, la instalación del winche de jalado, y la colocación de los respectivos polines de fibra y de metal, así como la lubricación de los mismos, entre otros.

##### **Unidad de Medida**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>
HU.4.3.1.1 CABLES DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN	metro (m)
HU.4.3.1.2 CABLES DE ENERGÍA DEL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA	metro (m)
HU.4.3.1.3 CABLES DE ENERGÍA PARA ALUMBRADO PÚBLICO	metro (m)

##### **Forma de medición**

El cómputo de cables de energía o cables será en longitud por cada sección y por tipo de cables, según el proyecto y se tendrá que considerar el recorrido total indicado más 10 m de cable en el interior de las subestaciones y más el 5% del total para retaceo y desperdicios. Esta partida, comprende el suministro e instalación de cables, ladrillos y cinta señalizadora, así como la prueba de continuidad, secuencia de fases y aislamiento. El computo de cables de energía o cables será en longitud por cada sección, por número de fases y por tipo de cables.

Si se toma en cuenta el desperdicio en el metrado ya no se considerará en el análisis de precios.

#### **HU.4.3.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE**

##### **Descripción**

Se considera postes y otros soportes que estén normados y cuyos fabricantes estén aceptados por la compañía eléctrica de distribución, así como los accesorios y ferretería de fijación de los cables de energía y de la propia estructura, tanto para media tensión y baja tensión.

##### **Extensión de Trabajo**

Comprende el suministro, transporte, la instalación, y preparación del poste, con altura y carga de trabajo indicada en planos del proyecto, desde los almacenes hasta el punto de instalación en obra, así como el tratamiento de la base hasta una altura normada. Asimismo, considera el suministro y la instalación de crucetas, aisladores, retenidas, accesorios y ferretería para la fijación de los cables de energía y las retenidas. Si la estructura soporta redes aéreas de baja tensión correspondiente al Subsistema de Distribución Secundaria, se deberán considerar las cajas de conexión de acometidas.

**Unidad de Medida**

Estructura: Unidad (Und.).

**Forma de medición**

El cómputo de postes será por cantidad de piezas o unidades por cada tipo de poste. Esta partida incluye el suministro e instalación de poste, la cimentación, así como el empalme al cable principal de distribución.

**HU.4.4 SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN**

**Descripción**

Mediante las subestaciones de distribución se logra reducir la media tensión a baja tensión para efectuar el suministro de energía eléctrica a cada usuario y al alumbrado público.

La ejecución de las subestaciones de distribución en general, implican Movimiento de Tierras, Obras de concreto simple, obras de concreto armado, muros de albañilería, ductos, bases para equipos, electrodos de puesta a tierra, fabricaciones metálicas y acabados.

Se dividirán en 4 sub partidas:

- Estructura (Ver partidas de edificación)
- Accesorios
- Transformador
- Tableros de distribución

**Extensión del trabajo**

Las Subestaciones de Distribución comprende el suministro y la instalación de la estructura de soporte o la obra civil de la base o caseta, el transformador, los equipos de protección de media y baja tensión, aisladores, tablero de distribución con todos los equipos de maniobra y protección, el sistema de puesta a tierra, así como los accesorios para efectuar las conexiones a la red de distribución primaria y a las redes de baja tensión.

Comprenden las siguientes pruebas eléctricas: medición de la resistencia de aislamiento, verificación del funcionamiento de los accesorios de protección del transformador de potencia, verificación del tablero de distribución, medición de las puestas a tierra, otros. Asimismo, según el tipo de subestación: interior, subterránea, compacta pedestal o compacta bóveda, se debe considerar ensayos, pruebas de calidad y control durante todo el proceso de la obra (ensayo de compactación, ensayo a compresión de probetas de concreto, pruebas de alineamiento, verticalidad, etc.)

**Unidad de Medida Estructura:**

Unidad (Und.).

#### HU.4.5 INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

##### Descripción

Considera las unidades de iluminación de las vías o áreas públicas, que son alimentadas de las redes de baja tensión para alumbrado público, ya sean subterráneas o aéreas.

##### Extensión del trabajo

Comprende el suministro e instalación de las luminarias, farolas, reflectores, lámparas, pastorales, palomillas, cables de energía, empalmes de derivación y todos los accesorios necesarios del artefacto para alumbrado público. Asimismo, puede considerar el suministro y la instalación de accesorios antifurto.

Si las Instalaciones de Alumbrado Público es subterráneo en esta subpartida se considera el suministro y la instalación de los postes para alumbrado público.

##### Unidad de Medida

Postes:	Unidad (Und.) – si son redes subterráneas.
Pastorales:	Unidad (Und.) – incluye todos los accesorios de sujeción.
Luminarias:	Unidad (Und.) – incluye la lámpara y demás accesorios.
Farolas:	Unidad (Und.) – incluye la lámpara y demás accesorios.
Reflectores:	Unidad (Und.) – incluye la lámpara y demás accesorios.

##### Forma de medición

El cómputo de pastorales, luminarias, farolas, reflectores y lámparas, se hará por cantidad de piezas iguales, incluyendo reactor y condensador o cualquier otro equipo necesario para la operación de la unidad de alumbrado.

##### De la teoría a la práctica

Metrado y presupuesto de alumbrado publico

Proyecto: subsistema distribución secundaria y alumbrado público Urb. "7 de noviembre"

#### A. SUMINISTRO - MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	COSTO \$/.	
				Unit.	Parcial
<b>1.00</b>	<b>Estructura de Alumbrado</b>				
1.01	Poste C.A.C 8/200	uni.	6.00	306.99	1841.93
1.02	Cable Autosoportado tipo CAAI 1 x 16/25 mm <sup>2</sup>	m	189.20	5.04	953.57
1.03	Conector bimetálico aislado, para Al 16 mm <sup>2</sup> / Cu 10mm <sup>2</sup> , fase aislada, tipo perforación	uni.	22	3.56	78.31
1.04	Conector bimetálico aislado, para Al 25 mm <sup>2</sup> / Cu 10mm <sup>2</sup> , neutro forrado, tipo perforación	uni.	22	4.45	97.94
1.05	Luminaria con lámpara de vapor de sodio	cjto.	22	195.76	4306.76
1.06	Pastoral d tubo de A° G° 38 mmφ int. 500mm de avance horiz., 720mm altur. y 20° inclin.	uni.	20	43.61	872.13
1.07	Pastoral doble, de tubo de A° G° 38 mmφ int. 500mm de avance horiz., 720mm altur. y 20° inclin.	uni.	2	43.61	87.21
1.08	Abrazadera A° G° para fijación de pastoral en poste	uni.	44	8.82	388.24
1.09	Portafusible unipolar 220 V, 5A, con fusible de 1 A	uni.	22	1.7745	39.04
1.10	Conductor de cu recocado, tipo NLT, bipolar, 2 x 2.5 mm <sup>2</sup>	m	55	3.2025	176.14

---

**SUB TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES ALUMBRADO PUBLICO**
**8841.27**


---

**B. MONTAJE ELECTROMECANICO**

Part.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	COSTO S/.	
				Unit.	Parcial
<b>7.00</b>	<b>ALUMBRADO PUBLICO</b>				
7.01	Trazos y replanteo	km	0.189	621.32	117.55
7.02	Excavación de huecos para cimentar postes	uni.	6.00	39.13	234.80
7.03	Izaje de postes 8.0 m. y cimentación	uni.	6.00	115.42	692.51
7.04	Armado de estructura tipo E1/S	uni.	1.00	16.76	16.76
7.05	Armado de estructura tipo E3/S	uni.	5.00	16.76	83.80
7.06	Instalación de pastorales y luminarias	cjto.	22.00	42.35	931.76
7.07	Montaje de Retenidas y anclajes	uni.		196.26	0.00
7.08	Tendido y puesta en flecha de los cables autoportantes	km	0.189	2023.68	382.88
7.09	Inspección y pruebas	conj.		1364.48	0.00
<b>SUB TOTAL MONTAJE ELECTROMECANICO ALUMBRADO PUBLICO</b>					<b>2460.06</b>

---

**C. RESUMEN**

	COSTO S/.
I SUMINISTRO	8841.27
II MONTAJE	2460.06
III TRANSPORTE ( 10 % de I )	884.13
<b>IV SUB TOTAL COSTO DIRECTO ( I + II + III )</b>	<b>12185.46</b>
V GASTOS GENERALES Y UTILIDADES	3437.09
<b>VI SUB TOTAL SIN IMPUESTOS ( IV + V )</b>	<b>15622.55</b>
VII IGV ( 18 % de VI )	2812.06
<b>VIII TOTAL ALUMBRADO PUBLICO ( VI + VII )</b>	<b>18434.61</b>

## Glosario de la Unidad 3

**Lámparas.** Es el término utilizado para referirse al objeto productor de luz, considerando sus partes internas como las externas, tales como el tubo de vidrio, filamentos, etcétera. Comúnmente se utiliza éste término para describir pequeños objetos emisores de luz, tal como las lámparas de mesa.

**Luminarias.** Es el término utilizado como referencia a una unidad completa de iluminación que consiste o está conformado por la lámpara(s), balastro(s), así como de otros componentes y partes diseñadas para distribuir la luz, proteger y colocar las lámparas y conectarlas al suministro de energía.

**Luz.** Es toda radiación electromagnética que es emitida o reflejada por cualquier cuerpo, cuyas longitudes de onda están comprendidas entre los 380 nm y 780 nm (nanómetros).

**Amperes.** Medida de corriente eléctrica. En las lámparas incandescentes, la corriente se relaciona con el voltaje y la potencia de la siguiente forma: corriente (Amps) = potencia(Watts)/voltaje (Volts).

**Vida Nominal Promedio:** Es el tiempo de vida promedio que dura una lámpara.

**Balastro.** Es un equipo auxiliar que está diseñado para arrancar y controlar de manera adecuada el flujo de energía hacia las fuentes de luz del tipo de descarga de gas, tales como las lámparas de descarga de alta intensidad.

**Ángulo de Haz.** Es la dimensión angular del cono de luz proveniente de las lámparas reflectoras. Dicho ángulo de haz, es conocido también como "dispersión del haz" y a menudo forma parte del código de las lámparas reflectoras.

**Candela:** Es la unidad internacional de intensidad luminosa. Éste término se ha conservado desde los primeros días de la iluminación cuando se usaba una vela normal de tamaño y composición fija con base para evaluar la intensidad de las otras fuentes de luz.

**Intensidad Lumínica.** Los planos gráficos de la intensidad lumínica, llamados curvas de distribución de intensidad luminosa, se utilizan para indicar las características de la distribución de intensidad en las lámparas tipo reflector. Está expresada en candelas.

**Balastro Electrónico.** Nombre corto para el balastro electrónico fluorescente de alta frecuencia. Los balastros electrónicos utilizan componentes electrónicos de estado sólido y normalmente, operan lámparas fluorescentes en frecuencias que se encuentra dentro de un rango de 25-35 KHz. Entre sus ventajas se encuentra: aumento de la eficiencia de la lámpara, reduce las pérdidas de balastros, son más pequeños y ligeros comparados con los balastros magnéticos. Éste tipo de balastro se puede utilizar también con las lámparas HID, sin embargo, los circuitos son algo diferentes.

**Footcandle.** Es la unidad de iluminación o luz recibida sobre una superficie, la cual se expresa de la siguiente forma: 1 footcandle = 1 lumen por pie cuadrado.

**Iluminancia.** Cantidad de luz (expresada en lúmenes/área) que incide sobre una superficie. La iluminancia se mide en footcandles o luxes.

**Lúmen.** Es la unidad internacional para medir el flujo luminoso o cantidad de luz.



**Lúmenes por Watt (LPW).** Es la medida de la eficacia de una fuente de luz. Ésta eficacia es fácil de calcular tomando la producción de lúmenes de una lámpara y dividiéndola entre los watts de la misma.

**Voltaje.** Medida de la fuerza electromotriz en un mecanismo o circuito eléctrico expresada en volts.

**Watt.** Unidad de energía eléctrica. Las lámparas se clasifican en watts para indicar su consumo de energía. La energía consumida a través del tiempo es igual a la energía utilizada.

**Lámpara Incandescente.** Son lámparas que generan luz utilizando un delgado filamento de alambre (comúnmente elaborados de tungsteno) el cual es calentado a calor blanco por una corriente eléctrica que pasa a través de él.

**Lámpara Fluorescente.** Es una lámpara de alta eficiencia que utiliza descargas eléctricas a través de un vapor de mercurio de baja presión para producir energía ultravioleta. La energía ultravioleta hace reaccionar la delgada capa de materiales de fósforo, la cual está colocada dentro de un tubo de vidrio (estructura de la lámpara). Los materiales de fósforo transforman la energía ultravioleta en luz visible.

**Lámpara Fluorescente Compacta (LFC):** Es un término aplicado a las lámparas fluorescentes que tienen un solo extremo o terminación y que sus tubos tienen un diámetro más pequeño el cual ha sido modelado para obtener una forma más compacta. Son conocidos también como focos ahorradores.

## Bibliografía de la Unidad 3

- Aguilar, R. & Gimenez, B. (1995). *Iluminación y color*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- APCivil Engineering (04 de julio de 2017) Cálculo de luminarias [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=IzNMvtgzc4k>
- CABH 96 (26 de diciembre de 2017) Tutorial Dialux evo Alumbrado Público [Archivo de video] Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=g8pupHyO\\_Ls](https://www.youtube.com/watch?v=g8pupHyO_Ls)
- Coaton, J. & Marsden, A. (1997). *Lamps and Lighting*. Fourth edition. Arnold.
- Fernández, L. & De Landa, A. (1993). *Técnicas y aplicaciones de la iluminación*. 1ª ed. McGraw-Hill/ Iberdrola/ Ente Vasco de la Energía: Serie McGraw-Hill de Electrotecnologías.
- García, G. (29 de junio de 2017) Lámparas y Luminarias [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=JSRE2hP4ALo>
- Harper, E. (2004) Manual Práctico de instalaciones eléctricas. p. 239-249. Recuperado de: [https://www.academia.edu/36634756/Manual\\_Practico\\_de\\_Instalaciones\\_Electricas\\_Enriquez\\_Harper](https://www.academia.edu/36634756/Manual_Practico_de_Instalaciones_Electricas_Enriquez_Harper)
- II GE Ecuador (18 de enero de 2017) Mediciones de Luminancia e Iluminancia en Sistemas de Alumbrado Público [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=r-GD0qivux8>
- Jimenez, C. (1997). *Manuales de luminotecnica. Locales*. Ediciones CEAC.
- Jimenez, C. (1997). *Manuales de luminotecnica. Oficinas*. Ediciones CEAC.
- Narboni, R. *La lumière urbaine. Éclairier les espaces publics*. Ed Le Moniteur: Collection Techniques de conception.
- Retamozo, R. (22 de julio de 2014) Cálculo Luminarias [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=1MZ33VQOKqo>
- Rodríguez, N. (30 de marzo de 2017) Metrados de Instalaciones Eléctricas Parte 1 [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=MKPW8WpRrUk>
- Rodríguez, N. (31 de marzo de 2017) Metrados de Instalaciones Eléctricas Parte 2 [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=RO9NQYIL-E8>
- Taboada, J.A. *Manual OSRAM sobre electricidad, luminotecnica y lámparas*.
- Universidad Politécnica de Catalunya (1999). soporte e iniciativa del profesor Oriol Boix del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica de Catalunya. recuperado de: <http://edison.upc.edu/curs/llum>



#### HUANCAYO

Av. San Carlos 1980  
Urb. San Antonio - Huancayo

Teléfono: 064 481430

#### LOS OLIVOS - LIMA

Av. Alfredo Mendiola 5210  
Los Olivos - Lima

Teléfono: 01 2132760

#### MIRAFLORES - LIMA

Jr. Junín 355  
Miraflores - Lima

Teléfono: 01 2132760

#### AREQUIPA

Av. Los Incas s/n  
Urb. Lambramani, José Luis  
Bustamante y Rivero - Arequipa

Teléfono: 054 412030

#### CUSCO

Av. Collasuyo Lote B-13  
Urb. Manuel Prado  
Wanchaq - Cusco

Teléfono: 084 480070



[ucontinental.edu.pe](http://ucontinental.edu.pe)



# Instalaciones Eléctricas

Pedro Gurmendi Párraga

Manual – Unidad 4

# Índice

	Pág.
Introducción	3
Organización de la asignatura	4
Unidades didácticas	4
Tiempo mínimo de estudio	4
	6
UNIDAD 4: Equipos auxiliares	
Diagrama de organización	6
Tema n.º 1: <i>Sistema de emergencia</i>	6
Tema n.º 2: Dimensionamiento del sistema de bombeo de aguas y Potencias de bombas y motores – HIDROSTAL	10
Tema n.º 3: Corrección del factor de potencia	14
Tema n.º 4: Sistema de baja tensión – comunicaciones – RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 400-2018-VIVIENDA	21
Tema n.º 4: Domótica - Sistemas integrados de control	24
De la teoría a la práctica	
Glosario de la Unidad 4	30
Bibliografía de la unidad 4	32

# Introducción

La presente unidad no pretende ser un estudio exhaustivo de las tomas de emergencia y a tierra, sino dar una visión de conjunto, aclarar conceptos y sobre todo contribuir a darle la importancia que tiene este eficaz medio de protección. Asimismo queremos resaltar la importancia que tiene para la seguridad de las protecciones eléctricas, alcanzar bajos valores de la resistencia de la toma de tierra.

Las bombas se usan principalmente en los siguientes sistemas que forman parte del sistema general de acondicionamiento de aire y que son: suministro de agua, circulación para lavado de aire, agua enfriada y bombas de agua condensada. En la mayoría de los casos se usan bombas centrífugas ya que las rotativas y reciprocantes tienen poca aplicación en estas instalaciones.

Además las cargas que tienen factores de potencia de moderados a bajos en adelante o retraso, menores de 0,65, ocasionan una gran pérdida de energía eléctrica a la compañía del servicio. Una de las principales ventajas es aumentar la eficiencia de transmisión desde la fuente hasta la carga.

Finalmente los resultados obtenidos construirán la base para un nuevo modelo de equipamiento eléctrico de nuestros hogares, así como de instalaciones de comunicación. Dicho modelo no solo incorpora nuevos sistemas de montaje imbricados con las modernas técnicas constructivas, sino incluso la interacción entre los diferentes sistemas de instalaciones a través de la domótica.

La labor de investigación llevada a cabo se traducirá en el futuro en mayores cuotas de seguridad y también en un uso más eficiente de la energía.

El autor.

## Organización de la Asignatura

### Resultado de aprendizaje de la asignatura

Al finalizar la asignatura, el estudiante será capaz de diseñar y evaluar sistemas eléctricos referidos a instalaciones industriales, comerciales y de edificaciones.

### Unidades didácticas

UNIDAD 1 Generación, transmisión, distribución y normas legales y reglamentos de la energía eléctrica	UNIDAD 2 Instalaciones eléctricas interiores en baja tensión	UNIDAD 3 Iluminación	UNIDAD 4 Equipos auxiliares
<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diferenciar las aplicaciones calculando la corriente continua y alterna, haciendo uso adecuado de la terminología básica como de las normas legales y reglamentos de la energía eléctrica.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diferenciar los conductores eléctricos en la realización de proyectos de instalaciones eléctricas domiciliarias, comerciales e industriales con profesionalismo, alta calidad estética, responsabilidad y ética en base a las normas legales y reglamentos.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diseñar la iluminación interior y exterior elaborando el metrado y presupuesto del proyecto eléctrico de una vivienda teniendo en consideración las prescripciones del Código Nacional de Electricidad y reglamentos.</p>	<p><b>Resultado de aprendizaje</b></p> <p>Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de diseñar y evaluar las características y especificaciones técnicas de los dispositivos auxiliares y de compensación de la energía reactiva para instalaciones comerciales e industriales utilizando las normas del Código Nacional de Electricidad.</p>

### Tiempo mínimo de estudio

UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	UNIDAD 4
24 horas	24 horas	24 horas	24 horas

# UNIDAD 4: Equipos auxiliares

## Diagrama de organización

*Esquema que sintetice los contenidos a abordar y la relación entre los mismos*

### Tema 1: Sistema de emergencia

#### 1.1. Sistemas de alarma contra incendio y bombas contra incendio – CNE - utilización

Esta Sección se aplica a las instalaciones de sistemas eléctricos locales de alarma contra incendio y bombas contra incendio.

Los requerimientos de esta Sección complementan o enmiendan los requerimientos generales del Código.

#### 1.2. Sistemas de Alarma Contra Incendio

##### A. Conductores

- 1) Los conductores deben ser de cobre y deben tener una capacidad adecuada para conducir la corriente máxima que puede ser suministrada por el circuito.
- 2) Los conductores trenzados con más de 7 hilos deben terminar en conectores a presión o deben ser estañados en grupo.
- 3) Los conductores deben tener una capacidad nominal de aislamiento de no menos de 300 V y las secciones no deben ser menores de:
  - (a) 1,5 mm<sup>2</sup> para conductores individuales que serán jalados para su instalación en canalizaciones; y
  - (b) 0,75 mm<sup>2</sup> para conductores individuales que son colocados en canaleta para alambres; y
  - (c) 0,75 mm<sup>2</sup> para un ensamblado integral de dos o más conductores; y
  - (d) 0,5 mm<sup>2</sup> para un ensamblado integral de cuatro o más conductores.
- 4) Los conductores deben ser adecuados para el uso indicado en la Tabla 1, excepto los conductores individuales de cobre menores de 2,5 mm<sup>2</sup> instalados en una canalización del tipo indicado en la Tabla 2.

##### B. Métodos de Alambrado

- 1) Todos los conductores de un sistema de alarma contra incendio deben estar:
  - (a) Instalados en canalización metálica del tipo totalmente cerrado; o
  - (b) Incorporados en un cable con armadura o cubierta metálica; o
  - (c) Instalados en conductos pesados no metálicos, empotrados en por lo menos 50 mm de mampostería o concreto, o instalados bajo tierra; o
  - (d) Instalados en conductos metálicos para uso eléctrico, empotrado en por lo menos 50 mm de mampostería o concreto.
- 2) No obstante lo indicado en la Subregla (1), los conductores instalados en edificaciones de material combustible, de acuerdo a las Reglas de la Sección 070, pueden ser:
  - a) Cable con revestimiento no metálico; o
  - b) Cable de alarma y señalización contra incendio; o
  - c) Instalados en canalización no metálica totalmente cerrada.



- 3) Los conductores deben ser instalados de tal forma que sean enteramente independientes de todos los otros alambrados y no deben ingresar a un dispositivo, canalización, caja o lugar cerrado ocupado por otro alambrado, excepto cuando sea necesario para conexión a:
  - a) El punto de suministro; o
  - b) Una señal; o
  - c) Un dispositivo auxiliar; o
  - d) Un circuito de comunicaciones.
- 4) Todo el alambrado de un sistema de comunicaciones conectado a un sistema de alarma contra incendio, para extender el sistema de alarma contra incendio más allá de la edificación, debe ser conforme a las Reglas aplicables de la Sección 340.
- 5) Todos los conductores contenidos en la misma canalización o cable, deben ser aislados para la tensión más alta en la canalización o cable.

Tabla 1

Utilización y temperatura nominal de operación de conductores para uso general

Nombre comercial	Designación	Temperatura máxima de funcionamiento	Aplicaciones previstas	Aislamiento	Cubierta protectora exterior
Etileno-propileno fluorado	FEP	90 °C	Lugares secos y húmedos	Etileno-propileno fluorado	Ninguna
	o FEPB	200 °C	Lugares secos y en aplicaciones especiales <sup>2)</sup>	Etileno-propileno fluorado	Trenza de vidrio Trenza de amianto u otro material adecuado
Aislamiento mineral (con recubrimiento metálico)	MI	90 °C	Lugares secos y mojados	Óxido de magnesio	De cobre o aleación de acero
		250 °C	Para aplicaciones especiales <sup>2)</sup>		
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y al aceite	MTW	60 °C	Instalaciones de máquinas herramientas en lugares mojados.	Termoplástico retardante de la llama y resistente a la humedad, al calor y al aceite	A = Ninguna B = Cubierta de nailon o equivalente
		90 °C	Instalaciones de máquinas herramientas en lugares secos.		
Papel	NKY PILC	80 °C	Para conductores subterráneos de acometida o con permiso especial	Papel	Cubierta de plomo
Perfluoroalcoxi	PFA	90 °C	Lugares secos y húmedos	Perfluoroalcoxi	Ninguna
		200 °C	Lugares secos, aplicaciones especiales <sup>2)</sup>		
Perfluoroalcoxi	PFAH	250 °C	Sólo para lugares secos. Sólo para cables dentro de aparatos o de conductos conectados a aparatos (sólo de níquel o de cobre recubierto níquel)	Perfluoroalcoxi	Ninguna
Termoestable	RHH	90 °C	Lugares secos y mojados	Termoestable retardante de la llama	Recubrimiento no metálico, resistente a la humedad y retardante de la llama <sup>1)</sup>
Termoestable resistente a la humedad	RHW <sup>3)</sup>	75 °C	Lugares secos y mojados. Si el aislante es de más de 2 000 V, debe ser resistente al ozono	Termoestable resistente a la humedad y retardante de la llama	Recubrimiento no metálico, resistente a la humedad y retardante de la llama <sup>4)</sup>
Termoestable resistente a la humedad	RHW-2	90 °C	Lugares secos y mojados	Termoestable resistente a la humedad y retardante de la llama	Recubrimiento no metálico, resistente a la humedad y retardante de la llama <sup>4)</sup>
Silicona	SA	90 °C	Para lugares secos y húmedos	Goma de silicona	Malla de vidrio u otro material adecuado
		200 °C	Para aplicaciones especiales <sup>2)</sup>		
Termoestable	SIS	90 °C	Sólo para cableado de tableros eléctricos	Termoestable retardante de la llama	Ninguna
Termoplástico y mallas externas fibrosas	TBS	90 °C	Sólo para cableado de tableros eléctricos	Termoplástico	Recubrimiento no metálico, retardante de la llama
Politetrafluoroetileno extendido	TFE	250 °C	Sólo lugares secos. Sólo para cables dentro de aparatos o dentro de canalizaciones conectadas a aparatos, o como cables desnudos (sólo de níquel recubierto de cobre)	Politetrafluoroetileno extendido	Ninguna

Tabla 2  
Cables y cordones flexibles

Nombre Comercial	Designación	Número de conductores	Aislamiento	Cubierta protectora de cada conductor	Recubrimiento externo	Usos		
Cordón para bombilla	C	2 o más	Termoplástico o termoestable	Algodón	Ninguno	Colgante o portátil	En lugares secos	No pesado
Cable para ascensores	E Ver Nota 5, Nota 9 y Nota 10	2 o más	Termoestable	Algodón, Cubierta de nailon flexible	3 de algodón, uno exterior retardante de la llama y resistente a la humedad Ver Nota 3	Alumbrado y control de ascensores	Lugares no peligrosos	Cable para ascensores
Cable para ascensores	EO Ver Nota 5 y Nota 10	2 o más	Termoestable	Algodón	3 de algodón, uno exterior retardante de la llama y resistente a la humedad. Ver Nota 3	Alumbrado y control de ascensores	Lugares no peligrosos	
	ET Ver Nota 5 y Nota 10			Rayón	3 de algodón, uno exterior retardante de la llama y resistente a la humedad. Ver Nota 3		Lugares peligrosos (clasificados)	
	ETLB Ver Nota 5 y Nota 10			Ninguno	3 de algodón o equivalente, uno exterior retardante de la llama y resistente a la humedad. Ver Nota 3		Lugares no peligrosos	
Cable para ascensores	ETP Ver Nota 5 y Nota 10	2 o más	Termoplástico	Rayón	Termoplástico		Lugares peligrosos (clasificados)	
	ETT Ver Nota 5 y Nota 10			Ninguno	1 de algodón o equivalente y una cubierta termoplástica		Lugares peligrosos (clasificados)	

### C. Conexión a Tierra de Equipos

- 1) Las partes metálicas expuestas de los equipos eléctricos que no transporta corriente, incluyendo cajas de salida, cubiertas protectoras del conductor, canalizaciones y gabinetes, deben ser conectadas a tierra de acuerdo con la Sección 060.
- 2) Cuando se utilice un sistema de alambrado no metálico, se debe incorporar un conductor para puesta a tierra en cada cable, cuya sección debe estar de acuerdo con la Regla 60-814(1)

### D. Supervisión Eléctrica

El alambrado a terminales y a empalmes de conductores duales, debe ser terminado independientemente para cada terminal o empalme de conductor.

### E. Fuente de Corriente

- 1) Un sistema de alarma contra incendio debe ser alimentado por un circuito independiente y debe ser conectado, sin violar otras reglas del Código, tan cerca como sea posible a:
  - a) Los terminales de carga de la caja de toma; o
  - b) Los terminales secundarios del transformador, donde se necesita transformación para suministrar la tensión requerida por el sistema de alarma contra incendio; o
  - c) Los terminales de un interruptor de transferencia, donde el sistema de alarma contra incendio en caso de emergencia recibe energía de una fuente de emergencia que también suministra a otros equipos eléctricos.
- 2) Los dispositivos de sobrecorriente y medios de desconexión para el circuito independiente que alimenta a un sistema de alarma contra incendio, deben ser claramente identificados como el suministro del sistema de alarma contra incendio, de una manera permanente, visible y legible, y los medios de desconexión deben estar pintados de rojo y deben ser bloqueados en la posición de "cerrado".

### F. Instalación de Dispositivos de Alarma contra humo en Unidades de Vivienda (ver Anexo B)

Los siguientes requerimientos son de aplicación a la instalación de alarmas contra humo en unidades de vivienda:

- a) Excepto donde esté prohibido por la Regla 150-704 y en los circuitos que cuenten con protección contra fallas a tierra, se pueden instalar dispositivos de alarma contra humo en algún circuito derivado de iluminación y tomacorrientes, en una unidad de vivienda;
- b) No deben haber medios de desconexión entre el dispositivo de alarma contra humo y el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado;
- c) El método de alambrado para el dispositivo de alarma contra humo, incluyendo cualquier interconexión de unidades y sus equipos asociados, deben estar de acuerdo con las Reglas 370-100 y 370-102;
- d) No obstante lo indicado en el párrafo (c), cuando un circuito de alarma contra humo utiliza un suministro de energía de la Clase 2 para la interconexión de alarmas contra humo y su equipo asociado, los métodos de alambrado Clase 2 se permiten en edificaciones de material combustible, siempre y cuando los conductores sean instalados de acuerdo con las Reglas 70-506 a 70-524 inclusive.

### **1.3. Bombas Contra Incendio**

#### **A. Conductores**

Los conductores deben ser de cobre y deben tener una capacidad no menor de:

- a) 125 % de la corriente nominal del motor a plena carga, cuando un motor individual es provisto con la bomba contra incendio; y
- b) 125 % de la suma de las corrientes a plena carga de la bomba contra incendio, bomba de maniobra y las cargas auxiliares de la bomba contra incendio, cuando dos o más motores son provistos con la bomba contra incendio.

#### **B. Métodos de Alambrado (ver Anexo B)**

Todos los conductores para el equipo de bombas contra incendio deben ser:

- a) Instalados en canalizaciones metálicas del tipo totalmente cerrado; o
- b) Incorporados en un cable, que tenga un refuerzo o forro metálico, y ser de un tipo indicado en la Tabla 19.

#### **C. Caja de Toma para Bombas Contra Incendio**

- 1) Se permite una caja de toma independiente para el equipo de la bomba contra incendio.
- 2) No obstante la Regla 40-102(2), se permite ubicar una caja de toma para el equipo de la bomba contra incendio en un lugar apartado de las otras cajas de toma.
- 3) Se debe etiquetar la caja de toma para el equipo de la bomba contra incendio, de una manera visible, legible y permanente, id

#### **D. Interruptor de Transferencia.**

- 1) Cuando se utilice un interruptor de transferencia eléctrica para proveer energía al equipo de la bomba contra incendio en caso de emergencia, dicho interruptor de transferencia debe ser:
  - a) Ubicado en un compartimiento con tabiques separados, en el sitio del controlador de la bomba contra incendio, o en un lugar separado, cerrado y adyacente al sitio del controlador; y
  - b) Etiquetado de forma visible, legible y permanente; identificándolo como interruptor de transferencia automático de la bomba contra incendio; y

- c) Aprobado para servicio con bomba contra incendio.
- 2) Cuando más de una bomba contra incendio sean abastecidas por el suministro de emergencia, como se describe en la Subregla (1), debe ser provisto un interruptor de transferencia independiente para cada bomba contra incendio.

#### **E. Protección Contra Sobrecorrientes**

- 1) El ajuste de la protección contra sobrecorrientes para el suministro, alimentadores y circuitos derivados, se permite que puede ser seleccionado para corrientes con rotor bloqueado del motor o motores, más la corriente nominal del equipamiento asociado en el circuito en forma continua, y la característica de cortocircuito instantáneo se permite seleccionar o ajustar a un mínimo de la corriente de carga nominal de los equipos asociados en el circuito, más doce veces la corriente a plena carga del motor o motores.
- 2) Cuando la corriente de rotor bloqueado no está indicado en el motor, tal corriente puede ser considerada como el 600 % de la corriente nominal.

#### **F. Protección de Sobrecarga y de Recalentamiento**

Los conductores de circuitos derivados y los de control, o el equipamiento de la bomba contra incendio, no requieren protección contra sobrecarga o recalentamiento, pero si deben estar protegidos por el dispositivo o los dispositivos de sobrecorriente del circuito de derivación del motor.

#### **G. Interruptor Contra Fallas a Tierra**

En un circuito de bomba contra incendio no se debe instalar protección contra fallas a tierra.

## **Tema n.º 2: Dimensionamiento del sistema de bombeo de aguas y Potencias de bombas y motores – HIDROSTAL**

### **2.1. Equipos de bombeo para agua en casas, edificios, hoteles, restaurantes y condominios**

#### **A. Tanque alto**

A1E

Electrobomba de gran caudal con motor monofásico de 0,6 HP, 0,8 HP y 1,4 HP, succión y descarga de 1". Opcionalmente puede suministrarse con un motor trifásico de 1,9 HP. Se requiere que el sellado de la tubería de succión sea completamente hermética.

A1C

Electrobomba con motor monofásico de 0,6 HP, 0,8 HP y 1,4 HP, succión y descarga de 1". Este modelo tiene cualidades autocebantes, es decir, puede bombear agua incluso con una ligera filtración de aire en la tubería de succión.

Tabla 3

Selección de bombas para tanque elevado

MODELO	A1E			A1C		
VIVIENDA Nº PISOS	POTENCIA (HP)			POTENCIA (HP)		
	0.6	0.8	1.4	0.6	0.8	1.4
1						
2						
3						
4						
5						
6						
DESCARGA DE LA BOMBA	ϕ1"			ϕ1"		

Recomendación:

Emplear una tubería de descarga mínima de ¾".

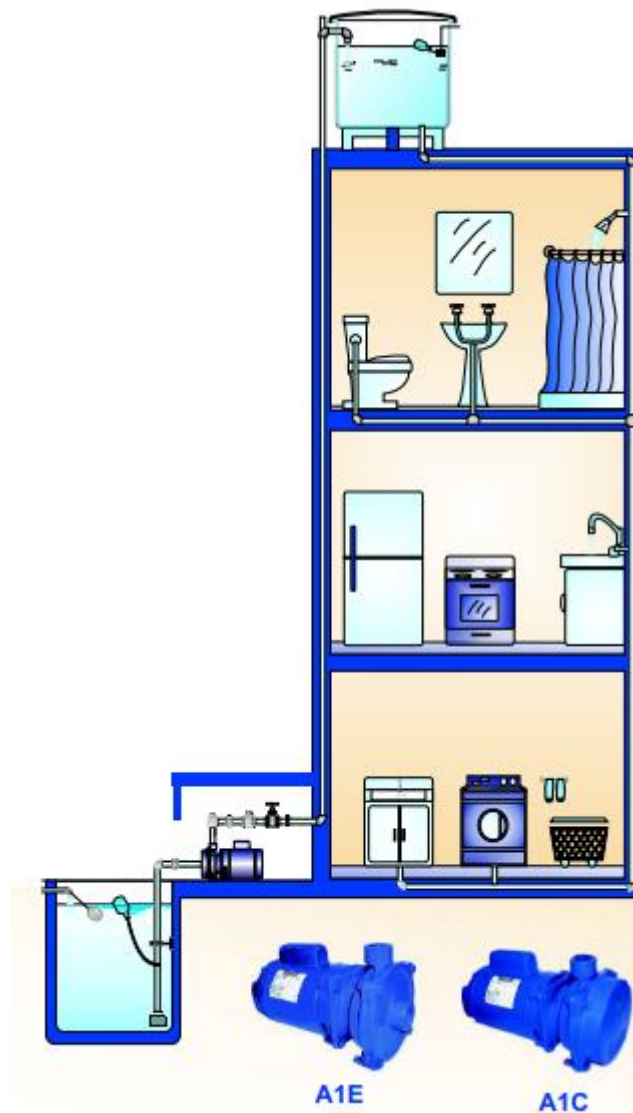


Figura 1. Modelos de equipos A1E y A1C

Nota: La selección del equipo depende del número de pisos de la vivienda, así como del tipo de accesorios que se utilizan como lavaderos, duchas, etc. Para mayor información consultar a nuestro departamento de ventas.

## B. Equipos hidroneumáticos con tanque de membrana CHAMPION

Consta principalmente de una electrobomba A11 de alta presión regulable con inyector incorporado. Los motores monofásicos disponibles son de 0,6 HP, 0,8 HP y 1,4 HP. Opcionalmente puede suministrarse con un motor trifásico de 1,9 HP. La succión y la descarga son de 1". Este modelo de bomba está especialmente desarrollado para trabajar en casas, edificios, condominios y restaurantes con tanque de membrana marca CHAMPION de fabricación USA, una bomba HIDROSTAL o SALMSON, un control de presión, un manómetro o un control de cisterna y una válvula de pie.



Figura 2. Equipo hidroneumático y forma de instalación - Hidrostal

### 2.2. Calculo de equipo hidroneumático

Para el cálculo se debe tener en cuenta si son casas, edificios o instituciones

Tabla 4

Tabla de ambientes para selección de equipos hidroneumáticos

Para casas y edificios		Escuelas, oficinas, restaurantes, etc.	
Unidad	valores	Unidad	valores
Lavatorio	1	Lavatorio	2
Lavatorio de cocina	2	Lavatorio de cocina	4
Tina	2	Urinario con tanque	3
Ducha	2	Inodoro	5
Inodoro	3	Ducha	4
Baño completo con inodoro	6	En caso de que el inodoro sea con válvula, agregar 5 valores más.	

Medio baño poco usado

3

El tipo de bomba más chica con la que se puede usar con válvula es el de 1,4 HP

Ejemplo: Un edificio de cuatro pisos y cuatro departamentos. Cada uno tiene:

1 lavatorio = 1 valor

1 lavatorio de cocinas = 2 valores

1 baño completo = 6 valores

Sub total = 9 valores

Total = 36 valores

Luego de ver la tabla 5 el encuentro de las columnas de 40 valores y de 2 pisos nos indica el tipo de equipo: UM UB CM8003-A11-1,4 M, al cual le corresponde una tubería de 1"

Tabla 5

Selección de equipos hidroneumáticos (\*)

VALORES	Q (l/s)	NUMERO DE PISOS												TUBERIA QUE SALE DEL EQUIPO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		20 - 40 PSI	25 - 45	30 - 50	35 - 55	40 - 60	45 - 65	50 - 70	55 - 75	60 - 80	65 - 85 PSI			
20	0.54	UM UB CM4202 A11 - 0.6 M		UM UB CM8003 A11 - 1.4 M			UM UB CM12051 MULTI H-204 - 1.5 M/T						3/4"	
30	0.68	UM UB CM8003 11 - 0.8 MA												
40	0.85	UM UB CM8003 MULTI H-202 - 0.75 M/T											1"	
50	1.16													
60	1.25	UM UB CM8003 MULTI H-203 - 1.0 M/T								UM UB CM1702 MULTI H-404 - 2.0 M/T				
70	1.34												1.1/4"	
80	1.45	UM UB CM12051 MULTI H-402 - 1.0 M/T												
100	1.67													
120	1.83			UM UB CM12051 MULTI H-403 - 1.5 M/T						UM UB CM22050 MULTI H-405 - 3.0 M/T			1.1/2"	
150	2													
200	2.45			DM UB CM12051 MULTI H-802 - 2.0 M/T			DM UB CM1702 MULTI H-803 - 3.0 T			DM UB CM22050 MULTI H-804 - 4.0 T				
240	2.75													
280	3.07													
320	3.37												2"	
400	3.97	DM UB CM22050 B1.1/2 x 2 - 3.4 T								DM UB CM22050 C1.1/2 x 2 - 5.7 T				
600	5.34			TM UB CM22050 B1.1/2 x 2 - 5.7 T										
800	6.6						TM UB CM22050 C1.1/2 x 2 - 8.8 T			TM UB CM22050 MULTI V-1804 - 10.0 T			2.1/2"	

(\*) La selección del equipo depende del número de pisos de la vivienda, así como del tipo de accesorios que se utilizan como lavaderos, duchas, etc. Para mayor información consultar a nuestro departamento de ventas.



## Tema n.º 3: Corrección del factor de potencia

### 3.1. Generalidades sobre la corrección del factor de potencia

En los circuitos de corriente alterna, la corriente absorbida por una carga puede estar representada por dos componentes:

- La componente activa  $I_R$ , en fase con la tensión de alimentación, que está directamente relacionada con el trabajo útil desarrollado (y, por tanto, con la parte proporcional de energía transformada en energía de otro tipo: mecánica, lumínica, térmica...);
- La componente reactiva  $I_Q$ , perpendicular respecto a la tensión, que sirve para producir el flujo necesario para la conversión de las potencias a través del campo eléctrico o magnético y es un índice del intercambio energético entre la alimentación y el elemento de la instalación eléctrica. Sin esta componente no podría haber transferencia neta de potencia, por ejemplo, por intervención del acoplamiento magnético en el núcleo de un transformador o en el entrehierro de un motor.

Por lo general, en presencia de cargas de tipo óhmicoinductivo, la corriente total  $I$  se muestra desfasada y retardada respecto a la componente activa  $I_R$ .

Por lo tanto, en una instalación eléctrica es necesario generar y transportar, además de la potencia activa útil  $P$ , una cierta potencia reactiva  $Q$ , indispensable para la conversión de la energía eléctrica que no es utilizada por el elemento sino intercambiada con la red. El complejo de la potencia generada y transportada constituye la potencia aparente  $S$ .

El factor de potencia  $\cos\varphi$  se define como la relación entre la componente activa  $I_R$  y el valor total de la corriente  $I$ , siendo  $\varphi$  el ángulo de fase entre la tensión y la corriente. Con una tensión  $V$  dada de fase resulta:

$$\cos\varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S}$$

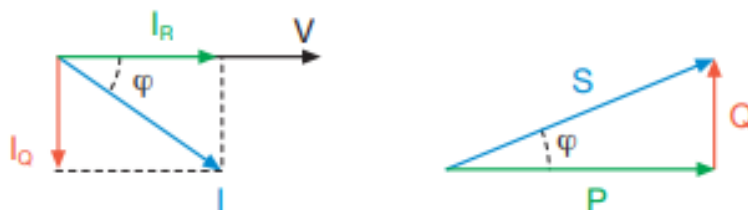


Figura 3. Triángulo de potencias

“Corregir” significa actuar para incrementar el factor de potencia en una sección específica de la instalación, proporcionando localmente la potencia reactiva necesaria para reducir, a igual potencia útil requerida, el valor de la corriente y, por tanto, de la potencia que transita la red aguas arriba. De esta forma, las líneas, los generadores y los transformadores pueden ser dimensionados para un



valor de potencia aparente inferior, tal y como se verá en el capítulo siguiente.

Desde el punto de vista estrictamente técnico, una instalación correctamente dimensionada puede funcionar con normalidad incluso en presencia de un bajo factor de potencia; por este motivo, no existen normas que indiquen el valor exacto del factor de potencia que debe tener una instalación eléctrica.

Tabla 6  
Factores de potencia típicos de algunos aparatos eléctricos.

<b>Carga</b>	<b>cos<math>\phi</math> factor de potencia</b>
Transformadores en vacío	0.1÷0.15
Motores	0.7÷0.85
Dispositivos para el tratamiento del metal:	
- soldadoras de arco	0.35÷0.6
- soldadoras de arco compensadas	0.7÷0.8
- soldadoras de resistencia	0.4÷0.6
- hornos de arco	0.75÷0.9
Lámparas fluorescentes:	
- compensadas	0.9
- no compensadas	0.4÷0.6
Convertidores de CA - CC	0.6÷0.95
Accionamientos de CC	0.4÷0.75
Accionamientos de CA	0.95÷0.97
Cargas resistivas	1

No obstante, efectuar la corrección representa una solución que permite obtener ventajas técnicas y económicas; de hecho, gestionar una instalación con un bajo  $\cos\phi$  implica un incremento de los costes para el distribuidor de energía eléctrica, que, consecuentemente, aplica un sistema de tarifas que sanciona el uso de la energía con bajos factores de potencia.

Las disposiciones legales existentes en los distintos países permiten que las compañías eléctricas nacionales puedan crear un sistema de tarifas más o menos detallado, estructurado de forma que la energía reactiva consumida que sobrepase la correspondiente a un  $\cos\phi$  igual a 0.9 ha de pagarse según determinados importes que dependen de la tensión del suministro (baja, media o alta) y del factor de potencia. A partir del sistema de tarifas aplicado, el usuario puede determinar los importes que conlleva ese incremento y, por tanto, puede evaluar, frente al coste de una instalación de corrección, el ahorro en relación con el coste de las sanciones.

### 3.2. Ventajas técnicas de la corrección del factor de potencia

Tal y como se explicaba anteriormente, al aplicar la corrección en una instalación, proporcionando localmente la potencia reactiva necesaria, se reduce el valor de la corriente, (a igual potencia útil requerida), y, por tanto, la potencia global consumida aguas arriba; esto conlleva numerosas ventajas, entre ellas, un uso optimizado de las máquinas (generadores y transformadores) y de las líneas eléctricas (transmisión y distribución). En el caso de formas de onda sinusoidales, la potencia reactiva necesaria para pasar de un factor de potencia  $\cos\phi_1$  a un

factor de potencia  $\cos\varphi_2$  es expresada por la relación (válida tanto para sistemas trifásicos como monofásicos):

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$

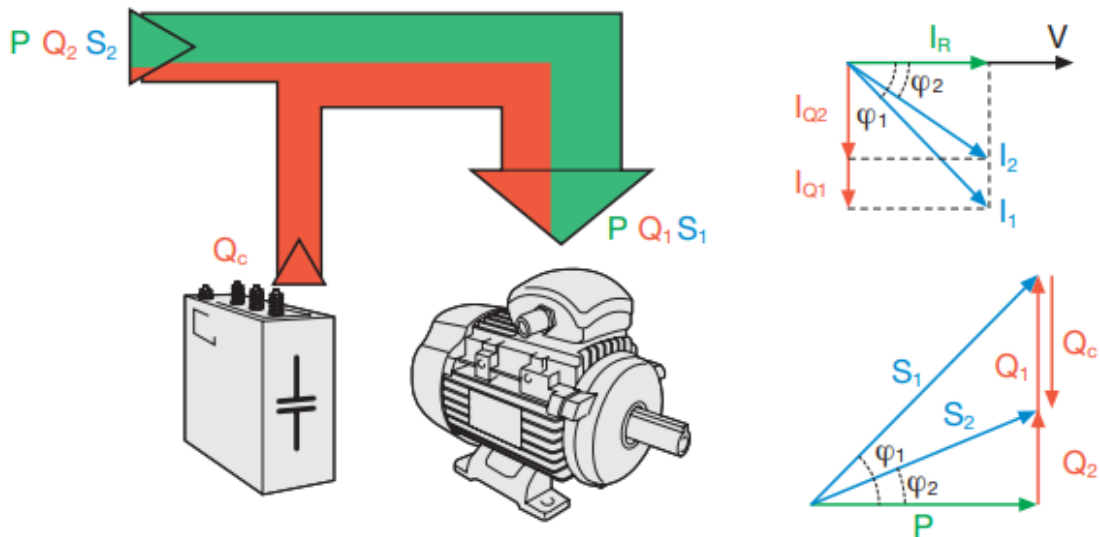


Figura 4. Triángulo de potencias y muestra de la potencia reactiva

**Donde:**

**P= es la potencia activa**

$Q_1, \varphi_1$  = son la potencia reactiva y el ángulo de desfase antes de la corrección;

$Q_2, \varphi_2$  = son la potencia reactiva y el ángulo de desfase tras la corrección;

$Q_c$  = es la potencia reactiva de corrección.

Ejemplo

Supongamos que queremos incrementar el factor de potencia de una instalación trifásica ( $U_n = 400$  V) que consume de media 300 kW, de 0.8 a 0.93. La corriente absorbida será:

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_1} = \frac{300 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 540 \text{ A}$$

Aplicando la fórmula anteriormente descrita se obtiene la potencia reactiva que debe producirse localmente  $Q_c$  :

$$Q_c = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) = 300 \cdot (0.75 - 0.39) = 108 \text{ kvar}$$

Por efecto de la corrección, la corriente absorbida pasa de 540 A a:

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_2} = \frac{300 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.93} = 465 \text{ A}$$

(reducción del 15% aprox.)

Con todo ello, las ventajas principales de la corrección pueden resumirse de la siguiente manera: • uso optimizado de las máquinas eléctricas; • uso optimizado de las líneas eléctricas; • reducción de las pérdidas; • reducción de la caída de tensión.

- A. Uso optimizado de las máquinas eléctricas
- B. Uso optimizado de las líneas eléctricas
- C. Reducción de las pérdidas
- D. Reducción de la caída de tensión

### 3.3. Ventajas económicas de la corrección del factor de potencia

Los distribuidores de energía eléctrica aplican un sistema de tarifas que sanciona el consumo de energía con un factor de potencia medio mensual inferior a 0.9. Los contratos aplicados son diferentes dependiendo del país y también pueden variar en función del tipo de cliente: debido a ello, el texto siguiente debe considerarse a mero título didáctico e indicativo, con la intención de mostrar el ahorro económico que se obtiene con la corrección. En líneas generales, las cláusulas contractuales de suministro de energía señalan el pago de la energía reactiva recogida si el factor de potencia está comprendido entre 0.7 y 0.9, mientras que no se debe pagar nada si es superior a 0.9. Para  $\cos\varphi < 0.7$ , los distribuidores de energía pueden obligar al usuario a realizar la corrección. Tener un factor de potencia medio mensual superior o igual a 0.9 significa requerir a la red una energía reactiva inferior o igual al 50% de la energía activa:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q}{P} \leq 0.5 \rightarrow \cos\varphi \geq 0.89$$

Es decir, no se aplican sanciones si las exigencias de energía reactiva no superan el 50% de la activa. El coste anual que el usuario soporta, consumiendo una energía reactiva que exceda de la correspondiente a un factor de potencia igual a 0.9, puede expresarse de la siguiente forma:

$$C_{EQ} = (E_Q - 0.5 \cdot E_P) \cdot c$$

Donde:

$C_{EQ}$  = es el coste de la energía reactiva en un año en \$;

$E_Q$  = es la energía reactiva consumida en un año en kvarh;

$E_P$  = es la energía activa consumida en un año en kWh;

$E_Q - 0.5 \cdot E_P$  = es la cuota de energía reactiva sujeta al coste;

$c$  = es el coste unitario de la energía reactiva en \$/kvarh. Si se compensa a 0.9, para no pagar el consumo de energía reactiva, el coste de la batería de condensadores y de su instalación es:

$$C_{Qc} = Q_c \cdot c_c$$

Donde:

$C_{Qc}$  = es el coste anual en E para tener un factor de potencia igual a 0.9;

$Q_c$  = es la potencia de la batería de condensadores necesaria para que el  $\cos\phi$  sea de 0.9, en kvar;

$C_c$  = es el coste de instalación anual de la batería de condensadores en \$/kvar;

El ahorro para el usuario será:

$$C_{EQ} - C_{Qc} = (E_Q - 0.5 \cdot E_p) \cdot c - Q_c \cdot c_c$$

Es preciso señalar que la batería de condensadores representa un "coste de instalación" oportunamente repartido en los años de vida de la instalación mediante uno o más coeficientes económicos; en la práctica, el ahorro que se obtiene realizando la corrección permite recuperar el coste de instalación de la batería de condensadores en los primeros años.

En realidad, en un análisis preciso de inversión entrarán en juego determinados parámetros económicos que se excluyen de los objetivos de este cuaderno técnico.

### 3.4. Medios de producción de la potencia reactiva

Los principales medios para la producción de potencia reactiva son:

- A. alternadores sincrónicos;
- B. compensadores sincrónicos;
- C. compensadores estáticos;
- D. baterías de condensadores estáticos

### 3.5. Tipos de corrección

En los capítulos anteriores se ha visto cuáles son las ventajas técnicas y económicas de la compensación. Queda por explicar dónde se deben instalar los condensadores para sacar el máximo rendimiento de dichas ventajas. Si bien no existen reglas específicas para los diferentes tipos de instalaciones y, en teoría, los condensadores pueden instalarse en cualquier punto, es preciso evaluar su ejecución práctica y económica. A partir de las modalidades de ubicación de los condensadores, los principales métodos de corrección son:

#### A. Corrección del factor de potencia distribuida;

La corrección distribuida se realiza conectando una batería de condensadores debidamente dimensionada directamente a los terminales del dispositivo que necesita la potencia reactiva.

La instalación es sencilla y poco costosa: el condensador y la carga pueden beneficiarse de las mismas protecciones contra sobrecorrientes y se insertan o desconectan a la vez.

Este tipo de corrección es aconsejable para grandes aparatos con carga y factor de potencia constantes y tiempos de conexión prolongados; por lo general, es utilizado para motores y lámparas fluorescentes.

La figura 5 presenta los esquemas usuales de conexión para la corrección del factor de potencia de motores. En caso de conexión directa (esquemas 1 y 2) se corre el riesgo de que, tras el corte de la alimentación, el motor, al continuar rotando (energía cinética residual) y autoexcitándose con la energía reactiva suministrada por la batería de condensadores, se transforme en un generador asíncrono. Si esto ocurre, la tensión se mantiene en el lado de carga del dispositivo de maniobra y control, con riesgo de peligrosas sobretensiones (hasta el doble de la tensión nominal). Por medio del esquema 3, la batería de compensación se conecta al motor sólo cuando éste está en marcha y se desconecta del mismo antes de que se produzca el corte de la alimentación del motor. Con este tipo de corrección, toda la red aguas arriba de la carga trabaja con un factor de potencia elevado; por el contrario, esta solución resulta costosa económicamente.

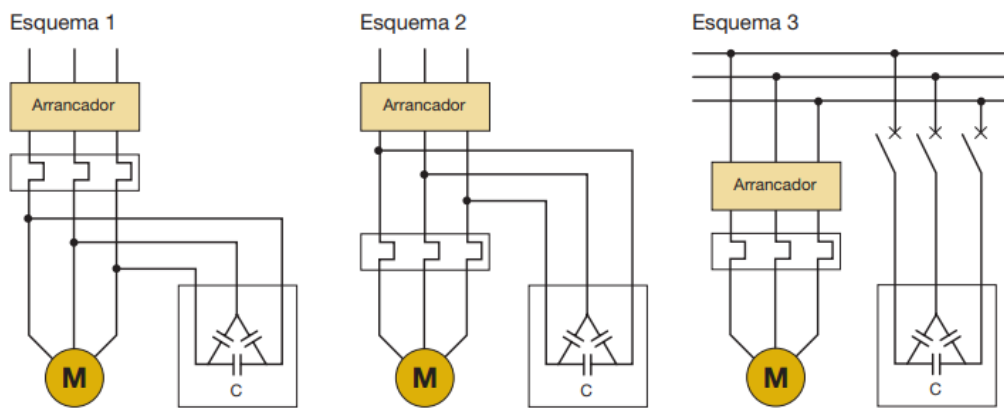


Figura 5. Esquemas usuales de conexión para la corrección del factor de potencia de motores

### B. Corrección del factor de potencia por grupos;

Consiste en corregir localmente grupos de cargas con características de funcionamiento similares mediante la instalación de una batería de condensadores. Este método se encuentra a medio camino entre la solución económica y el correcto servicio de la instalación, ya que los beneficios de la corrección afectan sólo a las líneas aguas arriba respecto al punto en el que se encuentra instalada la batería de condensadores.

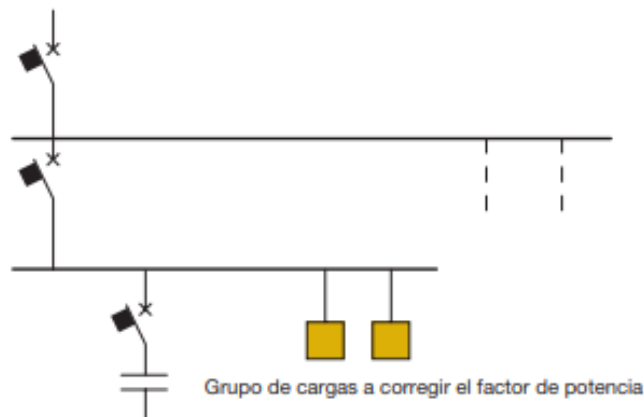


Figura 6. Esquema del factor de potencia por grupos

### C. Corrección del factor de potencia centralizada;

El comportamiento diario de las cargas tiene una importancia fundamental para la elección del tipo de corrección más conveniente. En instalaciones con muchas cargas, en las que todos sus elementos funcionan de forma simultánea y/o algunos están conectados sólo unas pocas horas al día, es evidente que la solución de la corrección distribuida resulta demasiado costosa, quedando durante largos periodos inutilizados muchos de los condensadores instalados. Por tanto, el uso de un único sistema de corrección en el punto inicial de la instalación permite reducir notablemente la suma de potencias de los condensadores instalados.

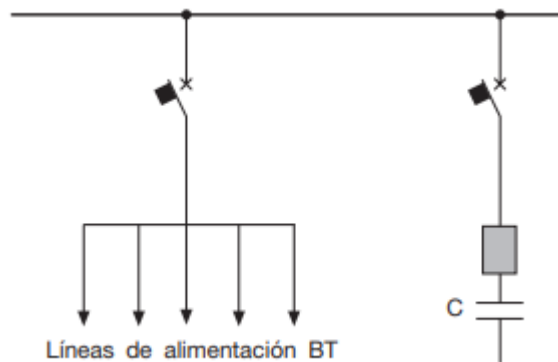


Figura 7. Esquema del factor de potencia centralizada

### D. Corrección del factor de potencia mixta;

Esta solución deriva de un compromiso entre las soluciones de corrección distribuida y centralizada, combinando las ventajas de ambos. De esta forma, se utiliza la corrección distribuida para los aparatos eléctricos de mayor potencia, y la centralizada para la parte restante. La corrección mixta se emplea generalmente cuando en una instalación sólo se utilizan con frecuencia los equipos más pesados, de manera que éstos son compensados individualmente mientras que los demás aparatos son compensados de forma centralizada.

### E. Corrección del factor de potencia automática

En la mayor parte de las instalaciones no tiene lugar una absorción constante de potencia reactiva, por ejemplo, a causa de ciclos de trabajo en los que se utilizan máquinas con diferentes propiedades eléctricas. En dichas instalaciones se emplean sistemas de corrección automáticos que, por medio de un sistema de detección de tipo varimétrico y de un regulador del factor de potencia, permiten la inserción o la desconexión automática de las diferentes baterías de condensadores, siguiendo de esta forma las variaciones de la potencia reactiva absorbida y manteniendo constante el factor de potencia de la instalación. Un sistema de corrección automática está compuesto por:

- sensores que detectan las señales de corriente y tensión;
- una unidad inteligente que compara el factor de potencia medido con el deseado y ejecuta la inserción o la desconexión de las baterías de condensadores en función de la potencia reactiva necesaria (regulador del factor de potencia);
- un cuadro eléctrico de potencia, que incluye los dispositivos de protección y maniobra;

- baterías de condensadores. Con objeto de proporcionar una potencia lo más cercana posible a la requerida, la inserción de los condensadores tiene lugar de forma escalonada; la precisión de control será mayor cuanto más escalones haya y cuanto más pequeña sea la diferencia entre ellos.

### 3.6. Determinación del factor de potencia

Para dimensionar la batería de condensadores a instalar para corregir la instalación, hay que determinar de manera precisa el factor de potencia a partir de los consumos o del ciclo de carga de la instalación; así se evita la inyección de excesiva energía reactiva, condición que normalmente no está permitida por las compañías eléctricas. Si se desea efectuar una corrección distribuida o por grupos, es necesario determinar el  $\cos\varphi$  de la carga o del grupo de cargas (reparto); esto puede llevarse a cabo de los siguientes modos:

- directamente, mediante medida directa por medio de un cosfímetro;
- indirectamente, a través de la lectura de los contadores de energía activa y reactiva.

El cosfímetro es un instrumento de medida que permite visualizar el factor de potencia  $\cos\varphi$  con el que la carga está absorbiendo energía. La lectura de dicho instrumento se efectuará en diferentes momentos del ciclo de carga para así poder extraer un factor de potencia medio.

Si se dispone de las lecturas de energía activa y reactiva absorbidas en un ciclo de trabajo por la carga o por el conjunto de las cargas que constituyen el reparto, el factor de potencia medio puede ser calculado de la siguiente forma:

$$\cos\varphi = \cos \left( \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{E_{Qf} - E_{Qi}}{E_{Pf} - E_{Pi}} \right) \right)$$

Donde:

$E_{Pi}$  y  $E_{Qi}$  = son los valores de la energía activa y reactiva leídos al comienzo del ciclo de trabajo;

$E_{Pf}$  y  $E_{Qf}$  = son los valores de la energía activa y reactiva leídos al término del ciclo de trabajo.

Si se pretende efectuar una compensación centralizada, el factor de potencia medio mensual puede extraerse siguiendo el procedimiento descrito anteriormente o directamente de los recibos de la compañía eléctrica.

## Tema n.º 4: Sistema de baja tensión – comunicaciones – RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 400-2018-VIVIENDA

### 4.1. Lineamientos técnicos generales de las edificaciones

**Artículo 5.-** Proyecto técnico para instalaciones de telecomunicaciones El Proyecto Técnico de instalaciones de telecomunicaciones, debe desarrollarse conforme a la presente Norma y debe ser refrendado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del

Perú.

a) Planos:

- i. Plano de conexión del acceso domiciliario a la red pública de telecomunicaciones.
- ii. Plano del sistema de distribución (ductos, conductos, cámaras, canaletas y demás canalizaciones).
- iii. Plano de salidas de telecomunicaciones (telefonía, cable, internet, sistemas de alarma, detectores de humo, sensores de movimiento, sistemas inteligentes, circuitos cerrados de TV, sistemas de control de accesos, sistemas de seguridad, redes de enlace entre computadoras, sistema de llamadas y música ambiental, sistema de parlantes, sistema de control de personas y sistema de control de medios audiovisuales, u otros en lo que sea pertinente);
- iv. Plano de diagramas de instalación de equipos electrónicos;
- v. Plano de detalles de equipos;
- vi. Plano de detalles constructivos;

Los planos deben incluir la nomenclatura indicada en el ANEXO II-Simbología, de la norma EM.020 Instalaciones de telecomunicaciones.

b) Memoria descriptiva: Deberá especificar la descripción de la infraestructura de los servicios de telecomunicaciones, premisas de diseño, descripción esquemática del sistema o sistemas a instalar, características técnicas generales del sistema de telecomunicaciones y el número de unidades y metrado de los materiales.

c) Especificaciones técnicas de los materiales y equipos; y

d) Procedimiento de ejecución, de ser necesario.

#### **Artículo 6.-** Acceso a servicios de telecomunicaciones

La red interna de telecomunicaciones de la edificación debe facilitar que cada usuario por inmueble tenga acceso a la diferente oferta de servicios de telecomunicaciones, establecidos en el Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones (Decreto Supremo N° 013-93-TCC) y en el Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones (Decreto Supremo N° 020-2007-MTC).

#### **Artículo 7.-** Medios de transmisión

Los servicios de telecomunicaciones a cada edificación o inmueble debe realizarse a través de diversos medios de transmisión (par de cobre, fibra óptica, cable coaxial, entre otros).

#### **Artículo 8.-** Componentes de la red interna de telecomunicaciones

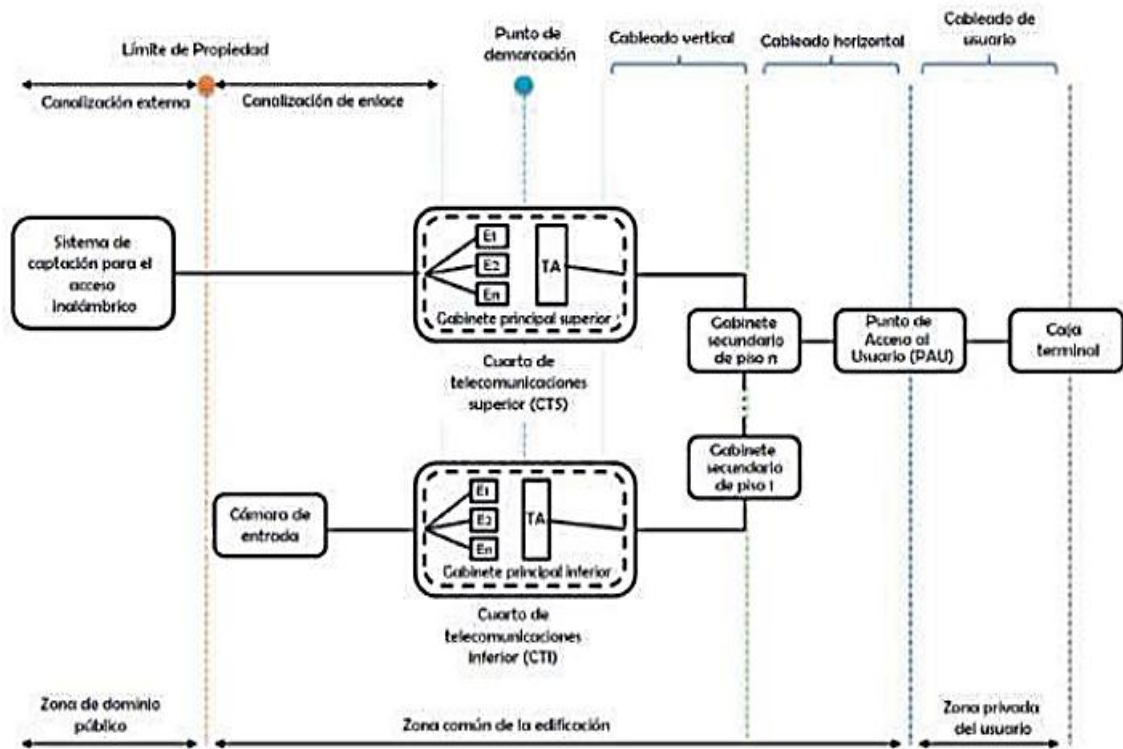
La infraestructura de la red interna de telecomunicaciones debe tener principalmente los siguientes componentes:



1. Cámara de entrada
2. Cuarto de telecomunicaciones
3. Gabinete secundario
4. Cajas de paso
5. Punto de acceso al usuario
6. Caja terminal

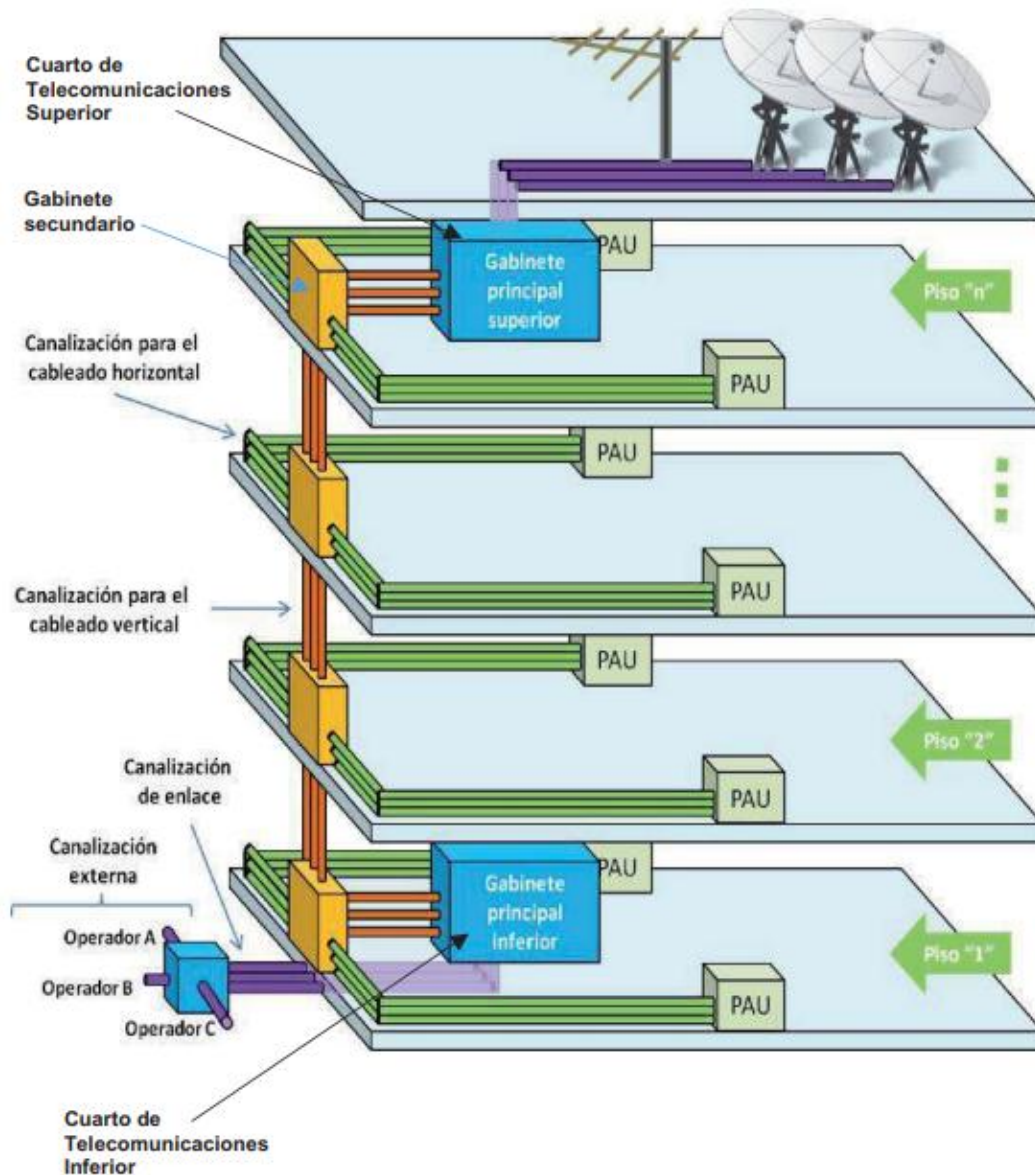
**Artículo 9.-** Organización de los componentes de la infraestructura de telecomunicaciones La infraestructura de la red interna de telecomunicaciones se debe iniciar en el Punto de Demarcación en el inmueble según el esquema del Gráfico 1 y de acuerdo a la cantidad de usuarios, distribución de la infraestructura y ubicación de espacios disponibles.

La edificación debe disponer de los espacios físicos (componentes y canalizaciones) necesarios para instalar los equipos de manera segura. Estos deben estar interconectados por medio de un sistema de cableado.



$E_1, E_2, E_n$  = Empresas prestadoras de servicios públicos de telecomunicaciones.  
TA=Tablero de asignación.

Figura 8. Esquema general de la Infraestructura de la red interna de telecomunicaciones



**PAU=** punto de acceso al usuario

Figura 9. Esquema referencial de canalización de una edificación

## Tema n.º 5: Domótica - Sistemas integrados de control

### 5.1. ¿Qué es la domótica?

El término domótica proviene de la unión de las palabras “domus”, que significa casa en latín y “tica” (de automática, palabra en griego, “que funciona por sí sola”). Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar. Se podría definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto.

La domótica es una tecnología diseñada y programada, para hacer más fácil la vida de las personas trabajando en los siguientes aspectos:

Conseguir un alto nivel de confort. El empleo de un sistema integrado de comunicaciones permite disponer de comodidades para el usuario, como el control por mando a distancia, programación de escenas y automatización de tareas como las subida/bajada de persianas, entre otras muchas.

Aumentar la seguridad de bienes y personas. Seguridad, tanto en lo referente a alarmas técnicas (alarmas de incendio, inundación, humos, escape de gas, etc.), como protección de las personas contra robos (simulación de presencia, detección de intrusos,...).

Gestión de la energía. La domótica trabaja en este aspecto en la optimización del consumo eléctrico y de la climatización (modos de tarificación nocturna, prevención de situaciones de consumo innecesario, como corte de la calefacción con las ventanas abiertas,...). Todo ello se lleva a cabo mediante programaciones horarias, termostatos, detectores de presencia, etc. Con todo esto se consigue un uso más racional de la energía, y por lo tanto, un ahorro económico.

Comunicación. Es posible la conexión con el sistema a distancia, de forma que se pueda modificar y conocer el estado de funcionamiento de la instalación. En este campo está produciéndose una verdadera revolución en los últimos años, y muchos de los fabricantes de dispositivos están comercializando componentes que permite el control mediante las últimas tecnologías, entre ellas el control por Internet y mediante teléfonos móviles (SMS y WAP).

## **5.2. Introducción al sistema EIB.**

El EIB (European Installation Bus) es un sistema domótica que se desarrolló bajo el amparo de la Unión Europea, con el objetivo de disminuir el número de importaciones de productos del mismo tipo provenientes de los mercados japoneses y norteamericanos, donde este tipo de tecnologías estaba más desarrollado.

Una de las grandes ventajas de este sistema es que no se trata de un sistema propietario, es decir, no existe una marca comercial detrás de EIB. Son los fabricantes agrupados en una asociación llamada EIBA, quienes desarrollan productos para EIB.

La EIBA surgió a principios de los noventa, de la asociación de diferentes fabricantes, y está formada por unas 120 empresas europeas. Se encarga de crear un estándar que permita compatibilizar los productos provenientes de diversos fabricantes, siendo este estándar garantía de compatibilidad e interoperabilidad entre una multitud de productos diferentes. Las empresas que forman la EIBA garantizan que sus protocolos sean compatibles con el bus y por ello, se pueden emplear en una instalación EIB aparatos de distintos fabricantes con total interoperabilidad.

El EIB es un sistema descentralizado en el que cada dispositivo puede ejercer una serie de funciones de forma autónoma o relacionada con otros dispositivos.

Por lo tanto si un elemento falla, el sistema domótica puede seguir funcionando aunque sea parcialmente. Esto es así porque todos los dispositivos que se conectan al bus de comunicación de datos tienen su propio microprocesador y electrónica de acceso al medio.

En el protocolo EIB todos los componentes tienen su propia inteligencia con lo cual puede ser utilizado tanto para pequeñas instalaciones, como para proyectos de mayor alcance (hoteles, edificios administrativos, etc.)

Además, EIB presenta las ventajas inherentes a este tipo de sistemas frente a las instalaciones tradicionales:

- Reducción del cableado y por lo tanto de las posibilidades de incendios.
- Reducción de los costes asociados a la instalación.
- Integración de diferentes funciones en un solo sistema.
- Flexibilidad para ampliaciones y modificaciones futuras. Es posible reprogramar el funcionamiento de la instalación conectando un ordenador al sistema o incluso a distancia mediante un enlace telefónico o a través de Internet.

### **5.3. Características de instalación domótica**

#### **A. Funciones de la instalación**

En los siguientes apartados se describen las funciones que podrá realizar nuestra instalación domótica, en los diferentes campos de aplicación.

#### **B. Seguridad y vigilancia**

Los sensores de movimiento se utilizarán como detectores de intrusión. Se colocarán estratégicamente en zonas del jardín, de acceso a la vivienda, o en estancias dentro de la propia vivienda.

En zonas propensas a riesgo de incendio, como puede ser la cocina, se instalará unos detectores ópticos de humo, además de un detector de gas.

En baños, cocina y zonas propensas a un riesgo de inundación se instalarán detectores de fuga de agua que se utilizarán para vigilar y detectar fugas, a nivel del suelo provenientes de cañerías, desagües, bañeras, lavadoras, etc. Una vez los sensores han detectado un problema de este tipo, se activarán las electroválvulas mediante un actuador, con el fin de cortar el suministro de agua de la vivienda.

En caso de alarma se dispondrá de una sirena que emitirá una señal de alarma sonora y visual. Dependiendo de la intermitencia de la señal, se tratará de una alarma de intrusión o de una alarma técnica.

Los contactos magnéticos de cerradura nos permitirán saber si nos hemos dejado alguna puerta sin cerrar con llave al salir de la vivienda. De la misma manera ocurrirá con las ventanas.

El sistema permite realizar una simulación de presencia en nuestra vivienda mientras estamos ausentes, gracias a la central de alarma. También podremos programar que en caso de intrusión, a parte de la señal de alarma, se enciendan determinadas luces de la vivienda y el jardín.

Todo lo referente a alarmas y seguridad, irá controlado y supervisado por la central de alarmas junto con su teclado LED.

Para el control de acceso a la vivienda se cuenta con un sistema de videoportero compuesto por una unidad exterior situada en la puerta de acceso al jardín, y tres unidades interiores situadas en las diferentes plantas de la vivienda que permiten la comunicación desde diversas partes de la vivienda.

#### **C. Climatización**

Para el control de la climatización se utilizarán los tritones con termostato colocados en las correspondientes estancias de la vivienda. En algunos casos también se podrá utilizar el mando a distancia.

En el caso de que se detecte mediante los sensores magnéticos una ventana o puerta abierta se desactivará el sistema de climatización de la estancia.

#### **D. Iluminación**

El control de la iluminación se realizará mediante los tritones o sensores pulsadores colocados en cada habitación.

Para el control de la iluminación también podremos hacer uso de los sensores de movimiento. Los sensores de movimiento, además de detectar movimiento, también son sensores de luminosidad, de manera que, podremos usarlos para poder graduar el nivel lumínico de una estancia con ayuda de la iluminación y persianas. En el caso del jardín programaremos que a un cierto nivel lumínico, por ejemplo 20 lux, se enciendan las luces.

Podremos definir escenas donde el nivel de iluminación se ajuste a diferentes situaciones de nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, en la sala de estar, podemos programar una escena pensada para pasar una noche tomando un café con invitados, donde toda la iluminación esté encendida, o programar una escena para cuando deseemos ver una película en el sofá, donde el nivel lumínico necesitado será bastante inferior.

#### **E. Confort**

En referencia al confort dentro de nuestra vivienda, hay varios aspectos a remarcar.

El primero de ellos es la automatización de las persianas. Las persianas motorizadas serán controladas, mediante los tritones o sensores pulsadores colocados en las diferentes habitaciones de la vivienda.

Como ya se ha comentado en el apartado de iluminación, podemos crear escenas que adapten las condiciones de una estancia, a las diferentes necesidades del usuario. Además del control de la iluminación, en la creación de escenas podremos controlar parámetros como persianas, temperatura, etc.

También podremos apagar la iluminación de toda la vivienda, cuando salgamos de ella con tan solo un pulsador.

Podremos programar, diferentes funciones del sistema domótica, estableciendo diferentes rutinas según el día, hora, mes, etc. Por ejemplo, programación del riego automático, puesta en marcha de la depuradora de la piscina, etc.

En lugares estratégicos de la vivienda se colocarán pantallas táctiles a color, que tendrán la función de controlar, monitorizar y visualizar el estado del sistema domótica de toda nuestra casa. La pantalla táctil es una herramienta muy útil que nos facilitará el control de los diversos parámetros referentes a climatización, alarmas técnicas y de intrusión, iluminación, escenas, control de persianas, etc. Además, es una fuente de información capaz de mostrarnos datos como la temperatura exterior e interior, fecha, hora, guía de teléfonos (que nosotros hayamos programado previamente), e incluso permite visualizar imágenes gracias a su lector de tarjetas multimedia SD. También dispone de un

altavoz, capaz de emitir una señal acústica en caso de alarma. Lo mejor de todo esto es que lo podemos hacer a través de una interfaz táctil, sencilla, efectiva y amigable.

En el jardín se instalará una estación meteorológica que tendrá la función de controlar los diferentes aspectos climáticos, y en función de estos, enviar señales a los diferentes actuadores, con el objetivo de adecuar la vivienda a las condiciones programadas en función de dichos aspectos. Por ejemplo, podremos programar que, en caso de tormenta y fuerte viento, se bajen las persianas o que se active el riego automático dadas ciertas circunstancias climáticas.

Algunos de los tritones colocados en nuestra vivienda disponen de un sensor de infrarrojos que permitirá el control de los diferentes parámetros a través de un mando a distancia.

El sistema domótica EIB es muy versátil, por lo tanto, podremos reprogramar o ampliar el sistema de una manera fácil y sin costes elevados.

## **F. Eficiencia energética**

Algunos aspectos dentro de los apartados de seguridad, climatización, iluminación y confort, realizan de manera directa o indirecta un ahorro energético. Por ejemplo: la desactivación de la climatización si la ventana de la habitación está abierta, la posibilidad de desactivar todas las luces con un solo pulsador, apagar las luces si no hay alguien en la habitación durante cierto tiempo, etc.

## **G. Comunicación**

Mediante el EIB port LAN-LAN/RDSI Gateway, podremos controlar ciertos parámetros de nuestra instalación domótica (iluminación, programadores horarios, climatización, etc.) a través de internet, vía SMS, programación del sistema también vía internet y además permite la visualización de cámaras TCP/IP de vigilancia, entre otras cosas.

## **H. Topología de la instalación**

Nuestra instalación domótica contará con una sola área (Área 1). Ésta, estará compuesta por una línea principal, la cual irá alimentada por la correspondiente fuente de alimentación. A la línea principal se conectarán las 4 líneas correspondientes a los diferentes sectores en los que hemos dividido nuestra instalación. La sectorización se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la posición física de los diferentes componentes domóticos dentro de la casa. Por lo tanto las diferentes líneas incluirán los componentes situados en:

- Línea 1: Primera planta.
- Línea 2: Segunda planta.
- Línea 3: Tercera planta.
- Línea 4: Jardín

Para que sea posible la comunicación entre los diferentes componentes de todas las líneas, cada línea irá conectada a la principal mediante un acoplador de línea.

Además, cada línea dispondrá de su propia fuente de alimentación que alimentará a todos los componentes conectados a ella.

A continuación se muestra un esquema de la topología que tendrá nuestra instalación domótica.

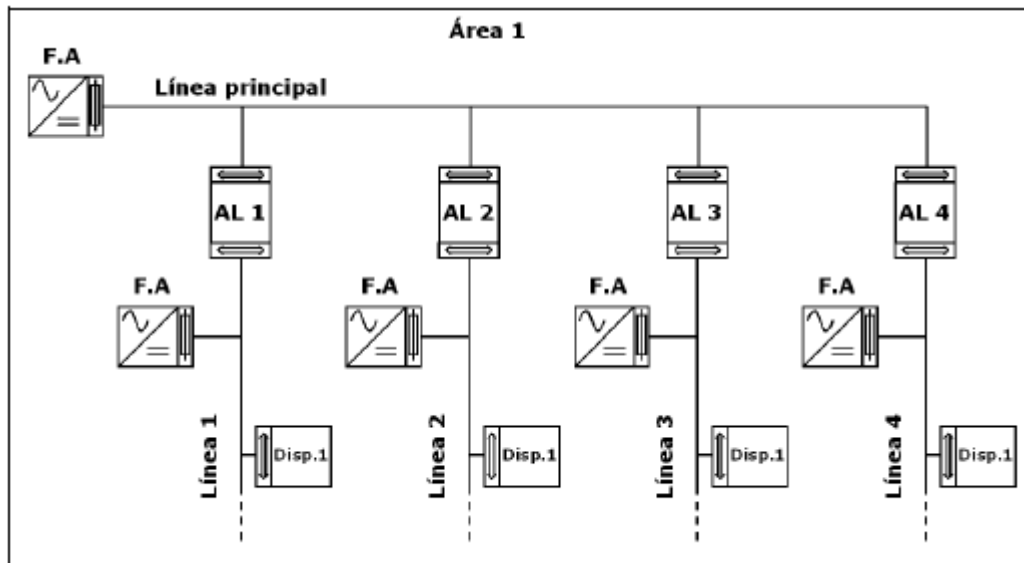


Figura 10. Topología de nuestra instalación domótica

Donde:

AL = Acoplador de línea

F.A = Fuente de alimentación

Disp.1 = Dispositivo domótica

En lo que concierne a los cuadros domóticos, se ha decidido optar por un diseño descentralizado. Debido a las dimensiones de nuestra vivienda, el instalar todos los componentes domóticos de instalación en carril DIN en un solo cuadro es una opción poco viable, ya que necesitaríamos un cuadro domótica de dimensiones muy grandes. Por lo tanto, no habrá un solo cuadro domótica. Se instalará un cuadro domótica para cada línea, y lo más cerca posible de la zona que tienen que controlar. Así también conseguimos tener más sectorizada la instalación, lo que facilita las cosas a la hora de detectar el fallo de un componente, añadir un componente nuevo a una línea, etc.

## Glosario de la Unidad 4

**Acceso Inalámbrico:** Conexión(es) radioeléctrica(s) entre la red del proveedor del servicio y el sistema de recepción en la edificación. Esta es una conexión sin cables utilizando los principios de la propagación de ondas electromagnéticas.

**Acometida:** Es el medio de enlace desde la fuente de señal del operador de servicios de telecomunicaciones hasta el punto de interconexión de la red interna de telecomunicaciones de la edificación.

**Antena:** Es un dispositivo transductor (conductor metálico) diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas, hacia el espacio libre.

**Bandejas, Conductos, Canaletas y Escalerilla:** Son estructuras que permiten distribuir el cableado y transportarlo a distintos espacios. Su funcionalidad no es sólo estética, ya que salvaguardan los cables de los elementos que los puedan dañar; inclemencias del tiempo, humedad, roedores, chispas. Pueden ser de PVC, PVC-P o estructuras galvanizadas u otras.

**Cable:** Conjunto de uno o más conductores eléctricos u ópticos dentro de un aislante envolvente, contruidos de tal modo que permita la transmisión de información y soporte las tracciones de su instalación y operación.

**Cableado:** Tendido de cables con las conexiones eléctricas u ópticas que permite la conexión entre el equipamiento que comunica.

**Cableado Estructurado:** Infraestructura común de cables destinada a transportar, a lo largo y ancho de una edificación, las señales que emite un emisor de algún tipo de señal hasta el correspondiente receptor, a través de alambres de cobre, cables de fibra óptica, cables terminados en diferentes tipos de conectores y adaptadores.

**Caja de distribución:** Es el espacio que permite el alojamiento del terminal de distribución y los dispositivos y equipos de la red de telecomunicaciones, proveyendo la seguridad y el espacio necesario para efectuar las conexiones de las líneas de acometida.

**Caja de Paso:** Accesorio o dispositivo en donde se realizan los Cambios de dirección o derivaciones de los cableados que llegan a él.

**Caja Terminal:** Accesorio empotrado en la pared donde se aloja la toma de usuario  
**Cámara de Entrada:** Es la construcción a ejecutarse en el subsuelo del área de dominio privado, que permite el paso de la acometida de la red subterránea de las empresas concesionarias de servicios públicos de telecomunicaciones hacia la red interna de telecomunicaciones de la edificación.

**Canalización:** Es la red de ductos, bandejas, canaletas, escalerillas u otra estructura que permita distribuir los cables.

**Conexión cruzada:** Cualquier dispositivo que permite la terminación de elementos de cable y su interconexión y/o su conexión en cruz, primordialmente por medio de un patchcord o puente.

**Conector/salida de Telecomunicaciones:** Elemento conector en el área de trabajo en



la cual termina el cable horizontal.

**Cuarto de Telecomunicaciones:** Es un espacio, área o ambiente cerrado o abierto de una edificación y con acceso restringido donde se encuentran los tableros de asignación, conductores y los equipos electrónicos necesarios para la prestación de servicios de telecomunicaciones.

**Gabinete de Telecomunicaciones:** Soporte/Caja metálica cerrada para alojar los equipos de Telecomunicaciones, paneles de conexión, blocks de conexiones, terminaciones de cables y cableado de conexión cruzada. Puede ser gabinete principal o secundario y está ubicado en el Cuarto de Telecomunicaciones (superior o inferior) de la edificación.

**Infraestructura de la red interna de telecomunicaciones en Edificaciones:** Es el soporte físico para la prestación de servicios de telecomunicaciones en una edificación. Está compuesta por los elementos (conductores, terminales, canaletas, bandejas, etc.) y obras civiles necesarias para alojar la red interna de telecomunicaciones.

**Instalación empotrada:** Consiste en ubicar los componentes de la red interna de telecomunicaciones dentro de un espacio habilitado en la pared (muro) o ducto, empleando conductos que llevan los cables.

**Instalación adosada (superficial):** Consiste en ubicar los componentes de la red interna de telecomunicaciones adosados en la pared (muro) de la edificación, empleando canaletas perimetrales para llevar los cables.

**Límite de propiedad:** Es cada uno de los linderos que definen la poligonal que encierra el área de un terreno urbano o rústico.

**Punto de Acceso al Usuario:** Es aquel espacio ubicado dentro del domicilio del usuario donde se une el cableado horizontal con la red interior de usuario, permitiendo la delimitación de responsabilidades en cuanto al origen, localización y reparación de averías.

**Punto de demarcación:** Es el punto en el que la red externa de telecomunicaciones termina y se conecta con el cableado de la red interna de telecomunicaciones del cliente o abonado. Determina la responsabilidad de la empresa prestadora de servicios y del (cliente/abonado).

**Red inalámbrica:** Conexión de los diferentes elementos de la red interna de telecomunicaciones sin cables, utilizando los principios de la propagación de ondas electromagnéticas.

**Sistema de antena comunal:** Es el sistema único de recepción de señales electromagnéticas para la redistribución al interior de la edificación.

**Tablero de Asignación:** Dispositivo donde los proveedores asignan el o los servicios a los diferentes usuarios de la edificación.

**Telecomunicaciones:** Toda emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes, sonidos e informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

**Topología:** Es la forma física de conexiones en la cual cada conector/salida de Telecomunicaciones esta cableado directamente a un único equipo activo.

## Bibliografía de la Unidad 4

- ABB Cuaderno de aplicaciones técnicas nº 8 Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en las instalaciones eléctricas. Recuperado de: [https://library.e.abb.com/public/897462d590876b5fc125791a003bd1e0/1TXA007107G0701\\_CT8.pdf](https://library.e.abb.com/public/897462d590876b5fc125791a003bd1e0/1TXA007107G0701_CT8.pdf)
- Harper (2005). Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales - p. 367-372. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/254615666/Manual-de-Instalaciones-Elctricas-Residenciales-e-Industriales>
- Domo Electra Manuel Amate (26 de enero de 2014) Cómo instalar una Luz de Emergencia Led [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=QQ06WXhj3xk>
- Consejos del HERMANO (26 de febrero de 2018) Puesta a Tierra en una Instalación Residencial [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=PAPLpZrF6N0&t=85s>
- Asoindagro (19 de junio de 2017) Potencia de una Bomba Hidráulica con Pérdidas por Fricción-AMF [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=ba00x1gnD80>
- Pon un ingeniero en tu vida (28 de mayo de 2017) Factor de potencia [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=nHcqTR3rryw&t=28s>
- Productos y soluciones de Baja Tensión de ABB (16 de diciembre de 2015) Sistema de comunicación [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=S2KibUV5N8E>
- Casas inteligentes - Domótica – Smartec (15 de marzo de 2014) Casas inteligentes - Domótica – Smartec [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Tu-yXNSdaws>
- Anteldetodos (22 de febrero de 2012) Avances Tecnológicos - ¿Qué es la Domótica? [Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=g2SCOYVK8-Y>
- Oseira, r. (2011) Proyecto de instalación eléctrica y domótica en una vivienda unifamiliar". Departamento de ingeniería eléctrica (DEE). Universitat politècnica de catalunya (UPC). Barcelona.



Universidad  
Continental



#### HUANCAYO

Av. San Carlos 1980  
Urb. San Antonio - Huancayo

Teléfono: 064 481430

#### LOS OLIVOS - LIMA

Av. Alfredo Mendiola 5210  
Los Olivos - Lima

Teléfono: 01 2132760

#### MIRAFLORES - LIMA

Jr. Junín 355  
Miraflores - Lima

Teléfono: 01 2132760

#### AREQUIPA

Av. Los Incas s/n  
Urb. Lambramani, José Luis  
Bustamante y Rivero - Arequipa

Teléfono: 054 412030

#### CUSCO

Av. Collasuyo Lote B-13  
Urb. Manuel Prado  
Wanchaq - Cusco

Teléfono: 084 480070

[ucontinental.edu.pe](http://ucontinental.edu.pe)

