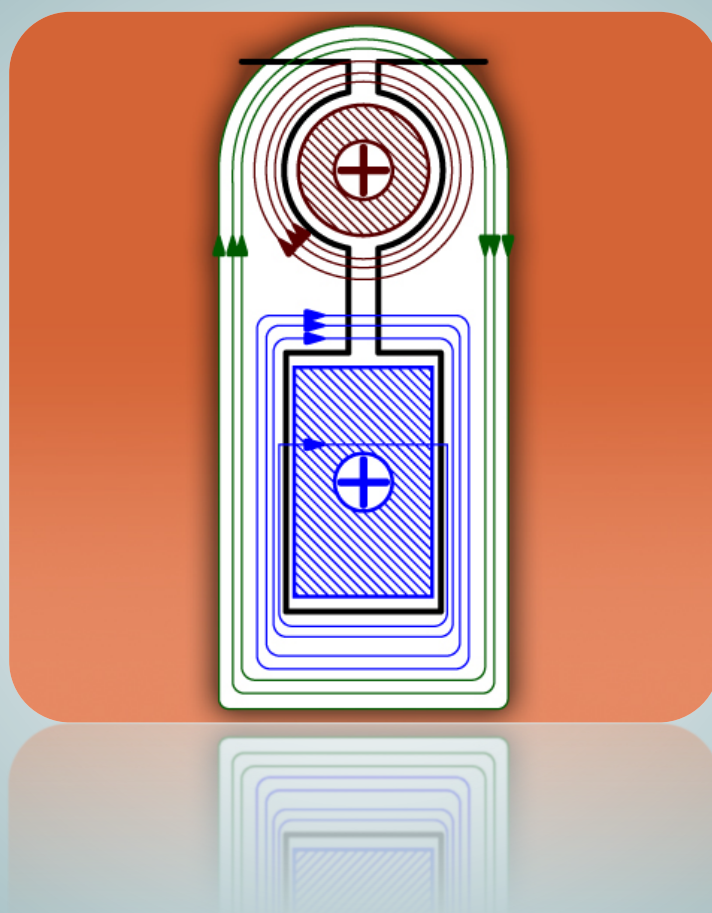


# Máquinas Eléctricas II

Ayuda para el manejo de CALCOMP (v1.0)



**Miguel Ángel Rodríguez Pozueta**

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

# AYUDA PARA EL MANEJO DE CALCOMP (v1.0)

## 1. DESCRIPCIÓN

CALCOMP (CA<sup>l</sup>culo de COM<sup>plejos</sup>) es un libro de cálculo que permite resolver sistema de hasta nueve ecuaciones lineales con números complejos y también permite realizar cálculos con números complejos.

CALCOMP consta de tres hojas de cálculo independientes, a las cuáles se puede acceder mediante las pestañas que aparecen en la parte inferior de la pantalla:

- \* Ecuaciones: En esta hoja se resuelven sistemas de ecuaciones con números complejos.
- \* Cálculos: En esta hoja se realizan cálculos con números complejos.
- \* Acerca de: Muestra una breve descripción del libro de cálculo y de la licencia de uso.

## 2. ASPECTOS INFORMÁTICOS

CALCOMP ha sido realizado mediante el programa Microsoft® Excel 2000. No se garantiza su correcto funcionamiento con versiones anteriores de este programa.

Cada hoja del libro ha sido protegida de forma que sólo se pueden modificar las celdas destinadas a los datos.

CALCOMP se presenta en forma de una plantilla Excel. De esta manera, cada vez que se utiliza se crea un nuevo documento y la plantilla no queda modificada.

Si desea **cambiar el tamaño** de las hojas de este libro de cálculo en su presentación **en la pantalla**, proceda del siguiente modo:

- \* Abra CALCOMP y dentro de Excel ajuste el zoom de cada hoja para obtener la mejor visualización en su pantalla.
- \* Desplace cada hoja para que se vea en la pantalla la porción de la misma que quiera que aparezca cuando se inicie CALCOMP.
- \* En cada hoja deje el puntero del ratón sobre la celda donde se iniciarán los cálculos.
- \* Vaya a la hoja que desee que aparezca al iniciar CALCOMP (usualmente la hoja “Ecuaciones”).
- \* Vaya al menú “Archivo” → “Guardar como ...”. En la ventana que aparece, vaya al recuadro inferior y elija guardar como tipo plantilla (\*.xlt).
- \* Guarde la nueva plantilla con un nuevo nombre (por ejemplo: CALCOMPb.xlt). A partir de ahora, utilice esta plantilla para ejecutar CALCOMP.

**DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALCOMP**

Si lo desea, puede **imprimir** los cálculos realizados por CALCOMP en hojas de papel de tamaño A4. Para ello seleccione que la impresión se realice con la orientación horizontal (apaisada).

En el caso de imprimir la hoja de cálculo “Ecuaciones”, esta ocupa por defecto 2 hojas de papel de tamaño A4. Si el número de ecuaciones es igual o inferior a cuatro, es suficiente con que imprima la primera de estas hojas.

También puede **guardar** los cálculos en un fichero Excel (\*.xls). Para ello basta con que vaya al menú “Archivo” → “Guardar”, dé el nombre que desee al fichero y haga clic sobre “Guardar”.

### **3. CONVENIOS RELATIVOS A LAS CELDAS DE DATOS**

En las hojas de cálculo “Ecuaciones” y “Cálculos” las celdas donde se introducen los datos se distinguen por tener fondo amarillo (amarillo claro o amarillo fuerte).

Salvo el número de ecuaciones y las unidades para los ángulos, todos los demás datos a introducir son números complejos.

Cada uno de estos números complejos se pueden introducir, bien de forma cartesiana (parte real y parte imaginaria) o bien de forma polar (módulo y argumento). Si desea usar la forma cartesiana, utilice las celdas con fondo amarillo claro y cifras de color azul. Si desea usar la forma polar, emplee las celdas con fondo amarillo fuerte y cifras de color marrón.

Un número complejo se debe expresar de una sola de las formas: cartesiana o polar. Las celdas correspondientes a la forma no utilizada se deben dejar en blanco.

NOTA: Si introdujera datos en ambas formas, la hoja de cálculo utilizaría la forma polar. En efecto, en cuanto se introduzca un dato (aunque sea el 0) en la celda correspondiente al módulo, la hoja de cálculo ignora los valores de las celdas de la forma cartesiana y utiliza la forma polar.

Si una celda está en blanco, la hoja de cálculo le asignará un valor 0. Por ello puede dejar en blanco las celdas cuyo valor deba ser 0.

En los cálculos y resultados se sigue manteniendo el criterio de que las celdas para la forma cartesiana tienen fondo más claro que las correspondientes a la forma polar. Las cifras de la forma cartesiana son azules y las de la forma polar son marrones.

### **4. MANEJO DE CALCOMP**

Conviene que antes de leer este apartado haya leído el apartado 3: “Convenios relativos a las celdas de datos”.

Para utilizar CALCOMP necesita tener instalado el programa Microsoft® Excel.

**DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALCOMP**

Para empezar haga doble clic sobre el fichero CALCOMP.xlt, con lo que arrancará CALCOMP dentro del programa Excel. Ahora, mediante las pestañas de la parte inferior izquierda de la pantalla elija la hoja de cálculo a utilizar: “Ecuaciones” o “Cálculos”.

**Hoja “Ecuaciones”**

El manejo de la hoja “Ecuaciones” es intuitivo.

No olvide empezar por seleccionar el número de ecuaciones (n) y las unidades que se utilizarán para medir los ángulos (grados sexagesimales o radianes).

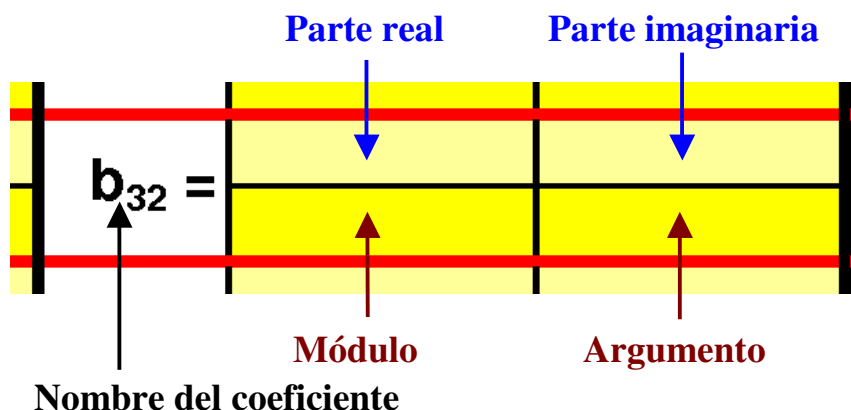
Es importante el seleccionar adecuadamente el número de ecuaciones del sistema a resolver o la hoja de cálculo no será capaz de resolverlo o podrá dar valores incorrectos.

Para facilitar el uso de ángulos medidos en radianes, la hoja de cálculo suministra el valor de  $\pi$  en la celda M22.

Luego introduzca los coeficientes del sistema de ecuaciones cuyo valor no sea nulo. Tenga cuidado en utilizar sólo las celdas para la forma cartesiana (fondo amarillo claro) o sólo las de la forma polar (fondo amarillo fuerte), según corresponda.

Las celdas para introducir estos coeficientes están dispuesta en filas y columnas, en el mismo orden en que figuran en el sistema:

$$\begin{aligned} a_1 &= b_{11} x_1 + b_{12} x_2 + \dots + b_{1n} x_n \\ a_2 &= b_{21} x_1 + b_{22} x_2 + \dots + b_{2n} x_n \\ &\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ a_n &= b_{n1} x_1 + b_{n2} x_2 + \dots + b_{nn} x_n \end{aligned}$$



*Fig. 1: Celdas para introducir los datos de un coeficiente complejo*

**DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALCOMP**

Cada coeficiente tiene asociadas 4 celdas de fondo amarillo (dispuestas en dos filas y dos columnas) donde introducir su valor. Las celdas de la fila superior (de fondo amarillo claro y cifras en azul) son para introducirlo de forma cartesiana y las celdas de la fila inferior (de fondo amarillo fuerte y cifras en marrón) son para introducirlo en forma polar (véase la Fig. 1).

Deslice la hoja hacia abajo y en la tabla con celdas de fondo blanco y gris compruebe que ha introducido los datos correctamente.

Si sigue deslizando la hoja más abajo, se le mostrará la solución del sistema de ecuaciones. La solución del sistema de ecuaciones se muestra tanto en forma cartesiana como polar. El argumento de la forma polar se indica primeramente en la unidad que haya elegido. A la derecha se vuelve a mostrar el argumento tanto en grados como en radianes.

Una vez resuelto un sistema de ecuaciones, si quiere resolver otro nuevo la manera más rápida y eficaz de borrar los cálculos anteriores es cerrar CALCOMP y volver a abrirlo.

**Hoja “Cálculos”**

El manejo de la hoja “Cálculos” es intuitivo.

Puede seleccionar las unidades que se utilizarán para medir los ángulos entre grados sexagesimales o radianes.

Para facilitar el uso de ángulos medidos en radianes, la hoja de cálculo suministra el valor de  $\pi$  en la celda I13.

Luego introduzca los números complejos **X** e **Y** con los que desea operar en las celdas de fondo amarillo. Tenga cuidado en utilizar solamente las celdas para la forma cartesiana (fondo amarillo claro y cifras en azul) o sólo las celdas de la forma polar (fondo amarillo fuerte y cifras en marrón), según corresponda.

Justo debajo de las celdas de fondo amarillo se muestran los valores de **X** e **Y** con los que la hoja de cálculo va a trabajar. Compruebe que estos valores son correctos.

Puede realizar cálculos en cadena mediante la técnica de “copiar y pegar” de Windows. Para ello, copie en el portapapeles el resultado de una operación y péguelo como nuevo valor de **X** o de **Y** en las celdas correspondientes. Además puede utilizar las celdas de las memorias para almacenar temporalmente los resultados de operaciones intermedias. Para ello también se utiliza la técnica de “copiar y pegar” de Windows.

**5. EJEMPLO**

En las páginas 6 y 7 de este documento de ayuda se muestra como la hoja de cálculo “Ecuaciones” resuelve el siguiente sistema de 5 ecuaciones con 5 incógnitas:

**DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALCOMP**

$$\begin{aligned} 3 &= \mathbf{x}_1 + j \mathbf{x}_2 + (\sqrt{2} \angle 45^\circ) \mathbf{x}_4 \\ 2 - j &= \mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_3 + (1 \angle 90^\circ) \mathbf{x}_5 \\ 2j &= (2 \angle 60^\circ) \mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_5 \\ 1 \angle -90^\circ &= -\mathbf{x}_1 + \mathbf{x}_4 \\ 1 \angle 180^\circ &= \mathbf{x}_2 + (1 \angle 90^\circ) \mathbf{x}_3 \end{aligned}$$

En este sistema de ecuaciones complejos, siguiendo la nomenclatura habitual en Electrotecnia, se ha utilizado la letra “j” para designar a la unidad imaginaria,  $\sqrt{-1}$  (en muchos textos matemáticos se emplea la letra “i” para designar a  $\sqrt{-1}$ ).

En el fichero “Ejemplo.xls” que se adjunta está guardada la resolución de este sistema de ecuaciones mediante CALCOMP.

Nótese en la Fig. de la página 6 que lo primero que se ha hecho ha sido indicar que el número de ecuaciones es 5 y que los ángulos se van a medir en grados sexagesimales.

La solución de este sistema es:

$$\mathbf{x}_1 = 1 \quad \mathbf{x}_2 = 0 \quad \mathbf{x}_3 = j \quad \mathbf{x}_4 = 1 - j \quad \mathbf{x}_5 = -2j$$

## **6. LICENCIA**

Esta pieza de software es gratuita (freeware). Puede utilizarla libremente sin coste alguno y puede distribuir CALCOMP libremente siempre que lo haga sin introducir modificaciones y acompañado de toda su documentación original.

CALCOMP se suministra sin soporte técnico. Usted lo utiliza bajo su responsabilidad. El autor no se responsabiliza de los perjuicios originados por errores o fallos en CALCOMP.

A pesar de su carácter gratuito, el autor se reserva todos los derechos sobre la propiedad intelectual de este libro de cálculo.

CALCOMP ha sido desarrollado por el profesor Miguel Angel Rodríguez Pozueta, del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria (España).

El autor agradece cualquier sugerencia u opinión sobre CALCOMP, las cuáles pueden enviarse a su correo electrónico: [rodrigmap@hotmail.com](mailto:rodrigmap@hotmail.com)

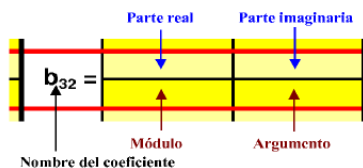
Santander (España), 15 de marzo de 2006

**DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALCOMP**

**RESUELVE UN SISTEMA DE HASTA 9 ECUACIONES DE NÚMEROS COMPLEJOS**

Sistema de ecuaciones a resolver:

$$\begin{aligned} a_1 &= b_{11} x_1 + b_{12} x_2 + \dots + b_{1n} x_n \\ a_2 &= b_{21} x_1 + b_{22} x_2 + \dots + b_{2n} x_n \\ &\vdots \\ a_n &= b_{n1} x_1 + b_{n2} x_2 + \dots + b_{nn} x_n \end{aligned}$$



Más instrucciones de uso a la derecha

- \* Introduzca datos sólo en celdas con fondo amarillo (amarillo claro: en forma cartesiana; amarillo fuerte: en forma polar).
- \* Empiece por escoger las unidades para los ángulos y el número de ecuaciones.
- \* Cuando haya que introducir el valor 0 en una celda, déjela en blanco.
- \* Introduzca un número complejo sólo de una de las formas: cartesiana o polar.
- \* La solución se muestra más abajo.

Los argumentos se miden en : **grados sexagesimales**

( $\pi = 3,141593$ )

Número de ecuaciones: **n = 5** ( $2 \leq n \leq 9$ ) <---- Empiece por indicar el número de ecuaciones

|            | Parte Real         | Parte Im. |  | Parte Real           | Parte Im. |  | Parte Real          | Parte Im. |  | Parte Real           | Parte Im. |  | Parte Real                  | Parte Im. |
|------------|--------------------|-----------|--|----------------------|-----------|--|---------------------|-----------|--|----------------------|-----------|--|-----------------------------|-----------|
|            | Módulo             | Argumento |  | Módulo               | Argumento |  | Módulo              | Argumento |  | Módulo               | Argumento |  | Módulo                      | Argumento |
| Cartesiana | a <sub>1</sub> = 3 |           |  | b <sub>11</sub> = 1  |           |  | b <sub>12</sub> = 1 |           |  | b <sub>13</sub> =    |           |  | b <sub>14</sub> = 1,4142136 | 45        |
| Polar      |                    |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |
| Cartesiana | a <sub>2</sub> = 2 | -1        |  | b <sub>21</sub> =    |           |  | b <sub>22</sub> = 1 |           |  | b <sub>23</sub> = -1 |           |  | b <sub>24</sub> =           |           |
| Polar      |                    |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |
| Cartesiana | a <sub>3</sub> =   | 2         |  | b <sub>31</sub> =    |           |  | b <sub>32</sub> = 2 | 60        |  | b <sub>33</sub> =    |           |  | b <sub>34</sub> =           |           |
| Polar      |                    |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |
| Cartesiana | a <sub>4</sub> =   |           |  | b <sub>41</sub> = -1 |           |  | b <sub>42</sub> =   |           |  | b <sub>43</sub> =    |           |  | b <sub>44</sub> = 1         |           |
| Polar      |                    |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |
| Cartesiana | a <sub>5</sub> = 1 | -90       |  | b <sub>51</sub> =    |           |  | b <sub>52</sub> = 1 |           |  | b <sub>53</sub> =    |           |  | b <sub>54</sub> =           |           |
| Polar      |                    |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |

Datos que se utilizarán en los cálculos:

(Compruebe que estos datos son correctos)

|            | Parte Real          | Parte Im. |  | Parte Real           | Parte Im. |  | Parte Real          | Parte Im. |  | Parte Real           | Parte Im. |  | Parte Real                  | Parte Im. |
|------------|---------------------|-----------|--|----------------------|-----------|--|---------------------|-----------|--|----------------------|-----------|--|-----------------------------|-----------|
|            | Módulo              | Argumento |  | Módulo               | Argumento |  | Módulo              | Argumento |  | Módulo               | Argumento |  | Módulo                      | Argumento |
| Cartesiana | a <sub>1</sub> = 3  | 0         |  | b <sub>11</sub> = 1  | 0         |  | b <sub>12</sub> = 0 | 1         |  | b <sub>13</sub> = 0  | 0         |  | b <sub>14</sub> = 1,4142136 | 45        |
| Polar      |                     |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |
| Cartesiana | a <sub>2</sub> = 2  | -1        |  | b <sub>21</sub> = 0  | 0         |  | b <sub>22</sub> = 1 | 0         |  | b <sub>23</sub> = -1 | 0         |  | b <sub>24</sub> = 0         | 0         |
| Polar      |                     |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |
| Cartesiana | a <sub>3</sub> = 0  | 2         |  | b <sub>31</sub> = 0  | 0         |  | b <sub>32</sub> = 1 | 1,7320508 |  | b <sub>33</sub> = 0  | 0         |  | b <sub>34</sub> = 0         | 0         |
| Polar      |                     |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |
| Cartesiana | a <sub>4</sub> = 0  | -1        |  | b <sub>41</sub> = -1 | 0         |  | b <sub>42</sub> = 0 | 0         |  | b <sub>43</sub> = 0  | 0         |  | b <sub>44</sub> = 1         | 0         |
| Polar      |                     |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |
| Cartesiana | a <sub>5</sub> = -1 | 0         |  | b <sub>51</sub> = 0  | 0         |  | b <sub>52</sub> = 1 | 0         |  | b <sub>53</sub> = 0  | 1         |  | b <sub>54</sub> = 0         | 0         |
| Polar      |                     |           |  |                      |           |  |                     |           |  |                      |           |  |                             |           |

Número de ecuaciones: n = 5

Los ángulos se miden en **grados sexagesimales**

**Solución:**

(Solución del sistema de ecuaciones)

|                  | Parte Real | Parte Im. |  | Módulo    | Argumento |  | Argumentos de la solución |              |
|------------------|------------|-----------|--|-----------|-----------|--|---------------------------|--------------|
|                  |            |           |  |           |           |  | Grados sexagesimales      | Radianes     |
| x <sub>1</sub> = | 1          | 0         |  | 1         | 0         |  | 0                         | 0            |
| x <sub>2</sub> = | 4,441E-16  | -1,57E-16 |  | 4,712E-16 | -19,51627 |  | -19,51626541              | -0,340623089 |
| x <sub>3</sub> = | 0          | 1         |  | 1         | 90        |  | 90                        | 1,570796327  |
| x <sub>4</sub> = | 1          | -1        |  | 1,4142136 | -45       |  | -45                       | -0,785398163 |
| x <sub>5</sub> = | 0          | -2        |  | 2         | -90       |  | -90                       | -1,570796327 |



**DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALCOMP**

**INSTRUCCIONES DE USO:**

- \* Rellene sólo celdas con fondo amarillo (amarillo claro: en forma cartesiana; amarillo fuerte: en forma polar).
- \* Un coeficiente complejo del sistema de ecuaciones (coeficientes  $a_i$  o  $b_{ij}$ ) puede introducirse en forma cartesiana (cifras de color azul y fondo claro) o en forma polar (cifras de color marrón y fondo más oscuro).
- \* Un coeficiente complejo se debe expresar de una sola de las formas: cartesiana o polar. Las celdas correspondientes a la forma no utilizada se deben dejar en blanco.
- \* Si para un coeficiente complejo se introdujeran valores tanto en las celdas de la forma cartesiana como de la polar, la hoja de cálculo trabajaría con la forma polar.
- \* Si una celda está en blanco, la hoja de cálculo le asignará un valor 0. Por ello puede dejar en blanco las celdas cuyo valor deba ser 0.
- \* Compruebe en la tabla con fondo blanco y gris (situada un poco más abajo en esta hoja) que los datos se han introducido correctamente.
- \* La solución del sistema de ecuaciones está en la parte inferior izquierda de esta hoja de cálculo.

Hoja de cálculo realizada en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria (España) por Miguel A. Rodríguez Pozueta.  
Correo electrónico: rodrigmap@hotmail.com

*Esta hoja puede utilizarse, copiarse y distribuirse libremente a condición de no modificarla en modo alguno y de incluir toda la documentación que la acompaña.*

|            | Parte Real | Parte Im. |
|------------|------------|-----------|
|            | Módulo     | Argumento |
| $b_{15} =$ |            |           |
| $b_{25} =$ | 1          | 90        |
| $b_{35} =$ | -1         |           |
| $b_{45} =$ |            |           |
| $b_{55} =$ |            |           |

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

|             | Parte Real | Parte Im. |
|-------------|------------|-----------|
|             | Módulo     | Argumento |
| $b_{15} =$  | 0          | 0         |
| $b_{25} =$  | 0          | --        |
| $b_{35} =$  | 0          | 1         |
| $b_{45} =$  | 1          | 90        |
| $b_{55} =$  | -1         | 0         |
| $b_{65} =$  | 1          | 180       |
| $b_{75} =$  | 0          | 0         |
| $b_{85} =$  | 0          | --        |
| $b_{95} =$  | 0          | 0         |
| $b_{105} =$ | 0          | --        |

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

Cartesiana

Polar

Número de ecuaciones: n = 5

Los ángulos se miden en grados sexagesimales

$$\begin{aligned} a_1 &= b_{11} x_1 + b_{12} x_2 + \dots + b_{1n} x_n \\ a_2 &= b_{21} x_1 + b_{22} x_2 + \dots + b_{2n} x_n \\ &\vdots \\ a_n &= b_{n1} x_1 + b_{n2} x_2 + \dots + b_{nn} x_n \end{aligned}$$

Hoja de cálculo realizada en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria (España) por Miguel A. Rodríguez Pozueta.  
Correo electrónico: rodrigmap@hotmail.com

*Esta hoja puede utilizarse, copiarse y distribuirse libremente y sin ningún coste, a condición de no modificarla en modo alguno y de incluir toda la documentación que la acompaña.*