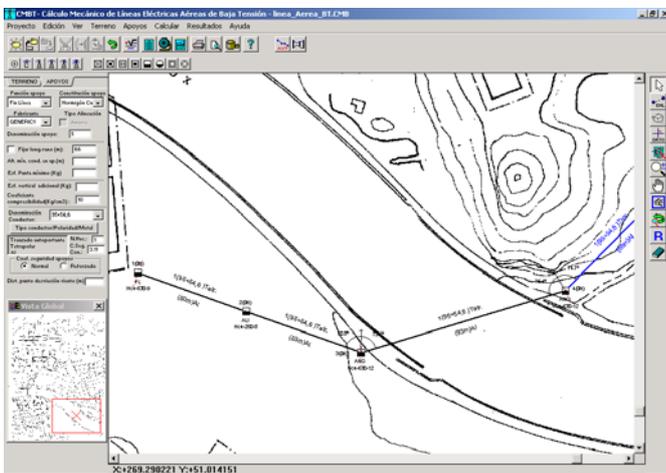


CMBT – Cálculo Mecánico de Líneas Eléctricas Aéreas B.T.

Presentación

A grandes rasgos, el programa CMBT presenta 6 zonas bien diferenciadas.

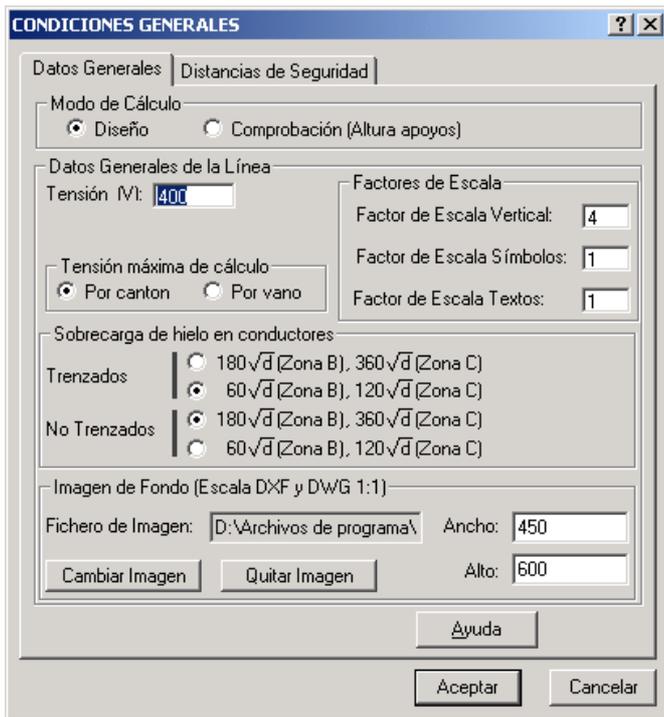
- **Menú general** de opciones (Proyecto, Edición, Ver, Terreno, Apoyos, Calcular, Resultados y Ayuda).
- Botonera de **acceso directo** a los comandos más usuales (nuevo, abrir, salvar, cortar ramas y/o nudos, copiar ramas y/o nudos, pegar ramas y/o nudos, deshacer, calcular el proyecto completo, acceder al anexo de cálculo, acceder a la medición del proyecto, generar los esquemas en fichero DXF, imprimir, presentación previa, acceso a las bases de datos y ayuda).
- Paleta de **Componentes Gráficos (tipo de nudos)** para la definición de la topografía del terreno (punto para cambio de cota o dirección, cruce con otra línea eléctrica o de telecomunicaciones, cruce con carreteras, ferrocarriles, etc) y de la línea eléctrica aérea (apoyos de hormigón, apoyos metálicos, conductores de cualquier sección, etc).
- Paleta de **Herramientas** con todas las **funciones gráficas de diseño** (enlace de nudos, rotar, modo orto, zoom ventana, zoom en tiempo real, encuadre en tiempo real, zoom previo, zoom todo, redibuja y borrar líneas).
- Ventana de **Propiedades de Componentes**, donde definir los datos del terreno (cota, datos de cruzamientos, etc) y de la línea eléctrica aérea (función y constitución de los apoyos, tipo de conductor, tense máximo, etc).
- Zona de **edición gráfica**, donde se dibuja la red eléctrica aérea (es la zona donde se ve reflejado este ejemplo).



Visión general del programa CMBT

- **Control total** de la instalación, pues es posible observar el dibujo completo de la línea de un simple vistazo.
- **Diseño** de la instalación de forma muy sencilla e intuitiva.
- **Accesibilidad** instantánea a todas las opciones y funciones que incorpora el programa.
- **Modificación** instantánea de cualquier dato o parámetro de un nudo, línea o conjunto de éstos, con una simple selección de la zona deseada y aplicación de los nuevos valores.

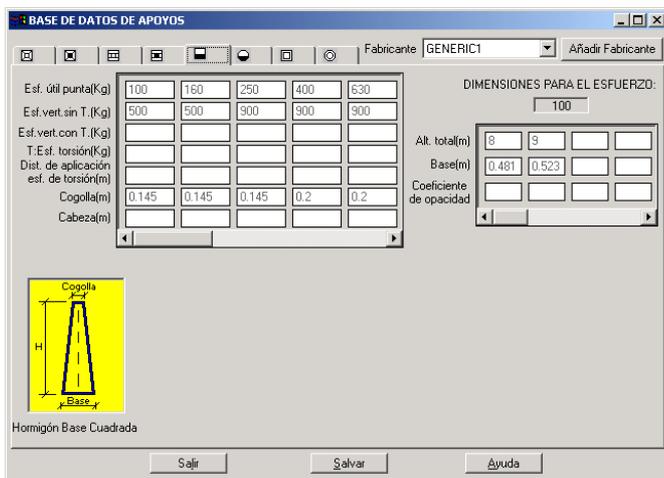
A la hora de calcular un proyecto, se puede acceder a las **Condiciones Generales** y consultar, definir o modificar los datos o hipótesis de partida. Los valores por defecto son los más usuales y están de acuerdo al Reglamento de B.T. (RD 842/2002).



Condiciones generales del proyecto

- Modo de cálculo: *Diseño*, para el cálculo automático de esfuerzos en punta y altura de apoyos, o *Comprobación*, dando la posibilidad al usuario de fijar la altura de los apoyos y atender a las advertencias del programa si ésta no es correcta.
- Tensión de la línea (V).
- Tense máximo de cálculo (por cantón o por vano).
- Factores de escala gráficos.
- Imagen de fondo (DWG, DXF, BMP y TIF).
- Distancias de seguridad reglamentarias (distancia mínima del conductor al terreno, distancias horizontales a cruzamientos y distancias verticales a cruzamientos).

Las **bases de datos** del programa muestran las características de los apoyos y los conductores. Es posible su modificación o ampliación. Los valores indicados se utilizarán para realizar el cálculo de la línea aérea (a la hora de seleccionar un apoyo normalizado, calcular la línea con un conductor homologado por las compañías eléctricas, etc).



Bases de Datos de Apoyos

- Existe una gran gama de fabricantes y es posible añadir tantos como el usuario desee.
- Figuran todos los tipos de apoyos: metálicos de celosía con cabeza cónica y recta, metálicos de presilla con cabeza cónica y recta, de hormigón con base cuadrada y circular y metálicos tubulares con base cuadrada y circular.
- Se incluyen todas las dimensiones para cada esfuerzo (esfuerzo útil en punta, esfuerzo vertical, etc), cogolla del apoyo, longitud de la cabeza para apoyos con cabeza recta, etc

Para realizar el cálculo mecánico de una línea eléctrica aérea se comenzará dibujando el perfil longitudinal en planta, por lo tanto, se accederá a la **Paleta de Componentes (tipos de nudos de terreno)**, se hará un clic con el botón izquierdo del ratón sobre el icono deseado (punto de terreno para realizar un cambio de cota o de itinerario, cruzamiento, etc), se desplazará hasta la **zona de edición gráfica** elegida por el usuario y se hará otro clic sobre el botón izquierdo. Cada vez que se hace un clic, se introduce en la línea un nudo de terreno (cambio de cota, de dirección, cruce, etc) y una rama que lo une a un nudo anterior, del que parte (la rama identifica la zona donde está situada la línea, según la altitud sobre el nivel del mar: A, B o C).

De gran ayuda resulta disponer de la planta topográfica cargada como imagen de fondo (DWG, DXF, BMP o TIF), pues con sólo ir colocando los puntos en los lugares deseados por el usuario, quedará establecida automáticamente la distancia entre ellos. También es posible prefijar esta distancia. Más potente aún es la opción de leer los puntos del terreno generados por una estación total, pues el levantamiento del perfil se hará de forma automática.

Tipo de nudo terreno :

Denominación cruzamiento:

Fijar dist. parcial (m):

Fijar ángulo:

Zona
 A B C

Desnivel rama(m):

Cota nudo terreno (m):

Datos de cruzamientos

| | |
|----------------------|----------------------|
| Anchura (m) | D.Cruce (m) |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Altura (m) | U (V) |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Ventana de Propiedades de nudos de terreno

- Tipo nudo, para la modificación de uno o varios nudos ya introducidos.
- Denominación de nudos de terreno y cruzamientos.
- Posibilidad de fijar la longitud entre singularidades (puntos) del terreno y el ángulo respecto a la anterior (coordenadas polares).
- Definición del perfil en planta, considerando desniveles entre nudos o cotas absolutas.
- Datos de Cruzamientos: anchura, altura, distancia de cruce a líneas existentes y tensión de éstas.

Una vez definido el terreno, para ubicar los apoyos se puede hacer un replanteo automático o situar éstos en los lugares establecidos por el usuario; para ello se accederá a la **Paleta de Componentes (función y constitución de apoyos)**, se hará un clic con el botón izquierdo del ratón sobre el icono deseado (apoyo fin de línea, apoyo de hormigón, etc), se desplazará hasta la zona de edición gráfica elegida por el usuario (sobre la topografía definida anteriormente) y se hará otro clic sobre el botón izquierdo. Cada vez que hacemos un clic introducimos un apoyo (ángulo, alineación, etc) y un vano (3x50+54,6, etc) que lo une al nudo anterior, del que parte. Los apoyos y vanos se pueden introducir tanto en planta como en perfil, según sea más cómodo para el usuario.

De esta manera tan sencilla se realiza una línea de gran longitud en muy pocos minutos.

Las **características de apoyos y vanos** (tipo de apoyo, sección del cable, etc), en el proceso de introducción de la línea, quedarán definidas en la **Ventana de Propiedades** (datos y parámetros). Esta ventana también se utilizará para modificar características de apoyos y vanos ya dibujados.

Ventana de Propiedades de apoyos y vanos

TERRENO APOYOS

Función apoyo: Constitución apoyo:

Fabricante: Tipo Alineación: Amarre

Denominación apoyo:

Fijar long.vano (m):

Alt. mín. cond. en ap.(m):

Esf. Punta mínimo (Kg):

Esf. vertical adicional (Kg):

Coefficiente compresibilidad(Kg/cm3):

Denominación Conductor:

Tipo conductor/Polaridad/Metal:

Trenzado autoportante: N.Hac.:

Tetrapolar: C.Seg.:

AI:

Coef. seguridad apoyos: Normal Reforzado

Dist. punto desviación viento (m):

- Función, constitución y fabricante, para la modificación de uno o varios apoyos ya introducidos.
- Tipo Alineación (amarre o suspensión).
- Denominación de apoyos, para su identificación en el anexo y planos.
- Posibilidad de fijar la longitud de los vanos.
- Posibilidad de fijar la altura de los apoyos.
- Posibilidad de fijar el esfuerzo útil en punta mínimo.
- Posibilidad de incluir esfuerzos verticales adicionales (cajas de derivación, elementos de protección, etc).
- Coeficiente de compresibilidad del terreno, para calcular la cimentación.
- Denominación del conductor, tipo, polaridad y metal. Número de haces.
- Coeficiente de seguridad del conductor (para obtener el tense máximo del cantón) y coeficiente de seguridad de apoyos (normal o reforzado).
- Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento.



Opciones de Aislamiento y elemento fiador, Polaridad y Metal

- Tipo conductor (trenzados o multiconductores y elemento fiador: neutro o fiador acero).
- Polaridad: Bi-Tri-Tetrapolares.
- Metal: Cu o Al.

Una vez diseñada la línea eléctrica, el programa **calcula automáticamente** (según las condiciones del RBT - RD 842/2002 de 2 de agosto de 2002) todas las tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias, tensiones y flechas de tendido, cálculo de apoyos, apoyos adoptados, cálculo de cimentaciones, esfuerzos verticales sin sobrecarga para detectar apoyos colgados y distancias de seguridad, realizando simultáneamente el perfil longitudinal con *dibujo automático de catenarias*. En dicho cálculo, considera la ecuación de la *catenaria*, la ecuación del *cambio de condiciones*, en apoyos los *esfuerzos horizontales y verticales*, fórmula de *Sulzberger* para el cálculo de cimentaciones, etc.

Una vez calculado el proyecto se puede acceder a los **resultados** desde tres puntos de vista:

- Haciendo un *zoom ventana* sobre la planta o perfil longitudinal y observando minuciosamente todos los datos obtenidos.
- Accediendo a los *resultados del proyecto*: Memoria Descriptiva, Anexo de Cálculos, Pliego de Condiciones, Medición y Planos.
- Abriendo las ventanas de *Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias*, *Tensiones y flechas de tendido*, *Cálculo de apoyos*, *Apoyos adoptados*, *Cálculo de cimentaciones*, *Esfuerzos verticales sin sobrecarga para detectar apoyos colgados* y *Distancias de seguridad*.

| | Vano | Longitud(m) | Desnivel(m) | Vano Reg.(m) | Toh:Tmax(15+V)(Kg) | Toh:Tmax(0+V/3)(Kg) | Toh:Tmax(0+H) |
|-----|------|-------------|-------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------|
| 1-2 | 1-2 | 50 | -0.7 | 51.57 | 488.9 | | 354.9 |
| 2-3 | 2-3 | 53 | 3.6 | 51.57 | 488.9 | | 354.9 |
| 3-4 | 3-4 | 93 | 0 | 93 | 484.2 | | 320.2 |
| 4-5 | 4-5 | 66 | -2.9 | 66 | 487.7 | | 336.2 |

Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias

- Vano de regulación, hipótesis de tensión máxima, hipótesis de flecha máxima, hipótesis de flecha mínima y desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (ITC-BT-06, apdo. 2.2).

| | Vano | Longitud(m) | Desnivel(m) | Vano Reg.(m) | Th(0)(Kg) | F(0)(m) | Th(5)(Kg) | F(5)(m) | Th(10)(Kg) | F(10) |
|-----|------|-------------|-------------|--------------|-----------|---------|-----------|---------|------------|-------|
| 1-2 | 1-2 | 50 | -0.7 | 51.57 | 281.9 | 1.4 | 275.9 | 1.43 | 270.4 | 1.46 |
| 2-3 | 2-3 | 53 | 3.6 | 51.57 | 281.9 | 1.57 | 275.9 | 1.61 | 270.4 | 1.64 |
| 3-4 | 3-4 | 93 | 0 | 93 | 246.7 | 5.57 | 244.2 | 5.61 | 242.7 | 5.64 |
| 4-5 | 4-5 | 66 | -2.9 | 66 | 261.7 | 2.63 | 268.2 | 2.67 | 255.2 | 2.7 |

Tensiones y flechas de tendido

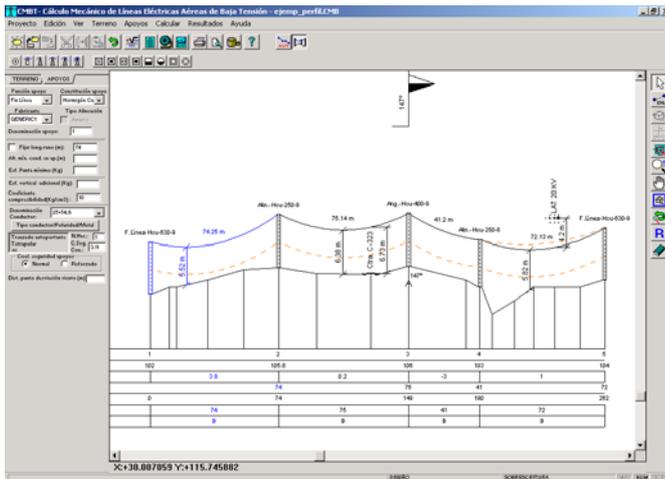
- Tensiones y flechas (a diferentes temperaturas: 0 °C, 10 °C, etc) para el tendido de la línea.

| | Apoyo | Función | Angulo Rel.(gr.sex.) | hip.1º:V:C.Vert.(kg) | hip.1º:V:C.Hori.(kg) | hip.2º:V/3:C.Vert.(kg) |
|---|-------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| 1 | 1 | Fin Línea | | 34.9 | 546.3; dir:línea | |
| 2 | 2 | Alineación | | 46.8 | 118.3; dir:nor.lín. | |
| 3 | 3 | Angulo | 72.5; apo.4 | 108.9 | 465.8; dir:result. | |
| 4 | 4 | Angulo | 74.7; apo.5 | 111.5 | 419.5; dir:result. | |
| 5 | 5 | Fin Línea | | 31.4 | 563.5; dir:línea | |

Cálculo de apoyos

- Esfuerzos verticales y horizontales sobre los apoyos en todas las hipótesis reglamentarias (ITC-BT-06, apdo. 2.3).

Obtención automática del perfil longitudinal.



Perfil longitudinal de la línea

- Plano de comparación, tipo de conductor y tensión (V).
- Denominación de apoyos, cotas del terreno, desniveles, distancias parciales, distancias al origen, longitud de los vanos y zona (A, B o C).
- Función y constitución de los apoyos, esfuerzo útil en punta y altura total.
- Acotado de cruzamientos y señalización de ángulos.

Características Principales

Proyecto

- Crear un proyecto **nuevo**.
- **Abrir** un proyecto existente.
- **Salvar** un proyecto a disco.
- Salvar un proyecto existente con otro nombre diferente al que se identificó por primera vez (**salvar como**) y así tener dos proyectos iguales con nombres diferentes.
- Cargar una **imagen de fondo** en formato DXF, DWG, BMP o TIF (planos vectoriales o escaneados), que nos servirá para diseñar la línea gráficamente, olvidándonos de la incómoda toma de datos previos que siempre era necesaria antes de introducir los trabajos en el ordenador (longitud de ramas, ángulos, etc), pues al diseñar y dibujar sobre un plantilla real, con sólo posicionar el cursor del ratón en la zona de edición gráfica, obtenemos las coordenadas de cada nudo.
- Lectura de la nube de puntos en planta, en formato DXF, generada por una estación total, que servirá para realizar el levantamiento automático del perfil longitudinal.
- Acceder a las **condiciones generales** del proyecto que se vaya a realizar. Esta opción permite:
 - Trabajar en modo *diseño*, para calcular automáticamente la altura de los apoyos, o en modo *comprobación*, si se desea fijar la altura de éstos.
 - Definir o modificar la *tensión* de trabajo (V).
 - Modificar el *factor de escala* de apoyos y textos, así como la relación de escalas vertical-horizontal del perfil longitudinal.
 - Tense máximo de cálculo por *cantón* o por vano.
 - Posibilidad de modificar la *sobrecarga de hielo* en cables trenzados y no trenzados (datos por defecto según ITC-BT-06, apdo. 2.1).
 - Posibilidad de modificar la *altura* de los conductores al suelo y las *distancias verticales y horizontales* a todo tipo de cruzamientos (datos por defecto según ITC-BT-06, apdo. 3.9).
- Acceder a las **bases de datos** del programa, para su consulta, modificación o ampliación. Estas contienen:
 - *Apoyos metálicos de celosía, presilla y tubulares y apoyos de hormigón.*
 - *Esfuerzos soportados por los diferentes tipos de apoyos.*
 - *Dimensiones de los diferentes tipos de apoyos.*
- Seleccionar o cambiar el **editor de textos** que lleva el programa por defecto y dar la posibilidad de visualizar la memoria descriptiva, el anexo de cálculo, el pliego de condiciones y la medición en otro elegido por el usuario (word, wordperfect, etc).
- **Fijar la escala de impresión** o **ajustar** al formato deseado.
- Hacer una **presentación previa** del esquema de la línea antes de la salida directa a impresora o a ploter.
- **Imprimir** el gráfico que se esté viendo en ese momento en la zona de edición gráfica.

Edición

- **Deshacer** operaciones realizadas anteriormente.
- **Cortar** líneas y nudos de la línea aérea.
- **Copiar** líneas y nudos de la línea aérea.
- **Pegar** líneas y nudos, anteriormente cortados o copiados, en determinados lugares del dibujo.
- **Enlazar** nudos de la línea aérea, si el usuario había dejado tramos desconectados.
- Trabajar en **modo Orto**, definiendo la red según unos ejes ficticios de un sistema de coordenadas cartesianas X,Y.
- **Rotar** partes o toda la línea aérea.
- **Borrar** líneas y nudos de la línea aérea.

Ver

- La **Ventana de Resultados de Tensiones y Flechas en Hipótesis Reglamentarias**, para ver el cálculo del vano de regulación, tense máximo y flecha máxima según zona A, B o C (ITC-BT-06, apdo. 2.2), flecha mínima y desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento.
- La **Ventana de Resultados de Tensiones y Flechas de Tendido**, para ver el tense y la flecha de la línea a las diferentes temperaturas (0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C, etc).
- La **Ventana de Cálculo de Apoyos**, para ver el cálculo de los apoyos en las hipótesis reglamentarias, según Zona A, B o C (ITC-BT-06, apdo. 2.3).
- La **Ventana de Apoyos Adoptados**, para ver las características de los apoyos seleccionados (esfuerzo útil en punta, altura total, etc).
- La **Ventana de Cálculo de Cimentaciones**, para ver el cálculo de las cimentaciones por el método de Sulzberger (momento al vuelco por el conductor, momento al vuelco por el viento, momento absorbido por la cimentación, etc).
- La **Ventana de Cálculo de Esfuerzos verticales sin Sobrecarga**, para detectar apoyos que pudieran quedar colgados.
- La lista de **Mensajes** de errores o advertencias.
- **Redibujar** el esquema.
- **Zooms** de todo tipo (zoom ventana, zoom en tiempo real, encuadre en tiempo real, zoom previo, zoom todo, etc).
- **Vista global**, con el fin de no perder nunca la referencia de la zona del dibujo en la que estamos trabajando.
- Visualizar u ocultar **la imagen** de fondo (planta de un topográfico, etc) anteriormente cargada.
- Visualizar u ocultar los **nudos-ramas**, el texto de los nudos y el texto de las ramas de la red eléctrica.
- Cambiar el **color de fondo** de la zona de edición gráfica.

Nudos

- **Paleta de Paleta de Componentes Gráficos (nudos de terreno)** para diseñar el perfil longitudinal de la línea aérea (nudo o punto del terreno para cambiar de cota o de dirección, cruzamiento con una línea eléctrica aérea existente, cruzamiento con una línea de telecomunicaciones existente, cruzamiento con una carretera del estado existente -autopista, autovía, vía rápida, carretera nacional, comarcal, local, etc-, cruzamiento con una carretera vecinal (camino), cruzamiento con una línea de ferrocarril no electrificada, cruzamiento con una línea de ferrocarril electrificada, cruzamiento con un teleférico para transporte de personas, cruzamiento con un río o canal (navegable o flotable), cruzamiento con un edificio y cruzamiento con una canalización de agua o gas.
- **Paleta de Paleta de Componentes Gráficos (apoyos)** para situar apoyos a lo largo del perfil (entronque o conexión a una línea eléctrica aérea ya existente, punto de fijación a una pared, muro o palomilla, apoyo fin de línea, apoyo de alineación, apoyo de ángulo, apoyo de estrellamiento, apoyo metálico de celosía con cabeza cónica, apoyo metálico de celosía con cabeza recta, apoyo metálico de presilla cabeza cónica, apoyo metálico de presilla cabeza recta, apoyo de hormigón con base cuadrada, apoyo de hormigón con base circular, apoyo metálico tubular con base cuadrada y apoyo metálico tubular con base circular).

Ventana de Propiedades de nudos de terreno

- **Tipo nudo**, para la modificación de uno o varios nudos ya introducidos.
- **Denominación** de nudos de terreno y cruzamientos.
- Posibilidad de **fijar la distancia y el ángulo** entre singularidades (puntos) del terreno (coordenadas polares).
- **Zona geográfica** donde está situada la línea: A, B o C.
- **Cota** de los puntos del terreno.
- Datos de **cruzamientos**: anchura de carreteras, líneas eléctricas, etc.

Ventana de Propiedades de apoyos y vanos

- *Función* del apoyo: entronque, fijación a una pared o palomilla, fin de línea, alineación (suspensión o amarre), ángulo y estrellamiento.
- *Constitución* del apoyo: celosía cabeza cónica, celosía cabeza recta, presilla cabeza cónica, presilla cabeza recta, hormigón base cuadrada, hormigón base circular, tubular base cuadrada y tubular base circular.
- Fabricante empleado.
- Posibilidad de *fijar la longitud de los vanos*.
- Posibilidad de fijar la *altura total* de los apoyos.
- Posibilidad de fijar el *esfuerzo útil en punta* mínimo.
- Posibilidad de definir *cargas verticales adicionales* (cajas de derivación, elementos de protección, etc).
- *Coefficiente de compresibilidad* del terreno, para calcular la cimentación.
- Denominación y sección del *conductor* (trenzado o no), elemento fiador (neutro fiador de almelec o fiador de acero) y nº de haces.
- Coeficiente de seguridad del conductor, para obtener el tense máximo del cantón.
- Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento.

Cálculos

- Cálculo de tensiones y flechas en las hipótesis reglamentarias (RD 842/2002), tensiones y flechas para el tendido de línea, cálculo de apoyos en todas las hipótesis reglamentarias (RD 842/2002), apoyos adoptados, cálculo de cimentaciones por el método de Sulzberger y distancias de seguridad, o sea, el **cálculo mecánico completo** de la línea eléctrica aérea de baja tensión.

Resultados

- La **Memoria Descriptiva** muestra las características de la línea aérea B.T. Permite ser cargada en el editor de textos del programa o en el seleccionado por el usuario (word, wordperfect, etc, mediante la opción Cambiar Editor), presentar, visualizar, editar, imprimir y generar dicho documento en fichero RTF, de intercambio con cualquier editor de textos.
- El **Anexo de cálculo** proporciona un resumen de fórmulas generales (ecuación de la catenaria, ecuación del cambio de condiciones, esfuerzos en apoyos, etc), datos de los conductores y cálculo de tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias, desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento, tensiones y flechas de tendido, cálculo de apoyos, apoyos adoptados, cálculo de cimentaciones y cálculo de esfuerzos verticales sin sobrecarga.
- El **Pliego de Condiciones** muestra de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que intervienen en la ejecución de la obra. Permite ser cargado en el editor de textos del programa o en el seleccionado por el usuario (word, wordperfect, etc, mediante la opción Cambiar Editor), presentar, visualizar, editar, imprimir y generar dicho documento en fichero RTF, de intercambio con cualquier editor de textos.
- La **Medición** muestra el cómputo de toda la aparamenta eléctrica que interviene en el cálculo (cableado eléctrico, apoyos y cimentaciones). Permite cargar los resultados en el editor de textos del programa o en el seleccionado por el usuario (word, wordperfect, etc, mediante la opción Cambiar Editor), presentar, visualizar, editar, imprimir y generar dicho documento en fichero RTF, de intercambio con cualquier editor de textos.
- Los **Planos** muestran las características generales del proyecto calculado, en planta y perfil, con dibujo automático de catenarias. Salida directa a impresora o generación en fichero DXF, de intercambio con cualquier programa de CAD.

Ayudas

- El programa proporciona **ayudas técnicas** muy didácticas de cada una de las opciones y campos establecidos. Incorpora también filosofía de trabajo del programa, ejemplos prácticos resueltos, etc. Toda esta información queda además recogida en los manuales correspondientes.

Memoria Descriptiva

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.
2. OBJETO DEL PROYECTO.
3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.
4. TRAZADO DE LA LINEA.
5. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.
 - 5.1. CRUZAMIENTOS.
 - 5.2. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.
6. CONDUCTORES.
7. APOYOS, TIRANTES Y TORNAPUNTAS.
8. EMPALMES Y CONEXIONES DE CONDUCTORES.
9. CIMENTACIONES.
10. ENTRONQUE.
11. PLANOS.
12. CONCLUSION.

SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.
 - 1.1. INTRODUCCIÓN.
 - 1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.
 - 1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.
 - 1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.
2. DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.
 - 2.1. INTRODUCCIÓN.
 - 2.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO.
3. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.
 - 3.1. INTRODUCCIÓN.
 - 3.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO.
4. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.
 - 4.1. INTRODUCCIÓN.

4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL

5.1. INTRODUCCION.

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

Anexo de Cálculos

1. RESUMEN DE FORMULAS.

1.1. TENSION MAXIMA EN UN VANO (Apdo. 2 ITC-BT-06).

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$$T_A = P_0 \cdot Y_A = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_A/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m - a/2) / c]$$

$$T_B = P_0 \cdot Y_B = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_B/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m + a/2) / c]$$

$$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)} = \sqrt{[P_p^2 + (K \cdot d / 1000)^2]} \quad \text{Zona A} \quad K=50 \text{ daN/m}^2 (51 \text{ kg/m}^2)$$

$$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_{v/3}^2)} = \sqrt{[P_p^2 + (K \cdot d / 3000)^2]} \quad \text{Zona A} \quad K=50 \text{ daN/m}^2 (51 \text{ kg/m}^2)$$

$$P_0 = P_p + P_h = P_p + [(K \cdot \sqrt{d}) / 1000] \quad \text{Zonas B y C} \quad K=180 \text{ ó } K=60 (\text{ Zona B}) \\ K=360 \text{ ó } K=120 (\text{ Zona C})$$

$$c = T_{0h} / P_0$$

$$X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

T_A = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (kg).

T_B = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (kg).

P_0 = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (kg/m).

P_p = Peso propio del conductor (kg/m).

P_v = Sobrecarga de viento (kg/m).

$P_{v/3}$ = Sobrecarga de viento dividida por 3 (kg/m).

P_h = Sobrecarga de hielo (kg/m).

d = diámetro del conductor (mm).

$Y = c \cdot \cosh (x/c)$ = Ecuación de la catenaria.

c = constante de la catenaria.

Y_A = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).

Y_B = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_A = Abcisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).

X_B = Abcisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_m = Abcisa correspondiente al punto medio del vano (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (kg). Es constante en todo el vano.

1.2. TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DEL CAMBIO DE CONDICIONES.

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T_{0h}), se puede obtener una tensión horizontal final (T_h) en otras condiciones diferentes para cada vano de la línea, y una flecha (F) en esas condiciones finales.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas, se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$[\delta \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0/(S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] = L - L_0$$

$$L_0 = c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} + a/2) / c_0] - c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} - a/2) / c_0]$$

$$c_0 = T_{0h}/P_0 ; X_{m0} = c_0 \cdot \ln[z_0 + \sqrt{(1+z_0^2)}]$$

$$z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \sinh a/2c_0)$$

$$L = c \cdot \sinh[(X_m + a/2) / c] - c \cdot \sinh[(X_m - a/2) / c]$$

$$c = T_h/P ; X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

δ = Coeficiente de dilatación lineal del elemento fiador.

L_0 = Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano (m).

L = Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano (m).

t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (°C).

t = Temperatura en las condiciones finales (°C).

S = Sección del elemento fiador(mm²).

E = Módulo de elasticidad del elemento fiador(kg/mm²).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (kg). T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano (kg).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

Obtención de la flecha máxima en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm}$$

$$X_{fm} = c \cdot \ln[h/a + \sqrt{(1+(h/a)^2)}]$$

$$Y_{fm} = c \cdot \cosh (X_{fm}/c)$$

Siendo:

Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).

X_{fm} = Abcisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

1.2.1. Tensión máxima (Apdo. 2.2.1 ITC-BT-06).

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A , B y C.

$t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: viento (P_V).

b) Zona A.
 $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: viento/3 ($P_V/3$).

c) Zonas B y C.
 $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: hielo (P_H).

1.2.2. Flecha máxima (Apdo. 2.2.2 ITC-BT-06).

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Hipótesis de temperatura.
 $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: ninguna.

b) Hipótesis de viento.
 $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: viento (P_V).

c) Hipótesis de viento/3.
 $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: viento/3 ($P_V/3$).

d) Hipótesis de hielo.
 $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: hielo (P_H).

Zona A: Se considera la hipótesis a), b) y c).
Zonas B y C: Se consideran las hipótesis a), b) y d).

1.2.3. Flecha mínima.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a)
 $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: ninguna.

b)
 $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Sobrecarga: ninguna.

1.2.4. Tendido de la línea.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $t = + 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $t = + 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $t = + 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $t = + 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $t = + 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $t = + 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $t = + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $t = + 40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

t = + 45 °C.

t = + 50 °C.

Sobrecarga: ninguna.

1.3. APOYOS (Apdo. 2.3 ITC-BT-06).

Para el cálculo de apoyos, se consideran éstos sometidos a los siguientes esfuerzos:

Apoyos de líneas situadas en zona A (Altitud inferior a 500 m)

| <u>Tipo de apoyo</u> | <u>Hipótesis 1ª</u> <u>Viento</u> | <u>Hipótesis 2ª</u> <u>viento /3</u> |
|----------------------|--|--|
| - Alineación | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento (Apt.2.1) - Temperatura 15 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv * Cargas horizontales Th Th = Fvc direc: normal a la línea | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento/3 (Apt.2.1) - Difer. de Tiros (Apt.2.3) - Temperatura 0 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv3 * Cargas horizontales Th Th = Rv3-Esf.equivalente entre Fv3c y Dtv3 direc: línea o normal a la línea |
| - Angulo | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento (Apt.2.1) - Result.ángulo (Apt.2.3) - Temperatura 15 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv * Cargas horizontales Th Th = Fvc + Rav direc: resultante | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento/3 (Apt.2.1) - Result.ángulo (Apt.2.3) - Temperatura 0 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv3 * Cargas horizontales Th Th = Fv3c + Rav3 direc: resultante |
| - Estrellamiento | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento (Apt.2.1) - Result.ángulo (Apt.2.3) - Temperatura 15 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv * Cargas horizontales Th Th = (2/3 · Rav) + Fvc direc: resultante | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento/3 (Apt.2.1) - Result.ángulo (Apt.2.3) - Temperatura 0 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv3 * Cargas horizontales Th Th = Fv3c + Rav3 direc: resultante |
| - Fin línea | - Cargas perm.(Apt.2.1): - Viento (Apt.2.1) - Difer. de Tiros (Apt.2.3) - Temperatura 15 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv * Cargas horizontales Th Th = Rv-Esf.equivalente entre Fvc y Dtv direc: línea | - Cargas perm.(Apt.2.1): - Viento (Apt.2.1) - Difer. de Tiros (Apt.2.3) - Temperatura 0 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv3 * Cargas horizontales Th Th = Rv3-Esf.equivalente entre Fv3c y Dtv3 direc: línea |

Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (Altitud igual o superior a 500 m)

| <u>Tipo de apoyo</u> | <u>Hipótesis 1ª</u> <u>Viento</u> | <u>Hipótesis 3ª</u> <u>Hielo</u> |
|----------------------|--|---|
| - Alineación | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento (Apt.2.1) - Temperatura 15 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv * Cargas horizontales Th Th = Fvc direc: normal a la línea | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Hielo (Apt.2.1) - Difer. de Tiros (Apt.2.3) - Temperatura 0 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pch * Cargas horizontales Th Th = Dth direc: línea |

| | | |
|------------------|--|--|
| - Angulo | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento (Apt.2.1) - Result.ángulo (Apt.2.3) - Temperatura 15 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv * Cargas horizontales Th Th = Fvc + Rav direc: resultante | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Hielo (Apt.2.1) - Result.ángulo (Apt.2.3) - Temperatura 0 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pch * Cargas horizontales Th Th = Rah direc: resultante |
| - Estrellamiento | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Viento (Apt.2.1) - Result.ángulo (Apt.2.3) - Temperatura 15 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv * Cargas horizontales Th Th = (2/3 · Rav) + Fvc direc: resultante | - Cargas perm.(Apt.2.1) - Hielo (Apt.2.1) - Result.ángulo (Apt.2.3) - Temperatura 0 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pch * Cargas horizontales Th Th = Rah direc: resultante |
| - Fin línea | - Cargas perm.(Apt.2.1): - Viento (Apt.2.1) - Difer. de Tiros (Apt.2.3) - Temperatura 15 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pcv * Cargas horizontales Th Th = Rv-Esf.equivalente entre Fvc y Dtv direc: línea | - Cargas perm.(Apt.2.1): - Viento (Apt.2.1) - Difer. de Tiros (Apt.2.3) - Temperatura 0 °C * Cargas verticales Tv Tv = Pch * Cargas horizontales Th Th = Dth direc: línea |

1.3.1. Cargas permanentes (Apdo. 2.1 ITC-BT-06).

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores y herrajes.

En la 1ª hipótesis, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

$$Pcv = Lv \cdot Pp \cdot n \text{ (kg)}$$

Siendo:

Lv = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de 15 °C con sobrecarga de viento (m).

Pp = Peso propio del conductor (kg/m).

n = número de haces de conductores.

En la 2ª hipótesis en zona A, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv3" será:

$$Pcv3 = Lv3 \cdot Pp \cdot n \text{ (kg)}$$

Siendo:

Lv3 = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de 0 °C con sobrecarga de viento/3 (m).

Pp = Peso propio del conductor (kg/m).

n = número de haces de conductores.

En la 3ª hipótesis en zonas B y C, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

$$Pcv = Lh \cdot Pph \cdot n \text{ (kg)}$$

Siendo:

Lh = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de 0 °C con sobrecarga de

hielo (m).

Pph = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (kg/m).

n = número de haces de conductores

1.3.2. Esfuerzos del viento

- El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$$Fvc = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2) / 2 \cdot k \text{ (kg)}$$

Apoyos fin de línea

$$Fvc = a / 2 \cdot d \cdot n \cdot k \text{ (kg)}$$

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$$Fvc = \sum a_p / 2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k \text{ (kg)}$$

- El esfuerzo del viento/3 sobre los conductores "Fv3c" en la hipótesis 2ª en zona A, se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$$Fv3c = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2) / 6 \cdot k \text{ (kg)}$$

Apoyos fin de línea

$$Fv3c = a / 6 \cdot d \cdot n \cdot k \text{ (kg)}$$

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$$Fv3c = \sum a_p / 6 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k \text{ (kg)}$$

Siendo:

a_1 = Proyección horizontal del vano que hay a la izquierda del apoyo (m).

a_2 = Proyección horizontal del vano que hay a la derecha del apoyo (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

a_p = Proyección horizontal del vano en la dirección perpendicular a la resultante (m).

d, d_1, d_2, d_p = Diámetro del conductor (mm).

n, n_1, n_2, n_p = nº de haces de conductores.

$K = 0,05$.

1.3.3. Resultante de ángulo

(apoyos de ángulo y estrellamiento).

- En la hipótesis 1ª, la resultante de ángulo "Rav" de las tracciones de los conductores, se obtiene:

$$Rav = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot T_{h1} \cdot n_1 \cdot T_{h2} \cdot n_2 \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (kg)}$$

Siendo:

n_1, n_2 = Número de haces de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de 15 °C con sobrecarga de viento (kg).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

- En la hipótesis 2ª en zona A, la resultante de ángulo "Rav3" de las tracciones de los conductores, se obtiene:

$$Rav3 = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot T_{h1} \cdot n_1 \cdot T_{h2} \cdot n_2 \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (kg)}$$

Siendo:

n_1, n_2 = Número de haces de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de 0 °C con sobrecarga de viento/3 (kg).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

- En la hipótesis 3ª en zonas B y C, la resultante de ángulo "Rah" de las tracciones de los conductores, se obtiene:

$$Rah = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot T_{h1} \cdot n_1 \cdot T_{h2} \cdot n_2 \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (kg)}$$

Siendo:

n_1, n_2 = Número de haces de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de 0 °C con sobrecarga de hielo (kg).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

*Nota: En los apoyos de estrellamiento las operaciones anteriores se han realizado tomando las tensiones dos a dos para conseguir la resultante total.

1.3.4. Diferencia de tiros

- En la hipótesis 1ª (apoyos fin de línea), la diferencia de tiros "Dtv" se obtiene:

Apoyos fin de línea

$$Dtv = T_h \cdot n \text{ (kg)}$$

Siendo:

n = número de haces de conductores.

T_h = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de 15 °C y sobrecarga de viento (kg).

- En la hipótesis 2ª (apoyos fin de línea y alineación) en zona A, la diferencia de tiros "Dtv3" se obtiene:

Apoyos fin de línea

$$Dtv3 = T_h \cdot n \text{ (kg)}$$

Apoyos de alineación

$$Dtv3 = \text{Abs}(T_{h1} \cdot n_1 - T_{h2} \cdot n_2) \text{ (kg)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número de haces de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de 0 °C con sobrecarga de viento/3 (kg).

- En la hipótesis 3ª (fin de línea y alineación) en zonas B y C, el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoyos fin de línea

$$D_{th} = T_h \cdot n \text{ (kg)}$$

Apoyos de alineación

$$D_{th} = \text{Abs}(T_{h1} \cdot n_1 - T_{h2} \cdot n_2) \text{ (kg)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número de haces de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de 0 °C con sobrecarga de hielo (kg).

1.3.5. Esfuerzo equivalente a la Resultante entre el esfuerzo del viento y la diferencia de tiros

En la hipótesis de viento y viento/3, el esfuerzo del viento y la diferencia de tiros son esfuerzos perpendiculares, por lo tanto el esfuerzo equivalente a la resultante de ambos se obtiene:

- En la hipótesis 1ª (apoyos fin de línea), la resultante "Rv" se obtiene:

$$R_v = \sqrt{[(F_{vc})^2 + D_{tv}^2]} \cdot (\cos\alpha + \text{sen}\alpha) \text{ (kg)}$$

$$\text{tg } \alpha = F_{vc} / D_{tv}$$

- En la hipótesis 2ª (apoyos fin de línea y alineación), la resultante "Rv3" se obtiene:

$$R_{v3} = \sqrt{[(F_{v3c})^2 + D_{tv3}^2]} \cdot (\cos\alpha_3 + \text{sen}\alpha_3) \text{ (kg)}$$

$$\text{tg } \alpha_3 = F_{v3c} / D_{tv3}$$

Siendo:

F_{vc} = Esfuerzo del viento sobre los conductores en la hipótesis de viento (kg).

F_{v3c} = Esfuerzo del viento sobre los conductores en la hipótesis de viento/3 (kg).

D_{tv} = Diferencia de tiros en la hipótesis de viento (kg).

D_{tv3} = Diferencia de tiros en la hipótesis de viento/3 (kg).

α = ángulo que forma la resultante de los esfuerzos con la línea, en la hipótesis de viento (gr. sexa.).

α_3 = ángulo que forma la resultante de los esfuerzos con la línea, en la hipótesis de viento/3 (gr. sexa.).

1.3.6. Esfuerzo equivalente de la Resultante de ángulo

En cada hipótesis la resultante de ángulo tiene una dirección distinta, por lo tanto se ha calculado el esfuerzo equivalente de cada resultante en la dirección de la resultante mayor de las tres hipótesis:

- En la hipótesis 1ª, la resultante "Rv" se obtiene:

Apoyos de ángulo

$$R_v = (R_{av} + F_{vc}) \cdot (\cos\alpha + \text{sen}\alpha) \text{ (kg)}$$

Apoyos de estrellamiento

$$R_v = (2/3 \cdot R_{av} + F_{vc}) \cdot (\cos\alpha + \text{sen}\alpha) \text{ (kg)}$$

- En la hipótesis 2ª en zona A, la resultante "Rv3" se obtiene:

$$R_{v3} = (R_{av3} + F_{v3c}) \cdot (\cos\alpha_3 + \text{sen}\alpha_3) \text{ (kg)}$$

- En la hipótesis 3ª en zonas B y C, la resultante "Rh" se obtiene:

$$R_h = R_{ah} \cdot (\cos\alpha_h + \operatorname{sen}\alpha_h)(\text{kg})$$

Siendo:

R_{av} = Resultante de ángulo en la hipótesis de viento (kg).

R_{av3} = Resultante de ángulo en la hipótesis de viento/3 (kg).

R_{ah} = Resultante de ángulo en la hipótesis de hielo (kg).

F_{vc} = Esfuerzo del viento sobre los conductores en la hipótesis de viento (kg).

F_{v3c} = Esfuerzo del viento sobre los conductores en la hipótesis de viento/3 (kg).

α = ángulo que forma la resultante en la hipótesis de viento con la mayor resultante (gr. sexa.).

α_3 = ángulo que forma la resultante en la hipótesis de viento/3 con la mayor resultante (gr. sexa.).

α_h = ángulo que forma la resultante en la hipótesis de hielo con la mayor resultante (gr. sexa.).

1.3.7. Apoyo adoptado

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis (cargas horizontales, cargas verticales).

1.4. CIMENTACIONES

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse por tanto:

$$M_f \geq 1,65 \cdot (M_{ep} + M_{ev})$$

Siendo:

M_f = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (kg · m).

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta (kg · m).

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (kg · m).

Obtenido cada uno de la siguiente manera:

Momento absorbido por la cimentación

El momento absorbido por la cimentación " M_f " se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$$M_f = [139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4] + [a^3 \cdot (h + 0,20) \cdot 2420 \cdot (0,5 - 2/3 \cdot \sqrt{(1,1 \cdot h/a \cdot 1/10 \cdot C_2)})]$$

Siendo:

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (kg/cm³).

a = Anchura del cimiento (m).

h = profundidad del cimiento (m).

Momento debido al esfuerzo en punta

El momento debido al esfuerzo en punta " M_{ep} " se obtiene:

$$M_{ep} = E_p \cdot H_{rc}$$

Siendo:

E_p = Esfuerzo en punta (kg).

H_{rc} = Altura de la resultante de los conductores (m).

Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo " M_{ev} " se obtiene:

$$M_{ev} = E_{va} \cdot H_v$$

Siendo:

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (kg).

$E_{va} = (160 \cdot (1 - \eta) + 80 \cdot (1 - \eta)) \cdot S$ (apoyos de celosía con perfiles normales).

$E_{va} = (90 \cdot (1 - \eta) + 45 \cdot (1 - \eta)) \cdot S$ (apoyos de celosía con perfiles cilíndricos).

$E_{va} = 102 \cdot S$ (apoyos con superficies planas).

$E_{va} = 71,4 \cdot S$ (apoyos con superficies cilíndricas).

S = Superficie real del apoyo expuesta al viento (m^2).

η = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$H_0 = H/3 \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2)$ (m)

H = Altura total del apoyo (m).

d_1 = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d_2 = anchura del apoyo en la cogolla (m).

1.5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

1.5.1. Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

$$dst = 4 \text{ m.}$$

1.6. DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATENARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO.

$$d_H = z \cdot \text{sen} \alpha$$

Siendo:

d_H = Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (m).

z = Distancia entre el punto de la catenaria y la recta de unión de los puntos de sujeción (m).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

2. DATOS GENERALES DE LA INSTALACION.

Tensión de la línea: 400 V.

CONDUCTOR.

Denominación: 150+80 .

Sección: 80 mm^2 .

Diámetro: 54 mm.

Carga de Rotura: 2000 Kg.

Módulo de elasticidad: 6000 Kg/mm^2 .

Coefficiente de dilatación lineal: $23 \cdot 10^{-6}$.

Peso propio: 1.78 Kg/m .

Peso propio más sobrecarga de viento: 3.28 Kg/m .

Peso propio más sobrecarga con un tercio del viento: 2 Kg/m .

Peso propio más sobrecarga de hielo(Zona B): 2.22 Kg/m .

Peso propio más sobrecarga de hielo(Zona C): 2.66 Kg/m .

Denominación: 95+54,6 .

Sección: 54.6 mm^2 .

Diámetro: 45.05 mm.
 Carga de Rotura: 1554 Kg.
 Módulo de elasticidad: 6000 Kg/mm².
 Coeficiente de dilatación lineal: $23 \cdot 10^{-6}$.
 Peso propio: 1.26 Kg/m.
 Peso propio más sobrecarga de viento: 2.62 Kg/m.
 Peso propio más sobrecarga con un tercio del viento: 1.47 Kg/m.
 Peso propio más sobrecarga de hielo(Zona B): 1.66 Kg/m.
 Peso propio más sobrecarga de hielo(Zona C): 2.07 Kg/m.

3. TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

4. TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS EN DETERMINADAS CONDICIONES.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

5. APOYOS.

Ver en la tabla de CALCULO DE APOYOS.

6. CIMENTACIONES.

Ver en la tabla de CALCULO DE CIMENTACIONES.

7. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

7.1. Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de:

dst = 4 m.

8. TABLAS RESUMEN.

8.1. TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

| Vano | Longit. (m) | Desni. (m) | Vano Regula. (m) | Hipótesis de Tensión Máxima | | | Hipótesis de Flecha Máxima | | | | | | | |
|---------|----------------|---------------|------------------------|-----------------------------|---------|---------|----------------------------|------|---------|------|--------|------|--------|------|
| | | | | 15°C+V | 0°C+V/3 | 0°C+H | 15°C+V | | 0°C+V/3 | | 0°C+H | | 50°C | |
| | | | | Toh(Kg) | Toh(Kg) | Toh(Kg) | Th(Kg) | F(m) | Th(Kg) | F(m) | Th(Kg) | F(m) | Th(Kg) | F(m) |
| ap1-ap2 | 65 | 3.15 | 65 | 482.4 | | 340.4 | 482.4 | 3.61 | | | 340.4 | 3.5 | 256.4 | 3.69 |
| ap2-ap3 | 50.16 | 1.86 | 48.59 | 304.1 | | 202.1 | 304.1 | 2.72 | | | 202.1 | 2.6 | 143.1 | 2.78 |
| ap3-ap4 | 46.84 | 3.14 | 48.59 | 304.1 | | 202.1 | 304.1 | 2.38 | | | 202.1 | 2.3 | 143.1 | 2.43 |

| Vano | Longit. (m) | Desni. (m) | Vano Regula. (m) | Flecha Mínima | | Hipót. de Cálculo de Apoyos | | | Desviación horizontal viento (m) |
|---------|----------------|---------------|------------------------|---------------|------|-----------------------------|---------|--------|--|
| | | | | 15°C | 0°C | 15°C+V | 0°C+V/3 | 0°C+H | |
| | | | | F(m) | F(m) | Th(Kg) | Th(Kg) | Th(Kg) | |
| ap1-ap2 | 65 | 3.15 | 65 | 3.51 | 3.43 | 482.4 | | 340.4 | |
| ap2-ap3 | 50.16 | 1.86 | 48.59 | 2.63 | 2.57 | 304.1 | | 202.1 | |
| ap3-ap4 | 46.84 | 3.14 | 48.59 | 2.3 | 2.25 | 304.1 | | 202.1 | |

8.2. TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

| Vano | Longit. (m) | Desni. (m) | V. Reg. (m) | 0°C | | 5°C | | 10°C | | 15°C | | 20°C | | 25°C | |
|---------|----------------|---------------|----------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|-------|------|
| | | | | Th(Kg) | F(m) | | |
| ap1-ap2 | 65 | 3.15 | 65 | 275.4 | 3.43 | 272.9 | 3.46 | 270.9 | 3.49 | 268.9 | 3.51 | 267.4 | 3.53 | 265.4 | 3.56 |
| ap2-ap3 | 50.16 | 1.86 | 48.59 | 154.6 | 2.57 | 153.6 | 2.59 | 152.1 | 2.62 | 151.1 | 2.63 | 149.6 | 2.66 | 148.6 | 2.68 |
| ap3-ap4 | 46.84 | 3.14 | 48.59 | 154.6 | 2.25 | 153.6 | 2.26 | 152.1 | 2.28 | 151.1 | 2.3 | 149.6 | 2.32 | 148.6 | 2.34 |

| Vano | Longit. (m) | Desni. (m) | V. Reg. (m) | 30°C | | 35°C | | 40°C | | 45°C | | 50°C | |
|---------|----------------|---------------|----------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| | | | | Th(Kg) | F(m) |
| Ap1-ap2 | 65 | 3.15 | 65 | 263.4 | 3.59 | 261.4 | 3.62 | 259.9 | 3.64 | 257.9 | 3.66 | 256.4 | 3.69 |
| Ap2-ap3 | 50.16 | 1.86 | 48.59 | 147.1 | 2.71 | 146.1 | 2.72 | 145.1 | 2.74 | 144.1 | 2.76 | 143.1 | 2.78 |
| Ap3-ap4 | 46.84 | 3.14 | 48.59 | 147.1 | 2.36 | 146.1 | 2.38 | 145.1 | 2.39 | 144.1 | 2.41 | 143.1 | 2.43 |

8.3. CALCULO DE APOYOS.

| Apoyo | Función | Ang. Rel. gr.sex. | Hipótesis 1ª (Viento) 15°C+V | | Hipótesis 2ª (Viento/3) 0°C+V/3 | | Hipótesis 3ª (Hielo) 0°C+H | |
|-------|------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|-----------------------|
| | | | Tv(Kg) | Th(Kg) | Tv(Kg) | Th(Kg) | Tv(Kg) | Th(Kg) |
| ap1 | Fin Línea | | 45.5 | 571.9; dir:línea | | | 56.1 | 340.4; dir:línea |
| ap2 | Angulo | 108.5; apo.ap3 | 97.7 | 398.4; dir:result. | | | 124 | 220.6; dir:result. |
| ap3 | Alineación | | 57.2 | 111.4; dir:nor.lín. | | | 75.2 | 0; dir:línea |
| ap4 | Fin Línea | | 39.7 | 357.9; dir:línea | | | 53 | 202.1; dir:línea |

8.4. APOYOS ADOPTADOS.

| Apoyo | Función | Tipo | Coefic. Segur. | Angulo gr.sex. | Altura Total (m) | Esf.Util Punta (Kg) | Esf.Ver s.Tors. (Kg) |
|-------|------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | | | | | |
| ap2 | Angulo | Hormigón cuad. | N | 145.2 | 9 | 400 | 900 |
| ap3 | Alineación | Hormigón cuad. | N | | 9 | 250 | 900 |
| ap4 | Fin Línea | Hormigón cuad. | N | | 9 | 400 | 900 |

8.5. CALCULO DE CIMENTACIONES.

| Apoyo | Función | Esf.Util Punta (Kg) | Alt.Res conduc (m) | Mom.Producido por el conduc. (Kg.m) | Esf.Vie Apoyos (Kg) | Alt.Vie. Apoyos (m) | Mom.Producido Viento Apoyos (Kg.m) | Momento Total Fuerzas externas (Kg.m) | Coefic. Comp. | Ancho Cimen. (m) | Alto Cimen. (m) | Mom.Absorbido por la cimentac. (Kg.m) |
|-------|------------|---------------------------|--------------------------|---|---------------------------|---------------------------|--|--|------------------|------------------------|-----------------------|---|
| | | | | | | | | | | | | |
| ap2 | Angulo | 400 | 7.75 | 3100 | 286.8 | 3.3 | 945 | 4045 | 10 | 0.83 | 1.5 | 6774.4 |
| ap3 | Alineación | 250 | 7.85 | 1962.5 | 248.1 | 3.23 | 801.1 | 2763.6 | 10 | 0.74 | 1.4 | 4609.1 |
| ap4 | Fin Línea | 400 | 7.75 | 3100 | 286.8 | 3.3 | 945 | 4045 | 10 | 0.83 | 1.5 | 6774.4 |

8.6. CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA.

| Apoyo | Función | Esf.Vert. 0°C (Kg) |
|-------|------------|-----------------------|
| ap1 | Fin Línea | 44.8 |
| ap2 | Angulo | 97.92 |
| ap3 | Alineación | 56.91 |
| ap4 | Fin Línea | 40.25 |

Pliego de Condiciones

Condiciones Generales

1. OBJETO.
2. CAMPO DE APLICACION.
3. DISPOSICIONES GENERALES.
 - 3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.
 - 3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.
 - 3.3. SEGURIDAD PUBLICA.
4. ORGANIZACION DEL TRABAJO.
 - 4.1. DATOS DE LA OBRA.
 - 4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.
 - 4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.
 - 4.4. RECEPCION DEL MATERIAL.
 - 4.5. ORGANIZACION.
 - 4.6. EJECUCION DE LAS OBRAS.
 - 4.7. SUBCONTRATACION DE OBRAS.
 - 4.8. PLAZO DE EJECUCION.
 - 4.9. RECEPCION PROVISIONAL.
 - 4.10. PERIODOS DE GARANTIA.
 - 4.11. RECEPCION DEFINITIVA.
 - 4.12. PAGO DE OBRAS.
 - 4.13. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.
5. DISPOSICION FINAL.

Condiciones Técnicas para la Obra Civil y Montaje de Líneas Eléctricas Aéreas de Baja Tensión

1. OBJETO.
2. CAMPO DE APLICACION.
3. EJECUCION DEL TRABAJO CONVENCIONAL.
 - 3.1. APERTURA DE HOYOS.

- 3.2. TRANSPORTE Y ACOPIO A PIE DE HOYO.
- 3.3. CIMENTACIONES.
- 3.4. PROTECCION DE LAS SUPERFICIES METALICAS.
- 3.5. IZADO DE APOYOS.
- 3.6. REPOSICION DEL TERRENO.
- 3.7. PUESTAS A TIERRA.
- 4. EJECUCION DEL TRABAJO DE REDES TRENZADAS.
 - 4.1. INSTALACION DE CONDUCTORES.
- 5. INSTALACION.
 - 5.1. RED POSADA SOBRE FACHADAS.
 - 5.2. RED TENSADA SOBRE APOYOS.
- 6. MATERIALES.
 - 6.1. RECONOCIMIENTO Y ADMISION DE MATERIALES.
 - 6.2. APOYOS.
 - 6.3. ACCESORIOS PARA EL MONTAJE DE LA RED AEREA TRENZADA.
 - 6.4. CONDUCTORES.
- 7. CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.
 - 7.1. CRUZAMIENTOS.
 - 7.2. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.
- 8. RECEPCION DE LA OBRA.

Medición

MEDICION DE CONDUCTORES

| <u>Sección(mm²)</u> | <u>Metal</u> | <u>Tipo</u> | <u>Polaridad</u> | <u>Total(m)</u> | <u>Pu(Euros)</u> | <u>Ptotal(Euros)</u> |
|---------------------|--------------|---------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------|
| 150+80 | Al | Trenza. Auto. | Tetrapolar | 65.58 | | |
| 95+54,6 | Al | Trenza. Auto. | Tetrapolar | 97.82 | | |

MEDICION DE APOYOS

| <u>Constitución</u> | <u>Esf.Util</u> | <u>Altura</u> | <u>Total</u> | <u>Total(ud.)</u> | <u>Pu(Euros)</u> | <u>Ptotal(Euros)</u> |
|---------------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|------------------|----------------------|
| Hormigón cuad. | 250 | 9 | | 1 | | |
| Hormigón cuad. | 400 | 9 | | 2 | | |
| Hormigón cuad. | 630 | 9 | | 1 | | |

MEDICION DE CIMENTACIONES

EXCAVACION

| <u>Apoyo</u> | <u>Excav.Pozo(m³)</u> | <u>Pu(Euros)</u> | <u>Ptotal(Euros)</u> |
|--------------|-----------------------|------------------|----------------------|
| ap1 | 1.1 | | |
| ap2 | 1.03 | | |
| ap3 | 0.77 | | |
| ap4 | 1.03 | | |

HORMIGON

| <u>Apoyo</u> | <u>Vol.Horm.(m³)</u> | <u>Pu(Euros)</u> | <u>Ptotal(Euros)</u> |
|--------------|----------------------|------------------|----------------------|
| ap1 | 1.24 | | |
| ap2 | 1.17 | | |
| ap3 | 0.88 | | |
| ap4 | 1.17 | | |