

## Variaciones lentas de tensión

Las variaciones lentas de tensión son las alteraciones de la amplitud de la onda de tensión suministrada, respecto a su valor nominal, durante un tiempo relativamente prolongado ( $>10$  s).

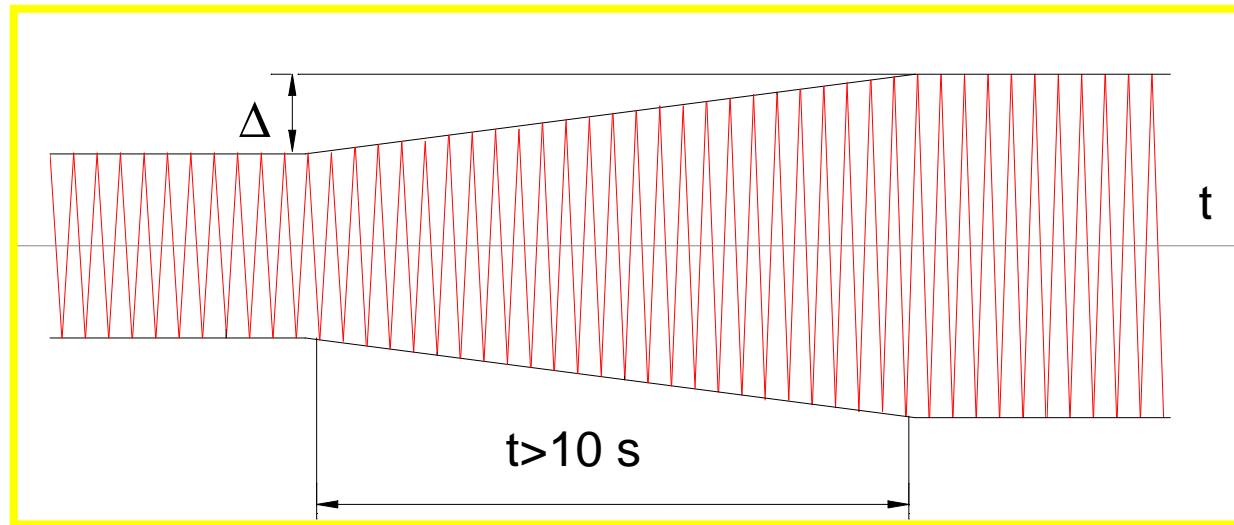


Figura 4.1. Variación lenta de tensión

En una variación de tensión, se ha de tener en cuenta:

- ✚ El valor de la tensión inicial.
- ✚ El valor de la tensión final.
- ✚ La duración, o tiempo transcurrido en pasar del valor inicial al final.

# Variaciones lentas de tensión

## Valores de referencia

---

Los valores de referencia según la normativa técnica para BT son:

Tensión nominal (BT):

- 230 V entre fases para sistemas a tres hilos en sistemas trifásicos.
- 230 V entre fase y neutro, y 400 V entre fases, para sistemas a cuatro hilos en sistemas trifásicos.

✚ La tensión nominal existente en BT en España hasta el año 2003, 220/380V, ha evolucionado hacia un valor estándar de 230/400 V.

✚ En media tensión (MT) se sustituye el concepto de tensión nominal por el de **tensión declarada**, aplicándose los mismos márgenes de variación que para BT.

# Variaciones lentas de tensión

---

## Límites

Según la norma [UNE-EN 50160](#), en condiciones normales de operación, los valores eficaces de la tensión de alimentación medida en períodos de 10 minutos deben situarse en los intervalos siguientes:

- ±  $U_n \pm 10\%$  durante el 95% de una semana
- ±  $U_n +10\% / -15\%$ . durante el 100% de una semana

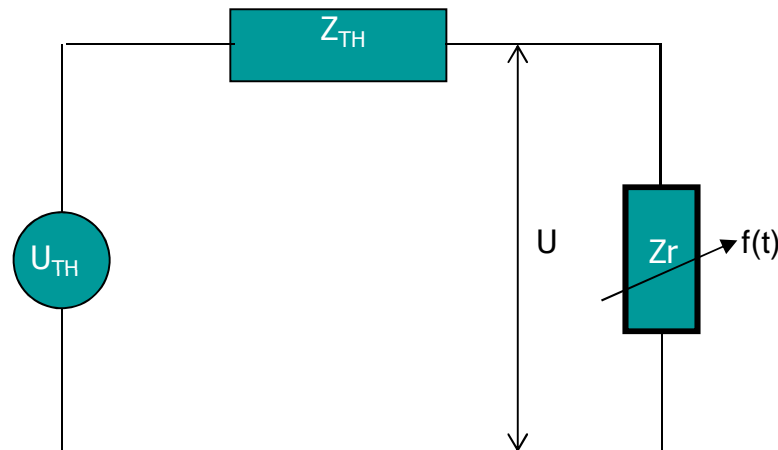
En España, antes de la entrada en vigor de la [UNE-EN 50160](#), el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, fijaba un margen admisible del  $\pm 7\%$  respecto de la tensión nominal.

Asimismo, según el [Real Decreto 1955/2000](#), los límites máximos de variación de la tensión de alimentación a los consumidores finales serán de  $\pm 7\%$  de la tensión de alimentación declarada.

# Variaciones lentas de tensión

## Causas

Para el análisis de las causas que originan las variaciones lentas de tensión, es útil determinar los factores de los cuales depende el valor de la tensión de una red, para lo cual se representa en la figura el circuito equivalente de Thévenin de un sistema de distribución.



A partir del circuito equivalente de la figura, se puede deducir la expresión:

$$U = \frac{Z_r}{Z_r + Z_{th}} \cdot U_{th}$$

En consecuencia, el valor de la tensión  $U$  en el receptor depende de los siguientes factores:

- ✚ La tensión del generador ( $U_{th}$ ).
- ✚ La impedancia en serie de la red ( $Z_{th}$ ).
- ✚ El valor de la impedancia de la carga ( $Z_r$ ).

## Variaciones lentas de tensión. Causas

---

De todos los factores que influyen en las variaciones de tensión, el más importante es la impedancia de la carga ( $Z_r$ ), que es una variable dependiente de la carga conectada. Esta puede variar por diversas razones, entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- ✚ El consumo de energía no se realiza de forma constante. A lo largo del día, hay períodos de consumo intenso, a los que se denomina "**horas punta**", y periodos de bajo consumo, a los que se llaman "**horas valle**".
- ✚ Los receptores no son iguales y sus diferencias condicionan así mismo las características del consumo. Así, no es lo mismo que el consumo se concentre en una zona con una importante componente **industrial**, a que lo haga en una mayoritariamente **residencial**.
- ✚ La variación del consumo en un tiempo determinado recibe el nombre de **curva de carga**. Las variaciones lentas de tensión se encuentran estrechamente ligadas a ella, de forma que es de esperar que la tensión de la red sea mayor en los momentos de bajo consumo, que en los de consumo elevado.

# Variaciones lentas de tensión

---

## Efectos

Un receptor al estar sometido a una variación lenta de tensión puede pasar de un estado de **funcionamiento normal** a un **estado anómalo, de no funcionamiento** o **de avería**. Los tres primeros estados pueden alternarse evolucionando entre si, pero el estado de avería es fijo y ha de recurrirse a una reparación, en el caso que sea posible, para poder tener un funcionamiento normal.

Tomando como referencia la tensión nominal pueden darse dos casos de variaciones de tensión:

- ✚ Variaciones que se sitúen por debajo de la tensión nominal.
- ✚ Variaciones que se sitúen por encima de la tensión nominal.

# Variaciones lentas de tensión

---

## Efectos de una tensión baja

Con una **tensión menor a la nominal** la mayoría de los receptores pasan de un estado de funcionamiento normal a uno anómalo o a uno de no funcionamiento, recuperando el estado normal cuando el valor de la tensión vuelve a situarse dentro de los márgenes de tolerancia.

Por lo cual, en la mayoría de los casos, los efectos no suelen ser perjudiciales, aunque si pueden serlo en algunos casos.

Algunos de los efectos causados por una tensión baja son:

- ✚ Si en el momento de arranque de un motor la tensión es baja, este no podrá arrancar, debido a que, con una tensión baja el par de arranque no es suficiente para vencer el par mecánico que requiere el eje para iniciar el giro; con lo cual el motor sufrirá un calentamiento que podría provocar una avería.
- ✚ En caso de tensión baja las lámparas de descarga pueden llegar a no cebarse en el momento de la conexión, permaneciendo apagadas. Si se encontraran encendidas podrían apagarse y no se encenderían hasta que la tensión volviera a los límites de funcionamiento.
- ✚ En las lámparas incandescentes, se observa una disminución en la intensidad lumínica.
- ✚ Los contactores o relés pueden producir actuaciones incorrectas, afectando al proceso que estén controlando.

# Variaciones lentas de tensión

---

## Efectos de una tensión alta

- ✚ Una **tensión alta** produce, fundamentalmente, un **efecto de calentamiento** de los receptores. En determinadas circunstancias, este calentamiento puede ocasionar la avería de los equipos si se supera el límite térmico que toleran.
- ✚ Es más difícil detectarla, ya que los receptores no dejan de funcionar instantáneamente y no es fácil apreciar de inmediato su sobrecalentamiento.



# Variaciones lentas de tensión

---

## Métodos de corrección

Los factores que influyen en las variaciones lentas de tensión, se deben:

- ✚ **A las características propias de la red**

- ✚ **A los receptores conectados a ella**

Como medida preventiva, las compañías suministradoras deben de hacer un **correcto diseño de las instalaciones de distribución**, puesto que la impedancia de la red  $Z_{th}$  depende del material utilizado, tipo, longitud, sección de los cables, transformadores, etc.

Otras medidas adicionales que pueden adoptar las compañías para mantener la tensión dentro de los límites, es la **utilización correcta de los reguladores de tensión AT/MT en los transformadores** correspondientes, y la toma adecuada de tensión en los conmutadores de los transformadores de MT/BT.

Cualquier medida que se adopte en una instalación o en los receptores conectados a la misma para que su funcionamiento sea satisfactorio en el entorno considerado debe ser tratada desde dos puntos de vista:

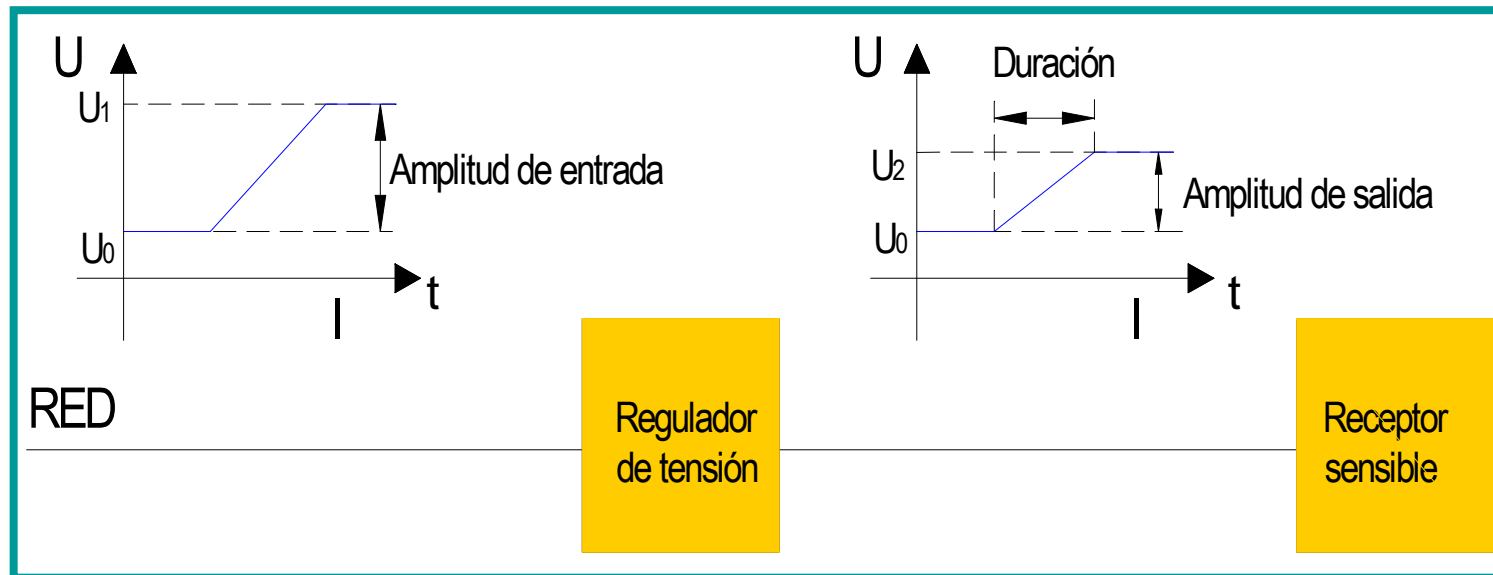
- ✚ **Desde el punto de vista de la emisión de perturbaciones**

- ✚ **Desde el punto de vista de inmunización frente a perturbaciones**

# Variaciones lentas de tensión

## Métodos de corrección

- ✚ **Reguladores de tensión:** su función es reducir los márgenes de variación del valor eficaz de la tensión de alimentación del receptor.

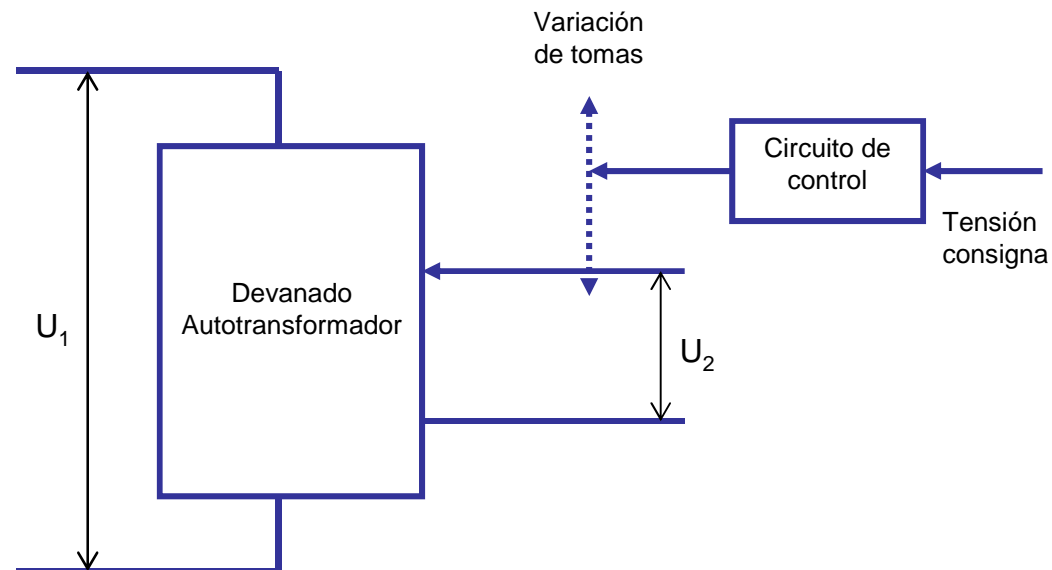


- ✚ El tiempo de respuesta del regulador, dependerá de la tecnología utilizada y será menor si el regulador está controlado electrónicamente (tiristores, triacs, etc.).
- ✚ Con los reguladores de tensión, se pueden lograr reducciones del margen de variación de entrada de un 15%, a valores comprendidos entre el 3% y el 7%.

# Variaciones lentas de tensión

## Métodos de corrección

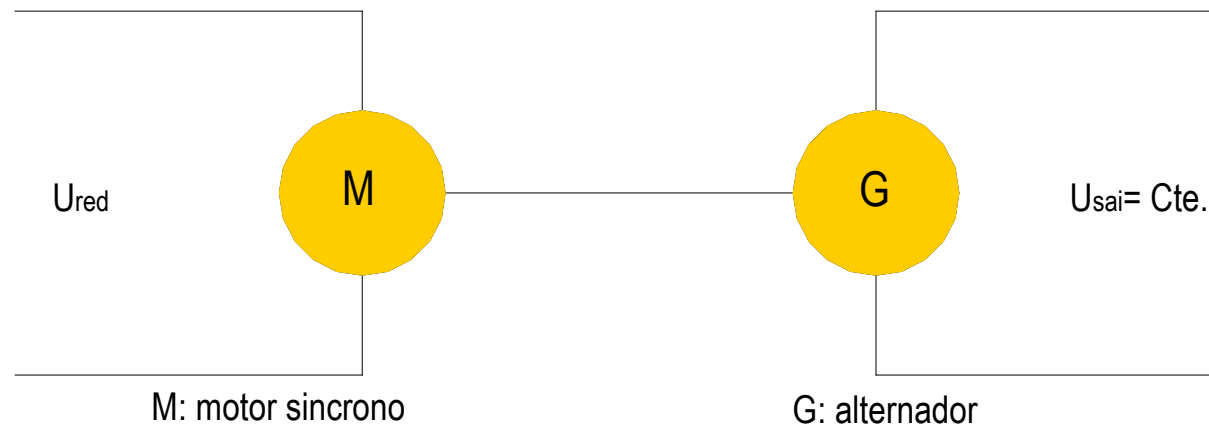
- **Autotransformador regulado:** en este sistema la variación de la relación de transformación a través del circuito de control permite mantener la tensión de salida  $U_2$  prácticamente constante cuando la tensión de alimentación  $U_1$  varía.



# Variaciones lentas de tensión

## Métodos de corrección

- **Conjunto motor-generador:** su función es alimentar el receptor sensible desde un generador que mantiene su tensión constante.



■ Las variaciones del valor eficaz de la tensión de la red son absorbidas por el motor síncrono, que mantiene un par y una velocidad constantes, absorbiendo más o menos corriente de la red. Su acoplamiento con el alternador hace que éste pueda regularse para mantener su tensión de salida constante.

## Variaciones lentas de tensión. Medida

La medida, según la IEC 61000-4-30 (Clase A)

La medida se realizará del valor eficaz de la tensión sobre un intervalo de tiempo de **10 ciclos**, en sistemas de 50 Hz o sobre un intervalo de tiempo de 12 ciclos, en sistemas de 60 Hz. Cada intervalo de 10/12 ciclos será continuo y sin solapamiento.

La exactitud en la medida para equipos de clase A debe ser del  $\pm 0,1\%$  de la tensión declarada de entrada (tensión declarada, a la salida del transductor de medida).

