



Manual de Usuario

Interfaz gráfica, diseño de electrodos y cálculo de puesta a tierra

Versión 1.2

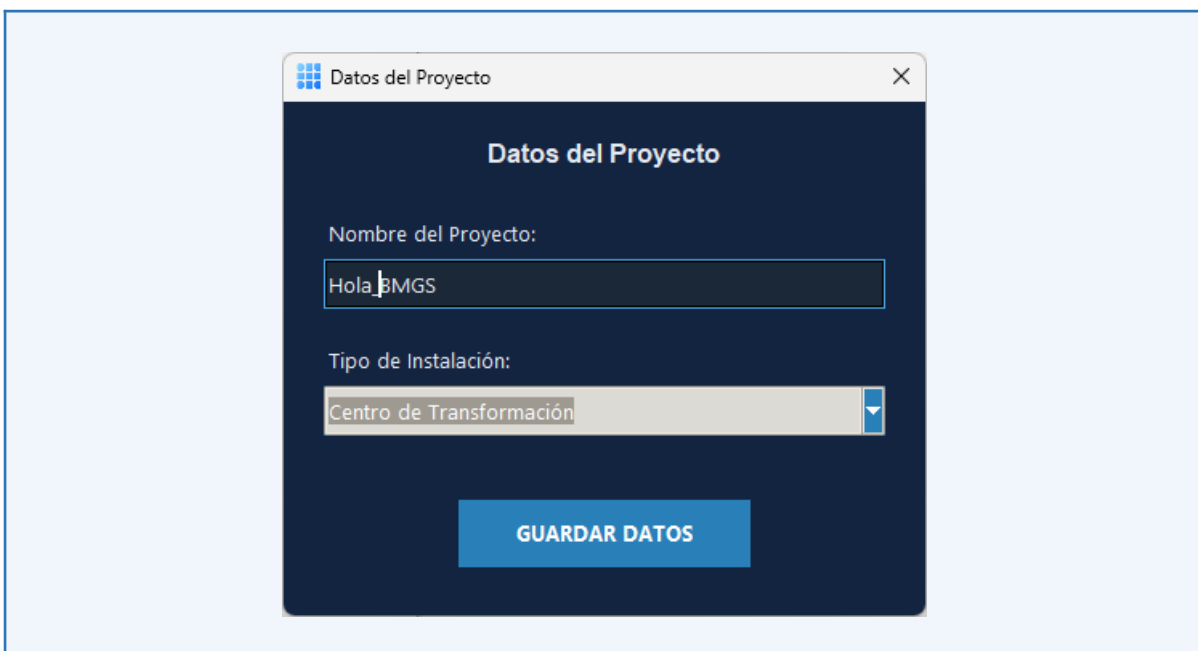
0. Guía Rápida

Una vez instalado BMGS, ábrelo. La pantalla de inicio te preguntará si deseas crear un nuevo proyecto o cargar uno existente.



0.1. Crear Nuevo Proyecto

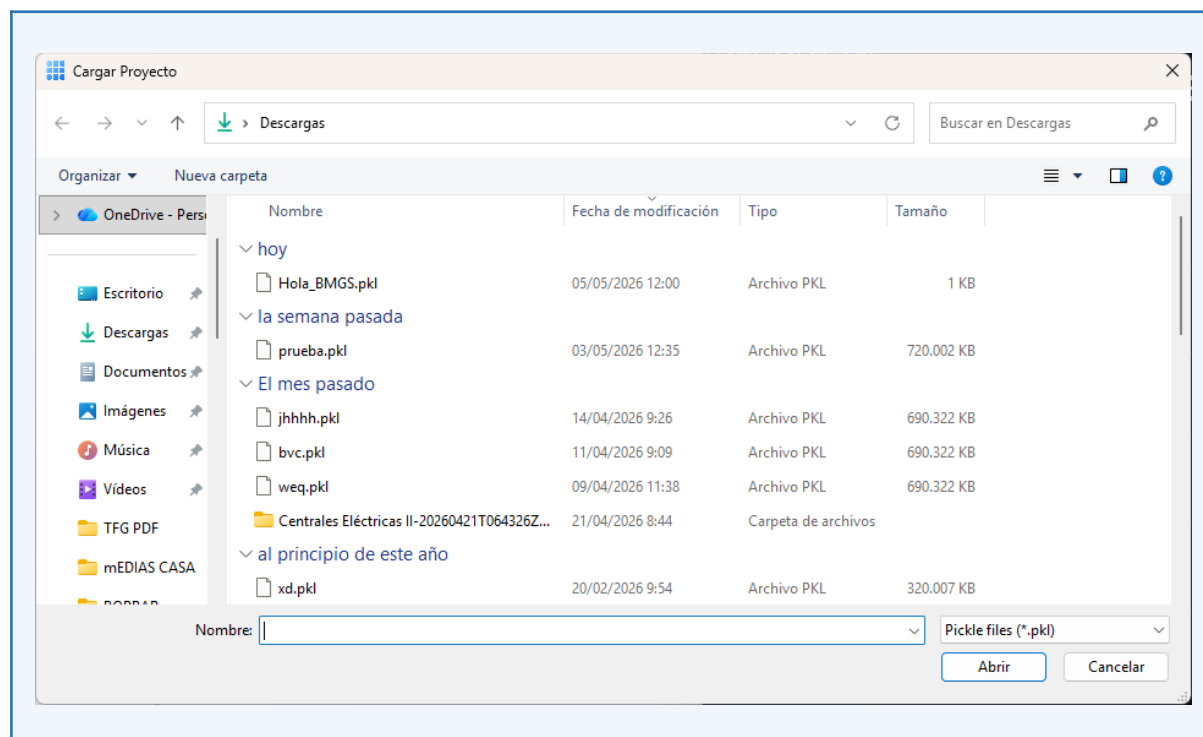
Al pulsar Nuevo Proyecto se abre una ventana donde debes indicar el tipo de proyecto y su nombre.



Una vez introducidos el nombre y el tipo de proyecto, pulsa Guardar datos. BMGS te llevará a la ventana de Creación de Mallas, donde podrás crear y configurar los electrodos.

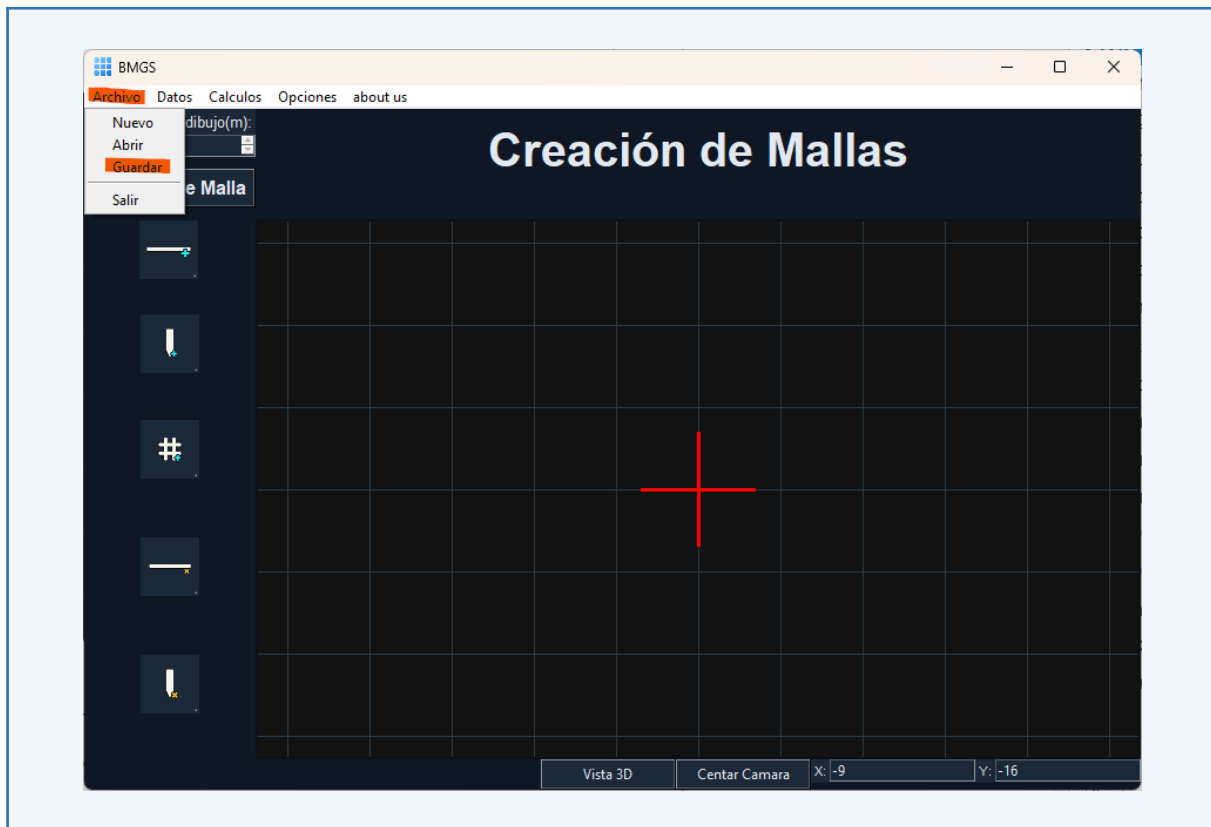
0.2. Cargar Proyecto

Desde la ventana inicial, selecciona Cargar Proyecto. Se abrirá un explorador de archivos para localizar el archivo. Si el archivo es válido, BMGS abre directamente la ventana de Creación de Mallas.

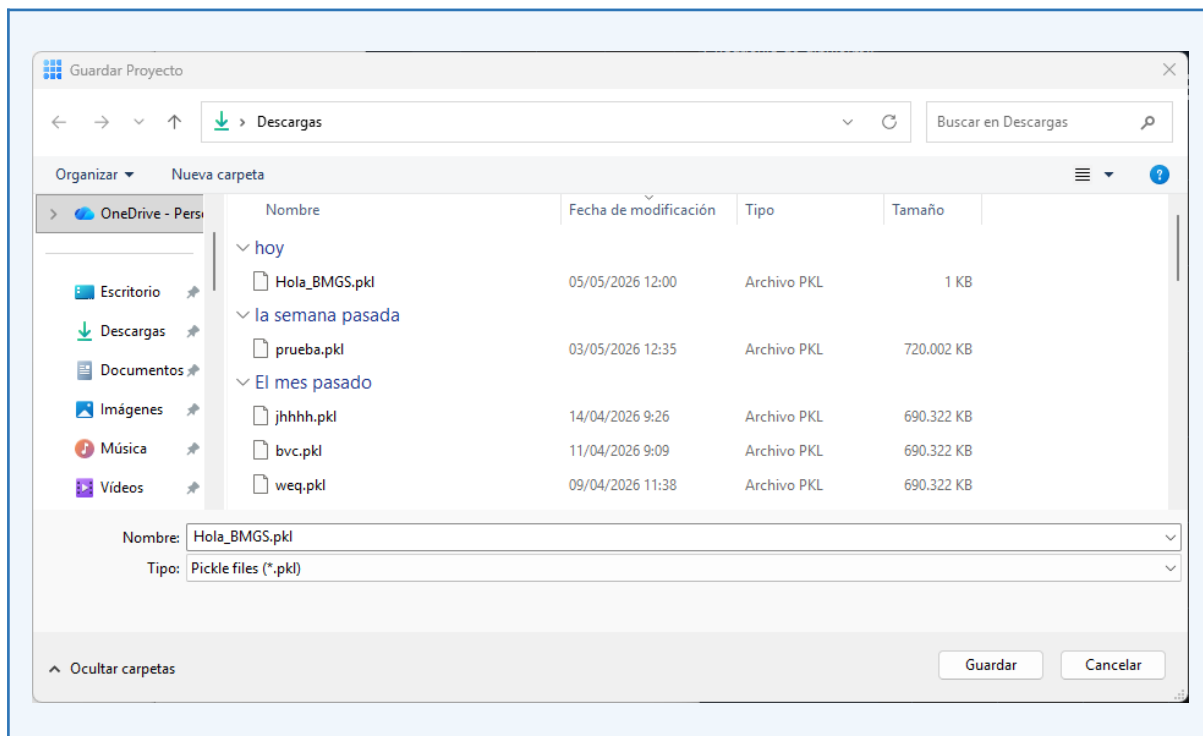


0.3. Guardar Proyecto

Desde la ventana de Creación de Mallas, ve a Archivo › Guardar para guardar el proyecto.

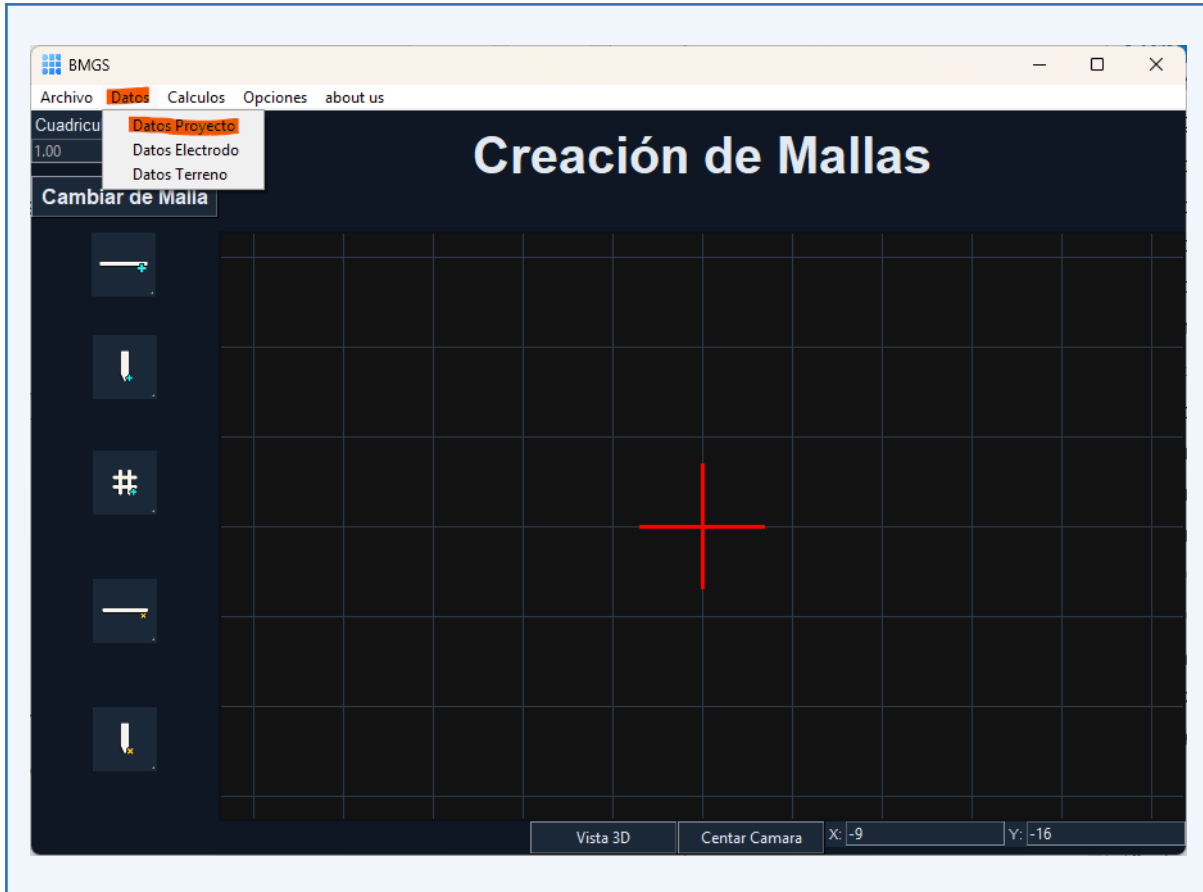


Se abrirá un diálogo donde podrás elegir la ubicación y el nombre del archivo.



0.4. Editar Datos del Proyecto

Para cambiar el tipo de instalación o el nombre del proyecto, accede a Datos › Datos Proyecto desde la ventana de Creación de Mallas.



Se abrirá de nuevo la ventana de configuración del proyecto, donde podrás elegir entre los 3 tipos de instalaciones de alta tensión. Al pulsar Guardar, los cambios se aplican al proyecto.

0.5. Introducir Datos del Terreno

Accede desde Datos › Datos Terreno. La ventana de Creación de Mallas se transforma en la ventana Datos del Terreno.



Añadir capas

Para agregar una capa:

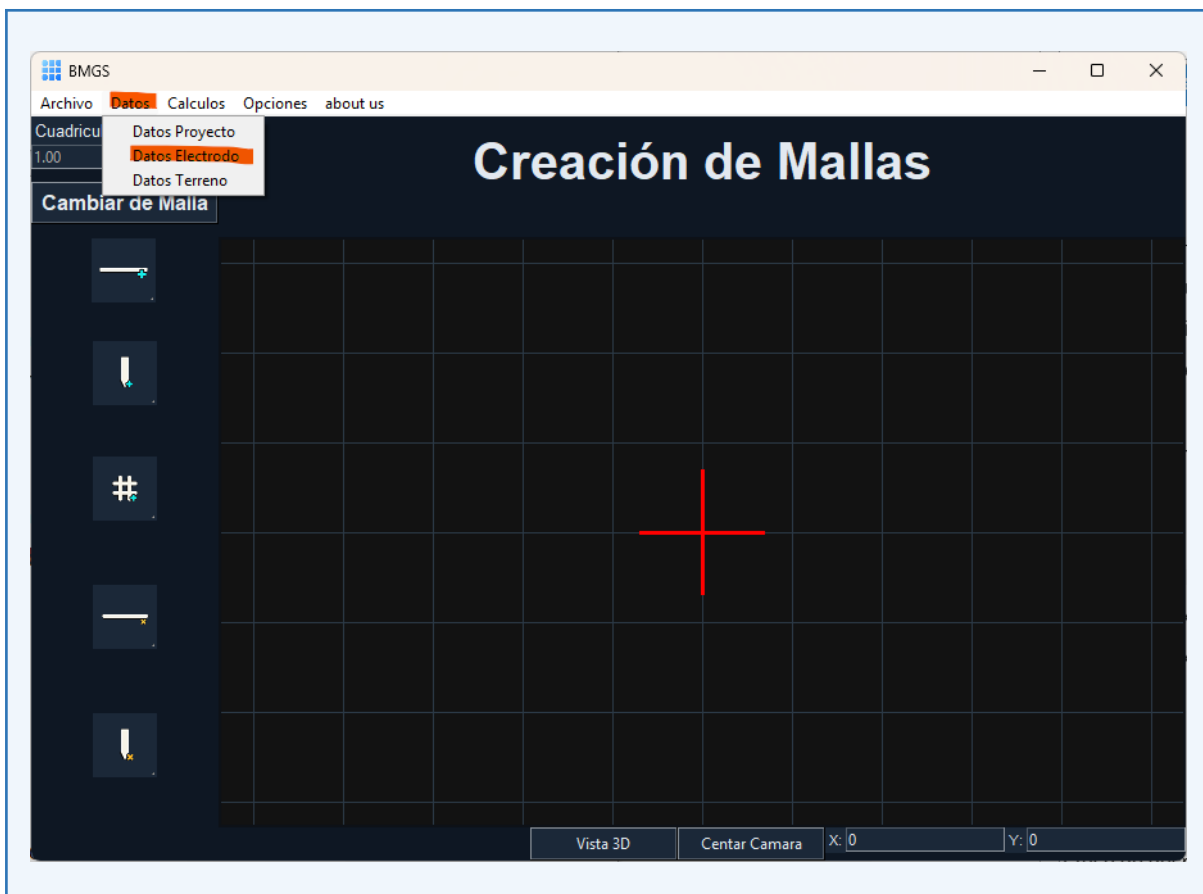
1. Pulsa el botón Añadir capa (la primera vez no hay ninguna capa definida).
2. En el popup que aparece, introduce la resistividad de la capa.
3. Las capas adicionales pedirán también la altura desde la que esa capa entra en consideración.
4. Repite el proceso para tantas capas como necesites. La ventana se actualizará automáticamente.

 **Nota:** La capa inicial no puede eliminarse. El resto de capas se pueden editar o borrar seleccionándolas en la lista y usando los botones Editar capa / Eliminar capa.

Cuando estés conforme con el terreno, pulsa Volver (botón de la derecha) para regresar a la ventana Creación de Mallas.

0.6. Introducir Datos de los Conductores

Accede desde Datos › Datos Electrodo en la ventana de Creación de Mallas.



La ventana cambia a Datos del Electrodo. Rellena todos los campos requeridos. Si el electrodo

no cumple la normativa, el programa avisará al usuario.

Datos del Electrodo Volver

Configuración de Picas Verticales

Longitud (m): Material: Diámetro (mm):

Conductor de la Malla

Material: Sección del Conductor (mm²):

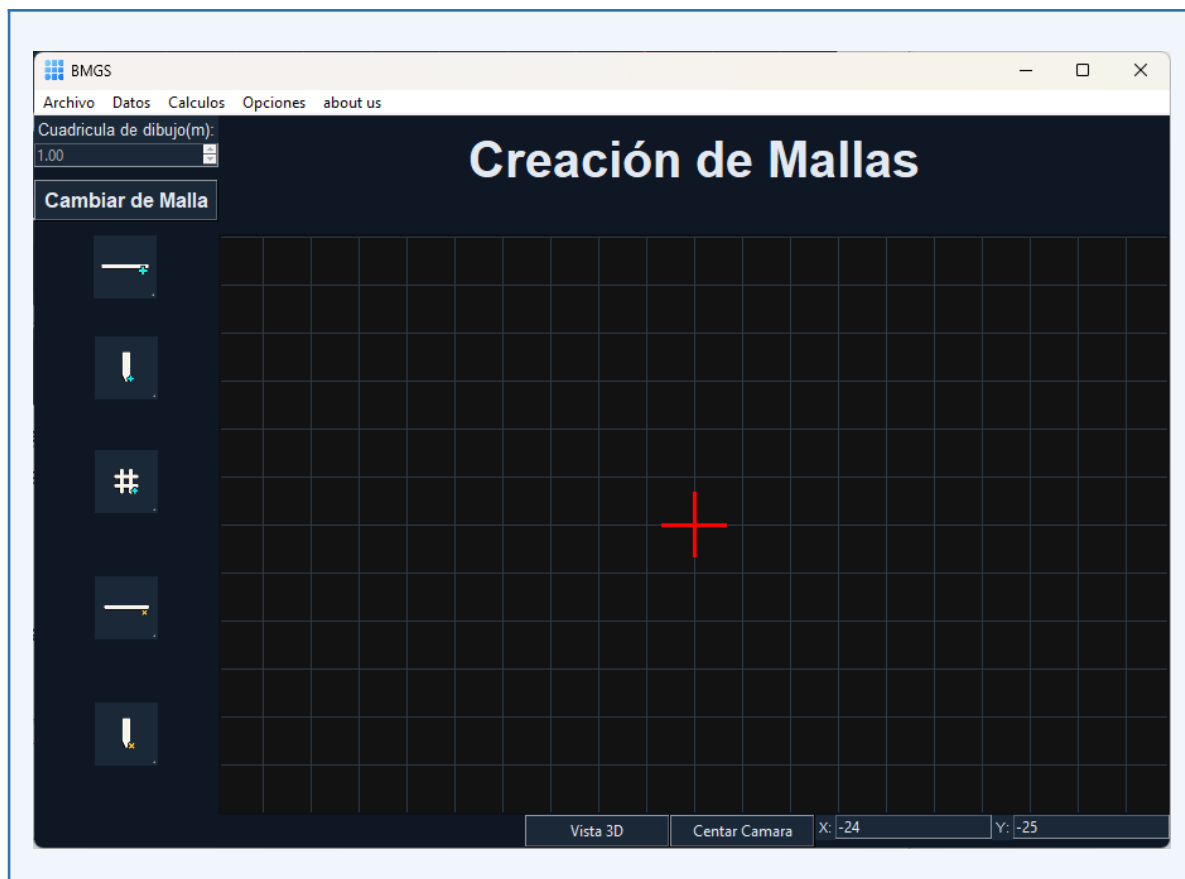
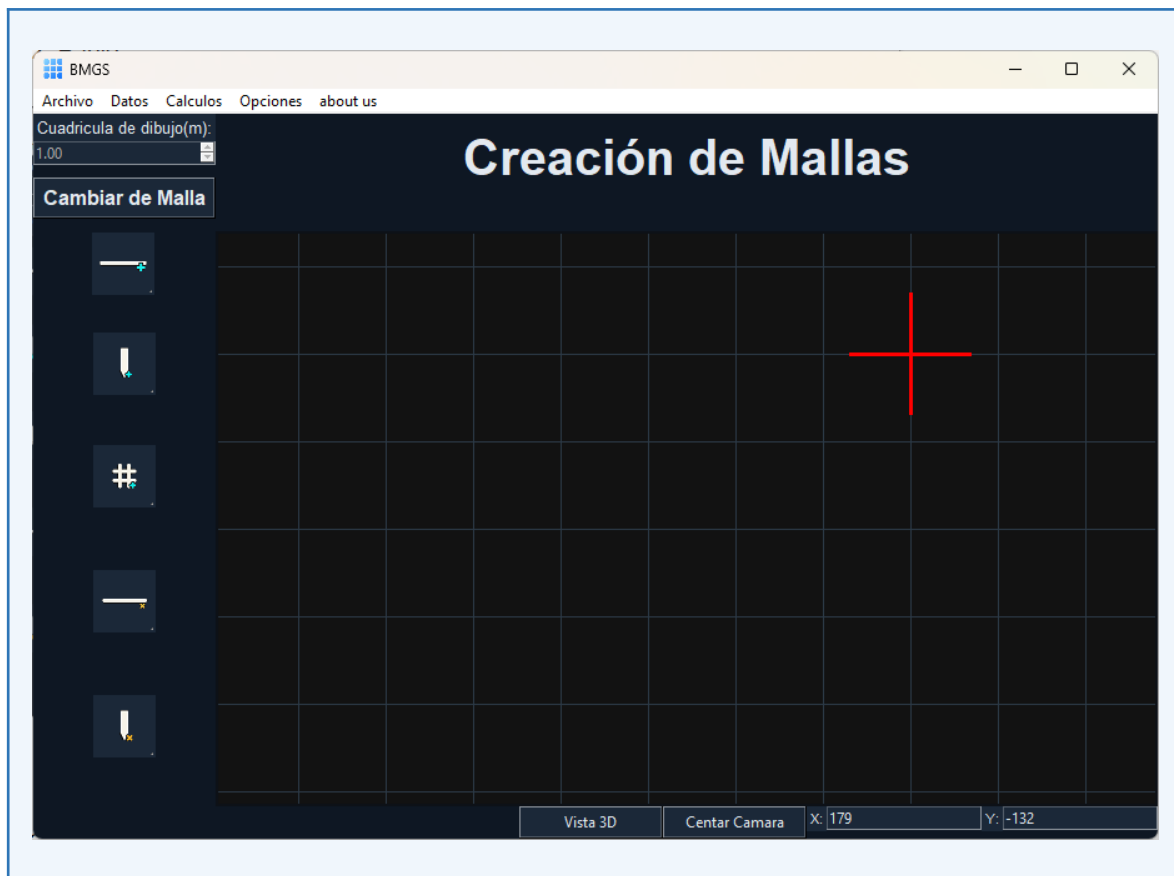
Una vez completado, pulsa Volver para regresar a Creación de Mallas.

0.7. Posicionar y Diseñar el Electrodo

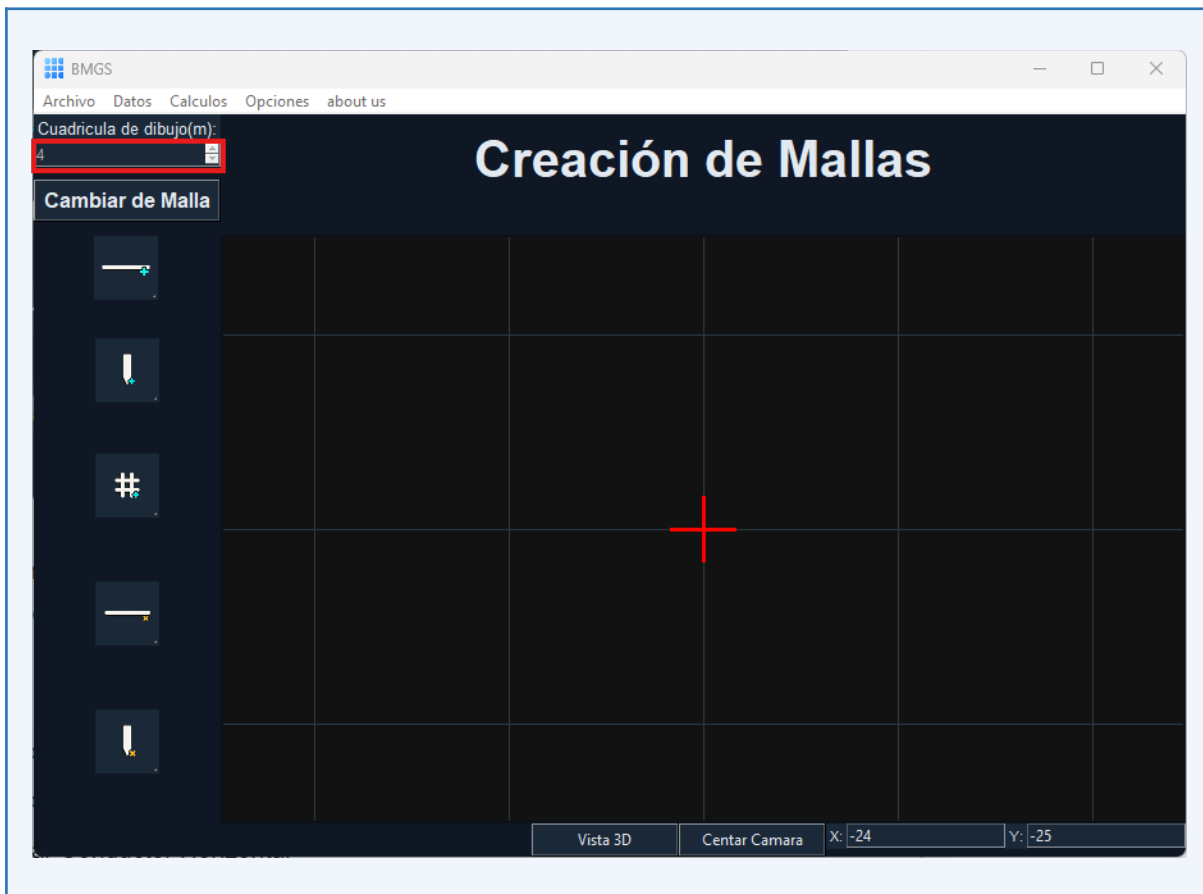
En la ventana de Creación de Mallas encontrarás una cuadrícula interactiva. A continuación se describen los controles básicos de navegación:

- Mover la cámara: mantén Shift + clic izquierdo y arrastra.
- Ajustar el zoom: rueda del ratón + Ctrl.
- Los electrodos solo se pueden colocar en las intersecciones de la cuadrícula.



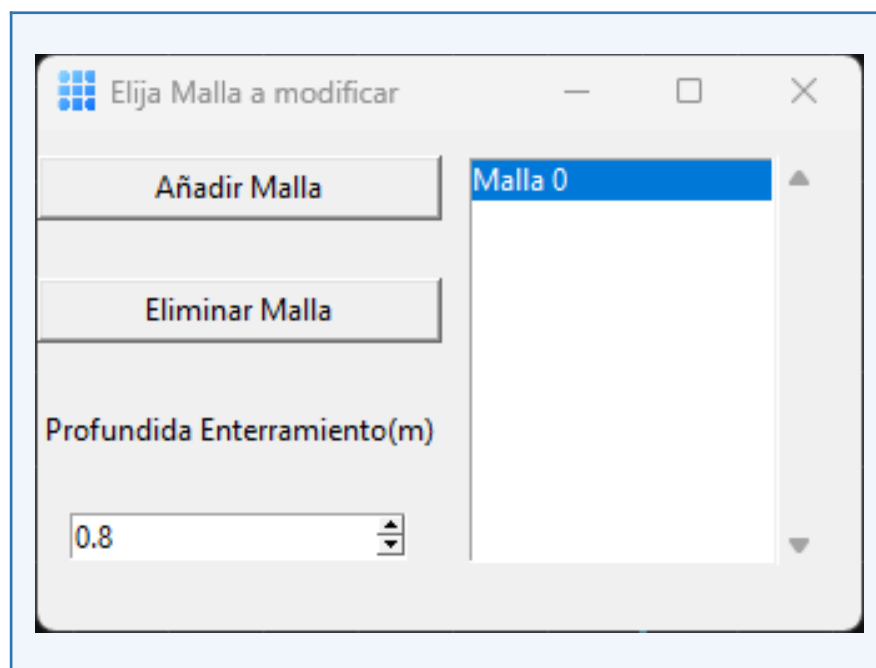
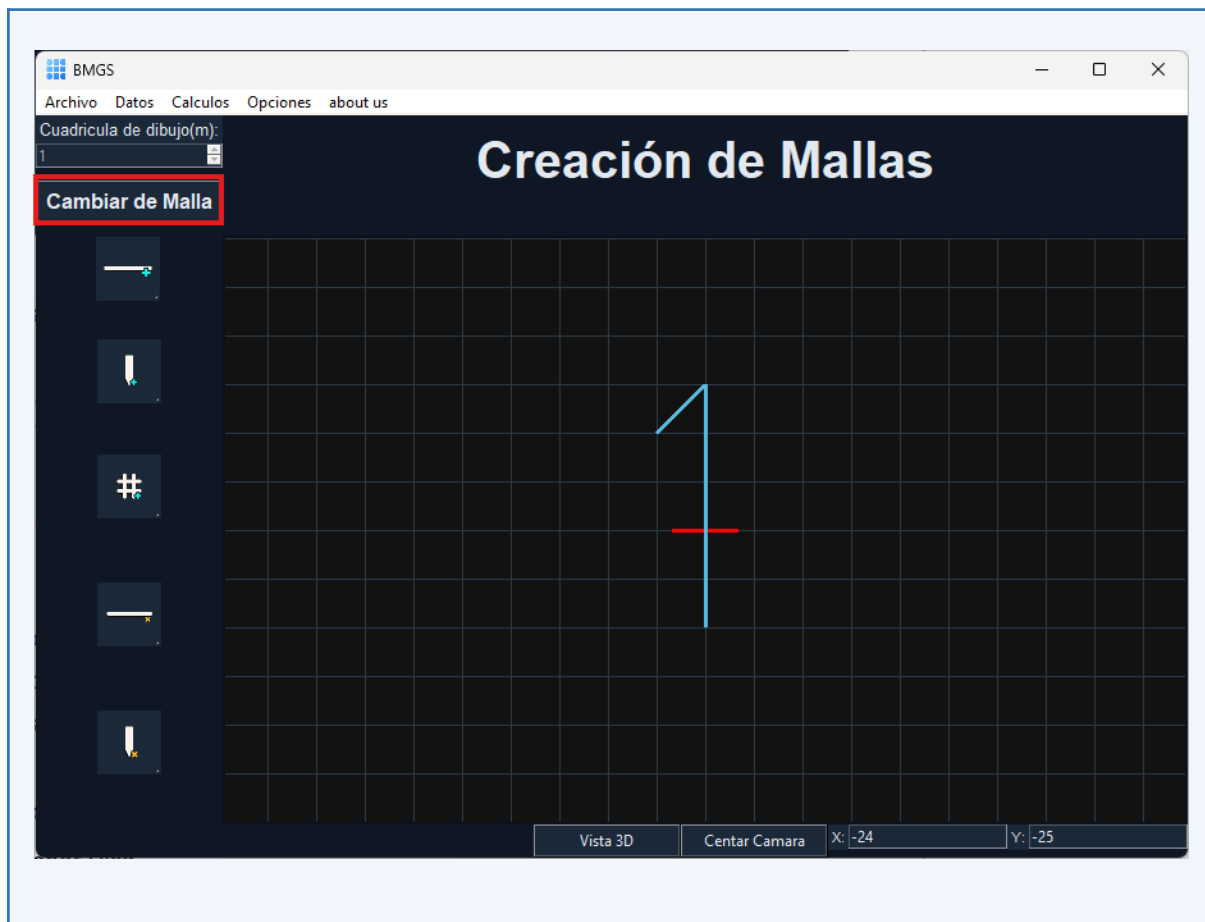


Ajusta el tamaño de la cuadrícula a la medida que desees usar antes de colocar electrodos.



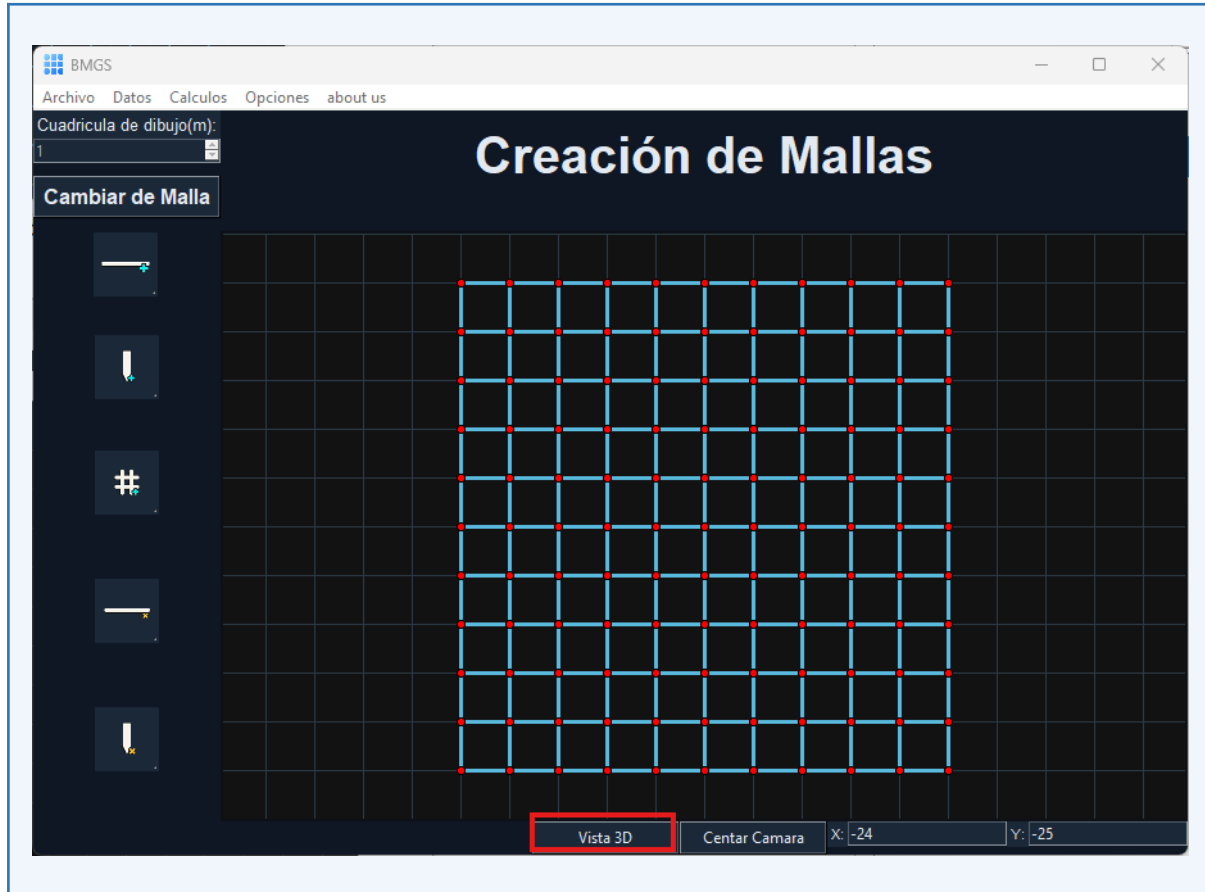
0.7.1. Elegir Malla y Profundidad de Enterramiento

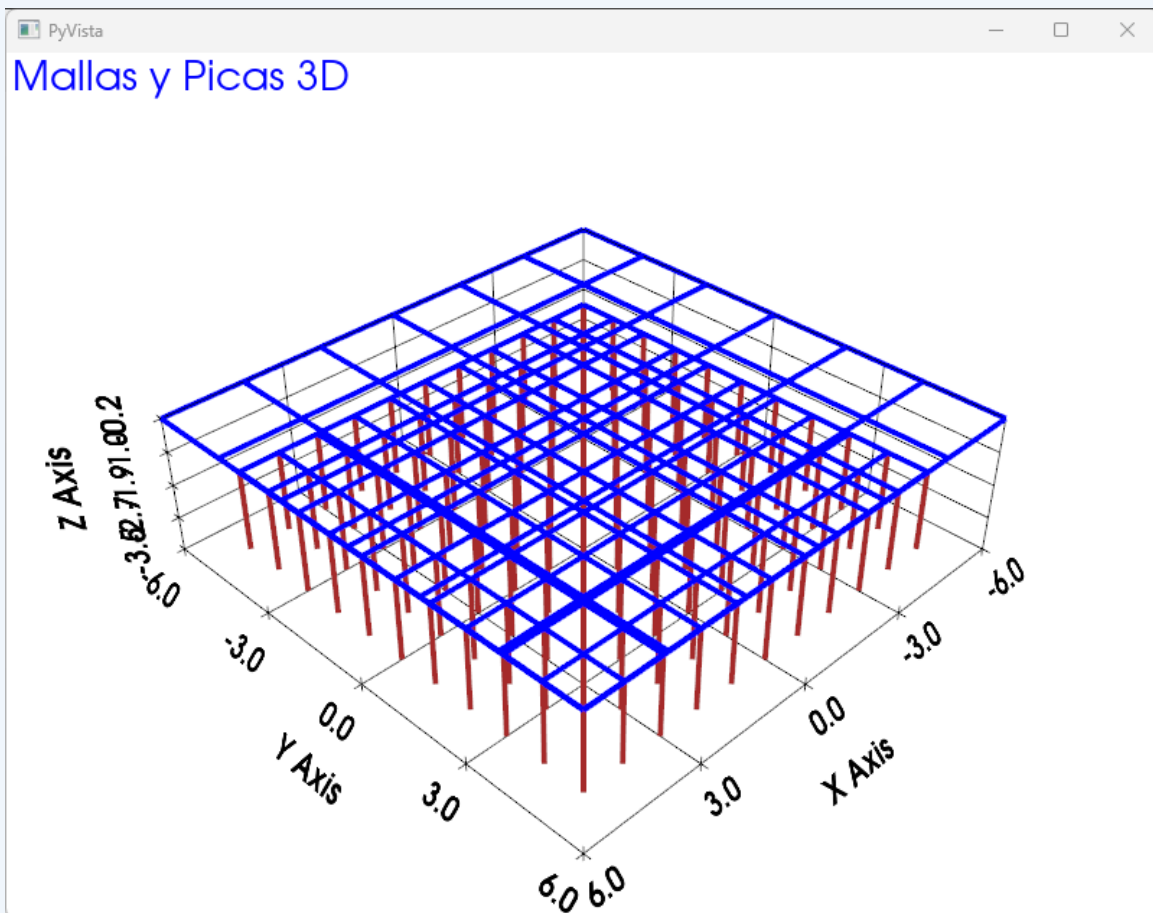
Tanto conductores como picas pueden colocarse a distintas profundidades. Para gestionarlo, usa el botón Cambiar Malla.



En el popup podrás modificar cualquier malla que esté seleccionada. La malla activa al cerrar el popup es la que se mostrará en la cuadrícula.

Para ver el electrodo en tres dimensiones, pulsa Vista en 3D. Se abrirá una ventana independiente con una representación 3D interactiva y rotable.

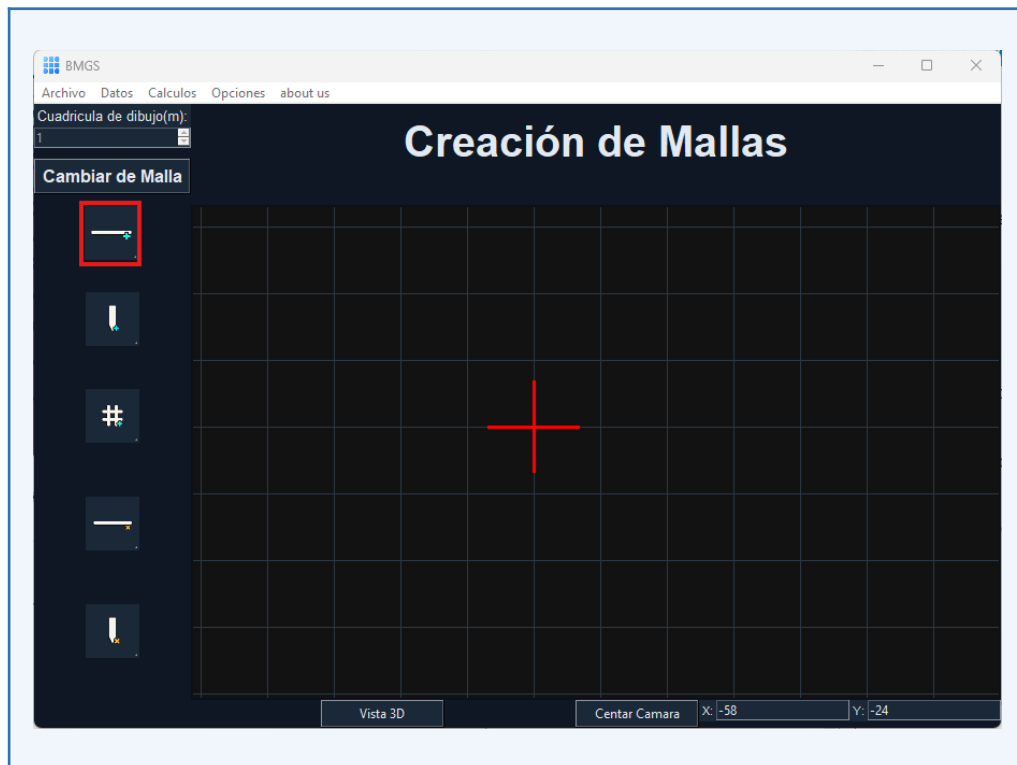




0.7.2. Posicionar Conductor Horizontal

Para añadir un conductor horizontal:

5. Haz clic en el botón Añadir conductor.
6. Haz clic en la intersección de la cuadrícula donde quieres que comience el conductor.
7. Mueve el ratón hacia otra intersección (se mostrará una previsualización en tiempo real).
8. Haz clic de nuevo para fijar el extremo final del conductor.

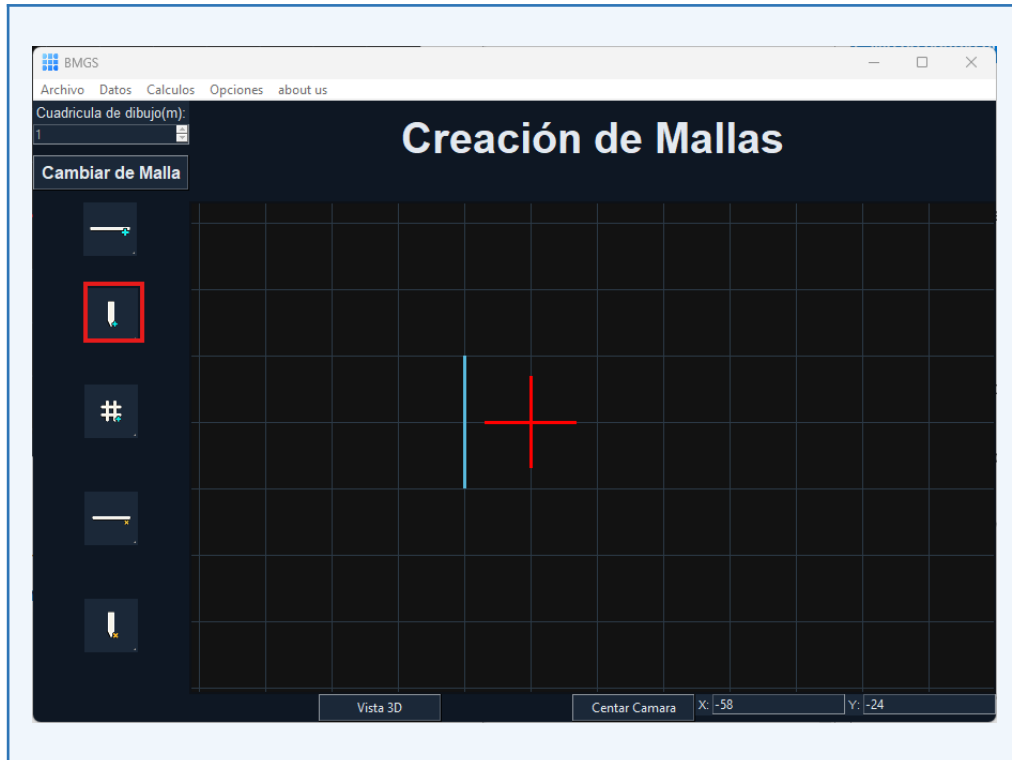


0.7.3. Posicionar Pica

Las picas deben colocarse en contacto con un conductor horizontal y en una intersección de la cuadrícula.

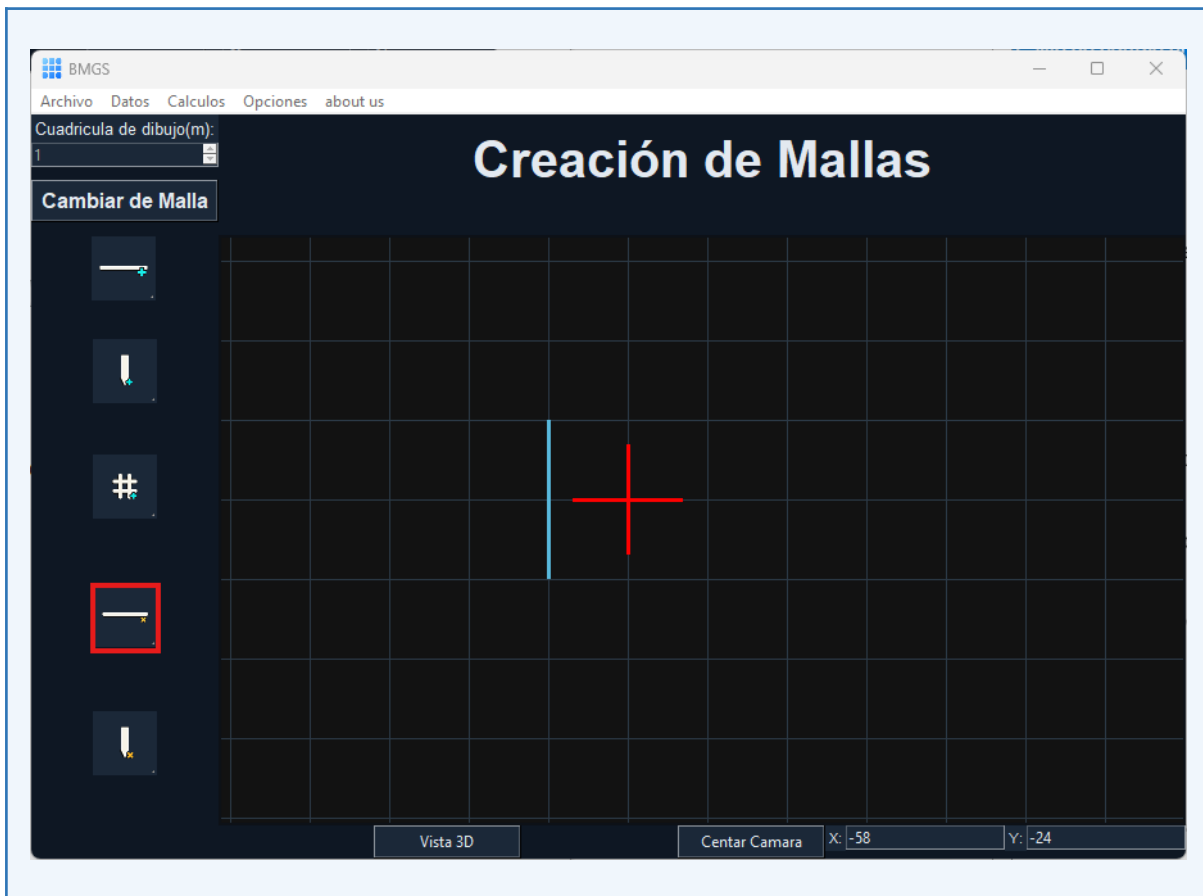
9. Pulsa el botón Añadir Pica.
10. Haz clic izquierdo en la intersección deseada.

Las picas colocadas se representan con círculos naranjas en la cuadrícula.



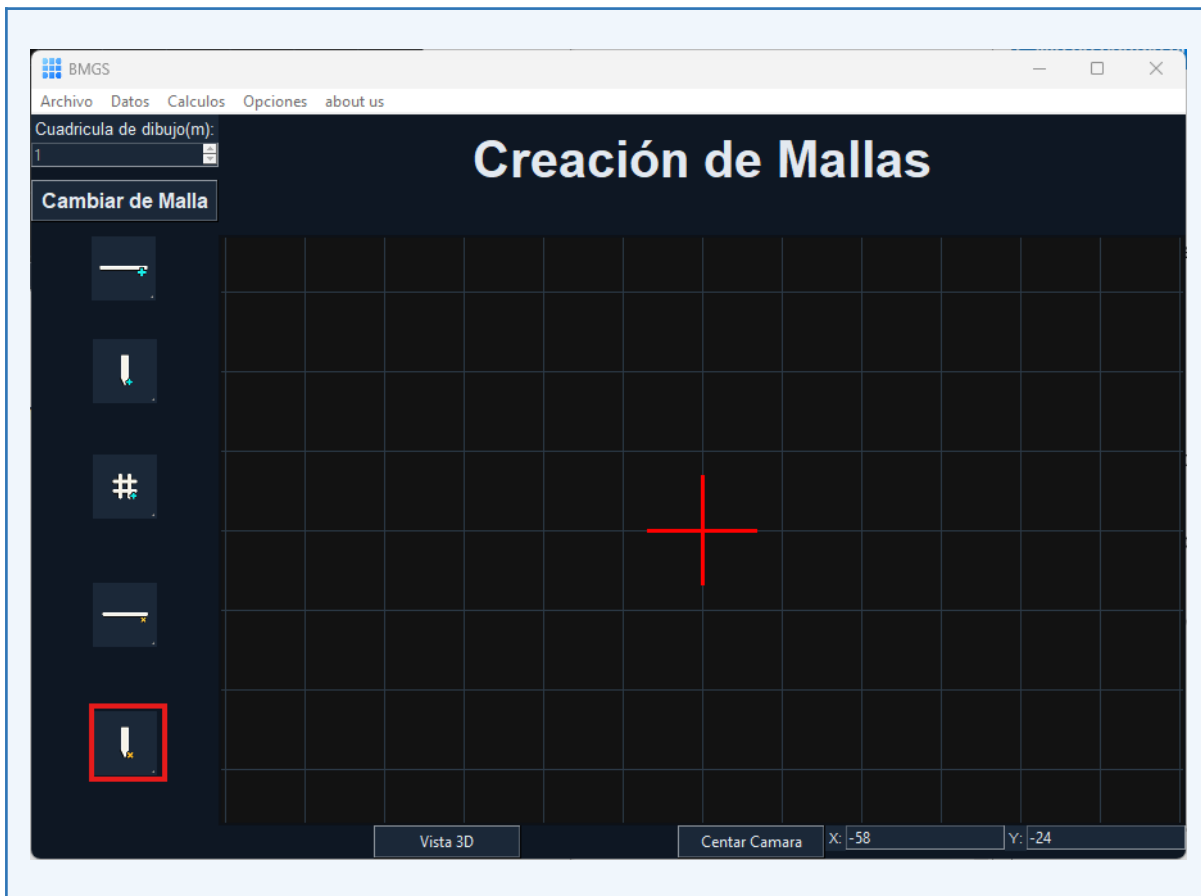
0.7.4. Eliminar Conductor Horizontal

11. Pulsa el botón Eliminar Conductor.
12. Haz clic izquierdo sobre el conductor que deseas eliminar.



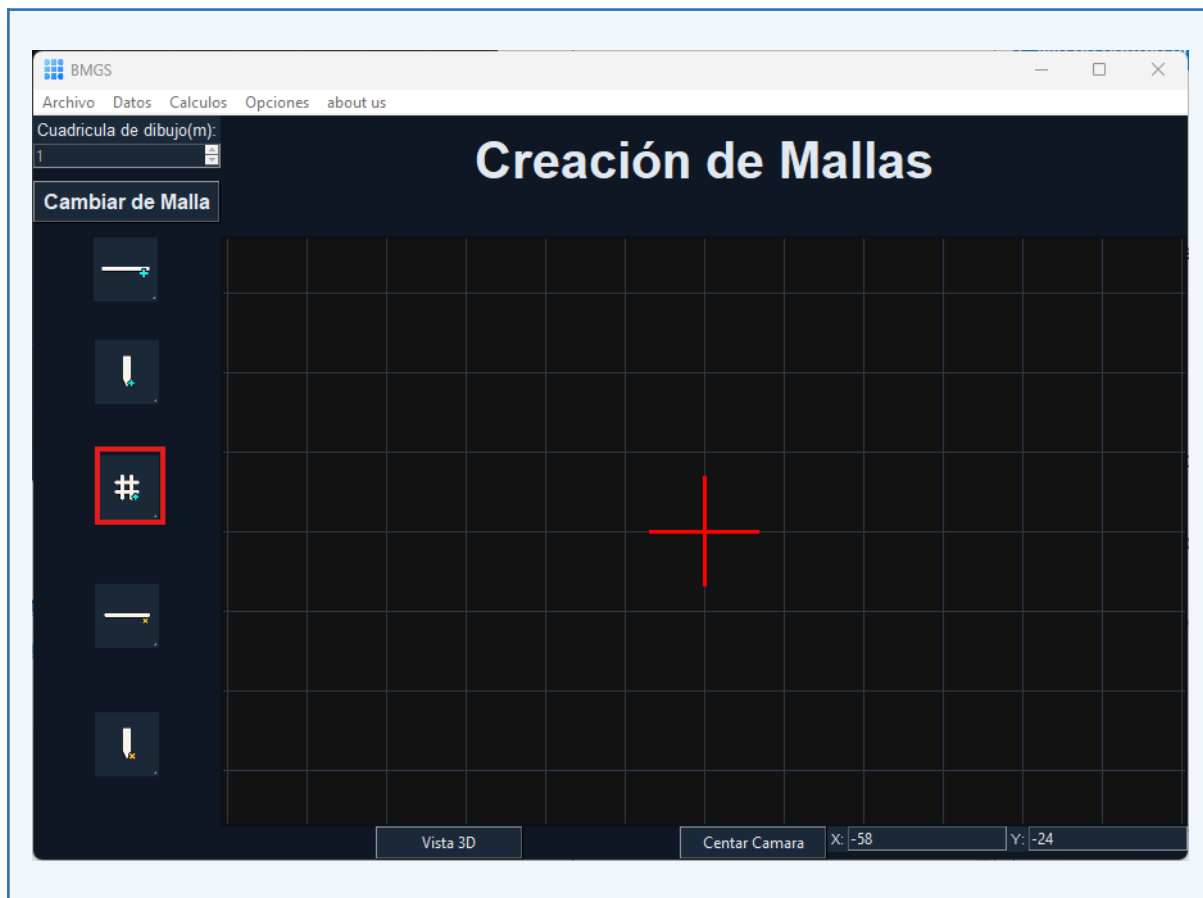
0.7.5. Eliminar Pica

13. Pulsa el botón Eliminar Pica.
14. Haz clic izquierdo sobre la pica que deseas eliminar.

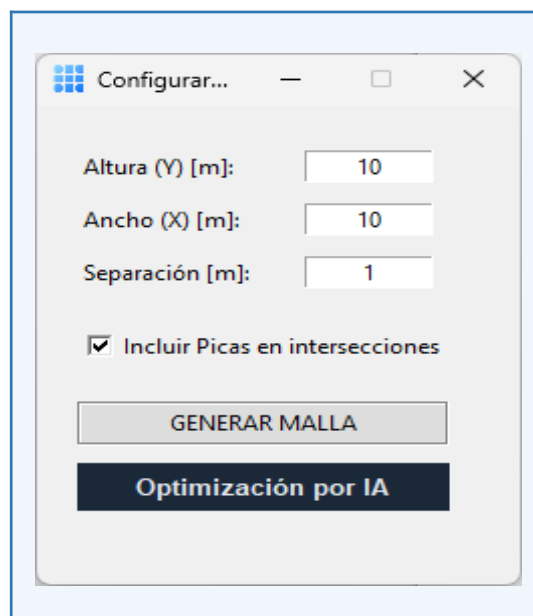


0.7.6. Auto Colocar Malla con Picas

Para generar rápidamente un electrodo rectangular típico, usa el botón de Auto Colocar Malla con Picas.



Aparecerá un popup de configuración donde se definen las dimensiones y características del electrodo. Al pulsar Generar Malla, el electrodo se creará automáticamente.



0.7.7. Optimización por IA (Algoritmo Genético)

El botón Optimización por IA del popup anterior abre un asistente que diseña, dentro de un rectángulo de dimensiones fijas, la malla de menor coste que cumple la ITC-RAT 13. El algoritmo decide cuántos conductores horizontales lleva la malla, cuántas picas se hincan y en qué nodos, y, si se permite, qué medidas correctoras hacen falta (mallazo equipotencial y/o capa de grava con su espesor).

Datos de partida

- Largo X y Ancho Y (m): dimensiones del área disponible para el electrodo.
- Resistividad ($\Omega \cdot m$): solo lectura. Es la resistividad de la primera capa de los datos del terreno. Para optimizar, la IA considera el terreno homogéneo con ese valor.
- I_{falta} (A) y $T_{defecto}$ (s): se cargan con los valores del proyecto y pueden modificarse. Las tensiones del electrodo son proporcionales a I_{falta} .
- $Ra1$ (Ω): resistencia adicional del calzado o capa de apoyo. Con $Ra1 = 0$ (pie descalzo) los límites son los más restrictivos.
- Parámetros Avanzados: Máximo de Picas, precios (picas en €/m, conductores en €/m, grava en €/m³ y malla equipotencial en €/m²) y la casilla «Permitir que el AG optimice según medidas correctoras».
- Población y Generaciones: tamaño del conjunto de mallas candidatas y número de iteraciones. Más valores dan mejores soluciones, pero tardan más.
- Estrategia IA: AG Estándar (Monocriterio). La opción AG Multiobjetivo (NSGA-II) todavía no está implementada.

Límites normativos

Se calculan solos (solo lectura) a partir de la tabla de la ITC-RAT 13 con la resistividad, T_{defecto} y R_{a1} indicados, y se actualizan al cambiar cualquiera de ellos:

- $V_{\text{contacto Adm}}$: tensión de contacto admisible.
- $V_{\text{paso Adm}}$: tensión de paso admisible en el interior.
- $V_{\text{paso acceso Adm}}$: tensión de paso admisible en el acceso (perímetro de la instalación).

Ejemplo: con $\rho = 500 \Omega \cdot \text{m}$, $T_{\text{defecto}} = 0,5 \text{ s}$ y $R_{a1} = 0$ los límites son 357,0 V, 8160,0 V y 5100,0 V, respectivamente.

Qué tensiones comprueba

El algoritmo comprueba las tres tensiones de la misma forma que el cálculo del electrodo (apartado 0.8), de modo que lo que la IA da por válido es lo que después verifica BMGS al portar la malla:

- Contacto: diferencia entre el GPR y el potencial del suelo en los puntos situados a 1 m o menos, en horizontal, de cualquier conductor o pica, además del interior encerrado por la red.
- Paso: máxima diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie separados 1 m (una zancada), en cualquier dirección.
- Paso en acceso: máxima diferencia entre el GPR y el potencial del suelo en la franja exterior del electrodo (a 1 m o menos de la red, fuera del recinto).

Cómo trabaja el algoritmo

1. Estimación previa. Con el mismo motor de cálculo se evalúa una familia de mallas cada vez más densas (hasta una separación de 0,2 m) con como mucho Máximo Picas picas en el perímetro, a la intensidad real y con un margen de seguridad del 10 %. Se comprueban contacto, paso y paso en acceso.
2. Elección de medidas. Si la casilla de medidas correctoras está desmarcada solo se intenta con cobre. Si está marcada, se elige el escalón más simple que resulta viable: Fase 1, solo cobre; Fase 2, mallazo equipotencial en solera (el mallazo anula la tensión de contacto, pero no la de paso ni la de paso en acceso); Fase 3, capa de grava (resistividad $3000 \Omega \cdot \text{m}$, con el espesor entre 5 y 25 cm como variable a optimizar); Fase 4, grava y mallazo. La grava eleva los tres límites admisibles.
3. Aviso de área insuficiente. Si ni el escalón más completo permite cumplir, se muestra un aviso con las tensiones alcanzables frente a sus límites, y la recomendación de ampliar el área, reducir I_{falta} , aumentar el Máximo de Picas o habilitar las medidas correctoras. También se indica el resultado con picas en todos los nodos para saber si basta con más picas.
4. Algoritmo genético. Cada individuo es una malla: el número de divisiones en X e Y, las picas activas y, si procede, el espesor de grava. Se evalúan su resistencia y las tres tensiones, y se calcula el coste (cobre, picas, grava y mallazo según los precios). Una malla que no cumple alguna tensión se penaliza en proporción a lo que se pasa del límite, de forma que el algoritmo converge hacia soluciones seguras y baratas. Si los precios están a 0, se minimiza la longitud de cobre más la resistencia de puesta a tierra. Durante la ejecución, la ventana muestra en cada generación el estado (SEGURO o INSEGURO), la resistencia, V_c , V_{pa} , el cobre y la caché reutilizada.
5. Resultado. El informe final indica el número de picas, el cobre empleado, la resistencia R_g , las tensiones de contacto, paso y paso en acceso, el espesor de grava, C_s y los límites con grava (si se usa), el coste estimado y la verificación del reglamento. El plano de la derecha dibuja la malla obtenida.

Portar la malla a BMGS

Al pulsar PORTAR MALLA A BMGS (se pide confirmación) se sustituyen los conductores y las picas de la malla principal por los de la IA. Las medidas correctoras decididas por el algoritmo se aplican al proyecto: el mallazo equipotencial se genera en la solera ($z = 0,1$ m, cuadrícula de 20×20 cm) y la grava se escribe con su resistividad y su espesor. Las medidas de fábrica de ladrillo/muro que ya existieran se conservan.

Después, ejecuta Calcular Resistencia de Puesta a Tierra y Tensiones (apartado 0.8) para verificar el diseño con el cálculo completo del proyecto, que tiene en cuenta todas las capas del terreno. La optimización usa una evaluación más rápida con el terreno homogéneo, así que los valores finales pueden diferir ligeramente.

Si el cálculo posterior indicara un incumplimiento, aumenta Población y Generaciones, el Máximo de Picas o el área, o permite las medidas correctoras, y vuelve a optimizar.

0.8. Cálculo del Electrodo

Accede desde Cálculos > Calcular Resistencia de Puesta a Tierra y Tensiones. Aparecerá el siguiente popup de configuración:

Configuración de Cálculo

1. Precisión de Subdivisión:

Mallas: m

Picas: m

(Recomendado: Radio + 0.001m)

2. Parámetros Eléctricos:

I. Defecto: A

T. Falta: s

Ra1 (Adic.): Ω

3. Capa Superficial (Gravilla):

Resistividad: Ωm

Espesor: m

Algoritmo: ▾

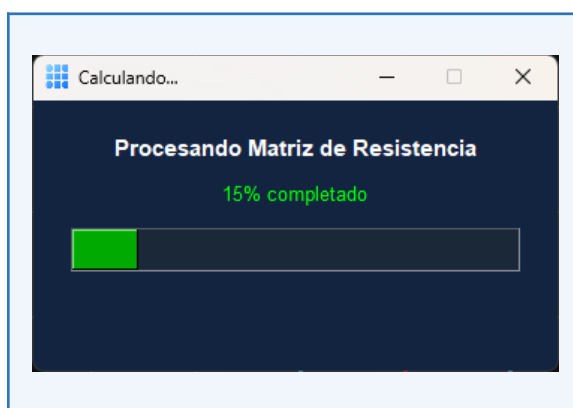
CALCULAR TODO

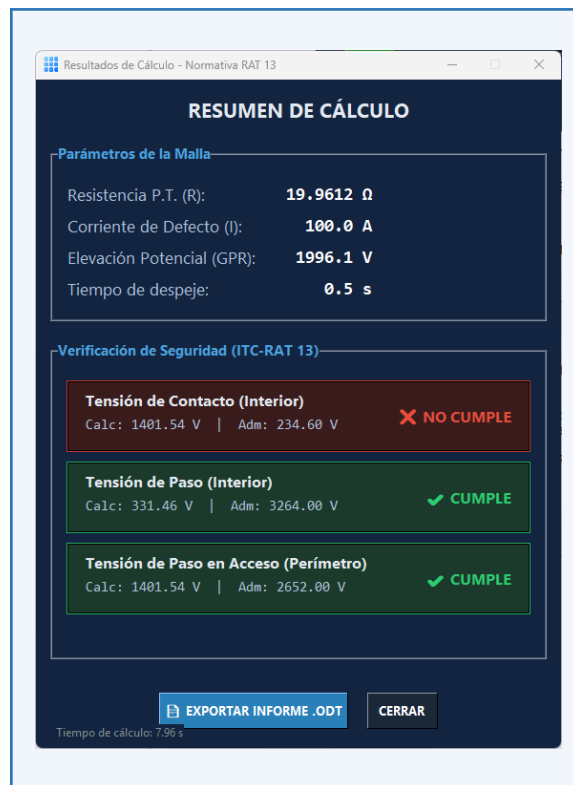
Parámetros de cálculo

- Precisión de subdivisiones: valor precalculado para cada proyecto. No se recomienda modificarlo, salvo que el cálculo sea muy costoso computacionalmente.
- Parámetros eléctricos: rellenar según ITC-RAT 13. En caso de duda, dejar $Ra1 = 0$ (pie descalzo, caso más restrictivo). Ajustar el tiempo de falta de acuerdo a las protecciones del proyecto.
- Capa superficial: dejar en 0 inicialmente. El asistente de medidas correctoras indicará si es necesario modificarlo.

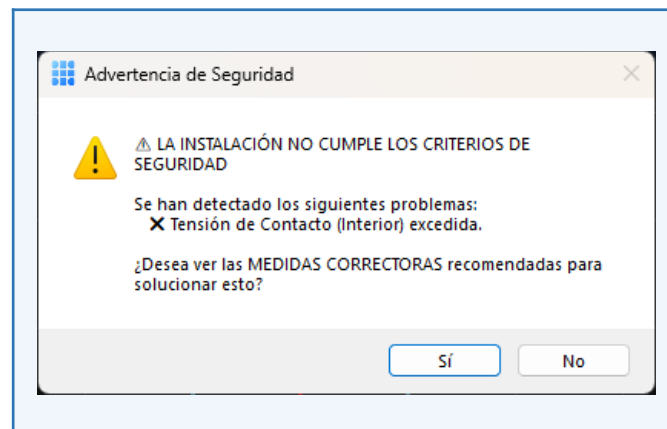
 **Nota:** En la versión actual la única diferencia entre algoritmos de cálculo es la convergencia automática, crucial para cuando queremos reducir las subdivisiones en instalaciones grandes.

Pulsa Calcular todo para iniciar el proceso. Una barra de progreso indicará el avance. Al finalizar, se mostrará el informe de resultados.





Si el programa detecta un incumplimiento de la normativa, mostrará un aviso preguntando si deseas abrir el asistente de Medidas Correctoras.

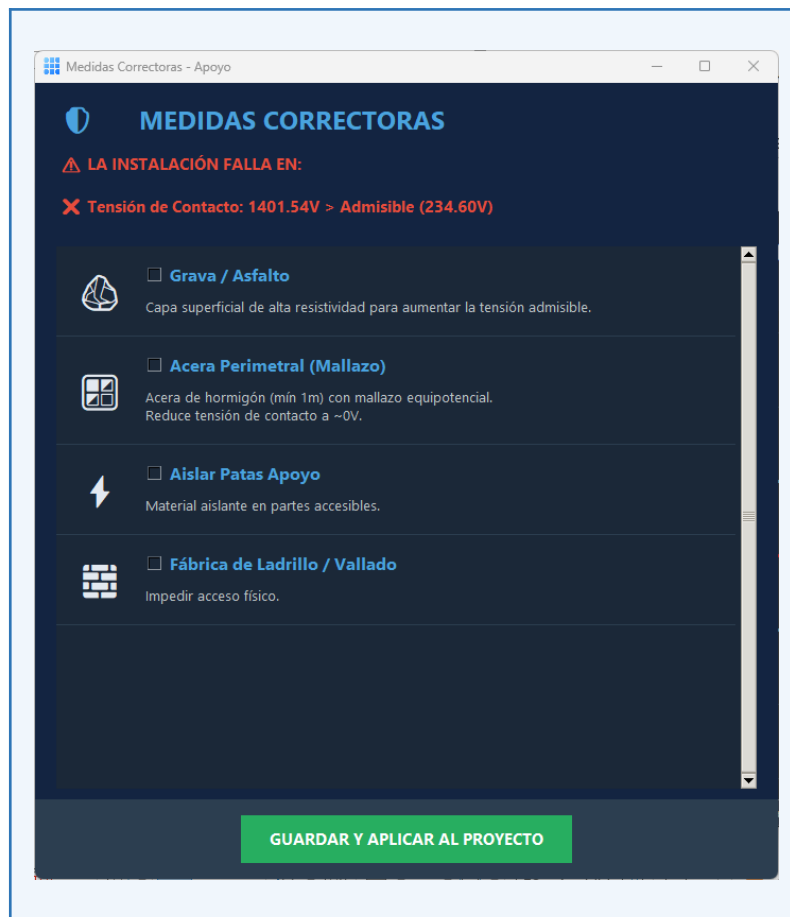


0.9. Medidas Correctoras

Accede a las medidas correctoras de dos formas:

- Automáticamente, cuando el cálculo detecta un incumplimiento de la norma.
- Manualmente, desde Cálculos > Medidas Correctoras.

Las opciones disponibles varían según el tipo de proyecto:





Opciones disponibles

- Grava / Capa aislante: solicitará los datos de la capa (resistividad, espesor, etc.).

Grava / Asfalto

Resistividad Capa (Ωm):

Espesor Capa (m):

ACEPTAR

- Mallazo equipotencial: se rellena automáticamente con las dimensiones del electrodo, aunque puede ampliarse manualmente.



The screenshot shows a web application window titled "Configuración Acera Perimetral". The interface is divided into two main sections on a dark blue background. The first section, "DIMENSIONES DEL APOYO", contains two input fields: "Largo (m):" with the value "2" and "Ancho (m):" with the value "2". The second section, "CONFIGURACIÓN ACERA Y MALLAZO", contains two input fields: "Ancho de la acera (m):" with the value "1.0" and "Cuadrícula del Malla:" with a dropdown menu showing "20x20 cm". At the bottom of the second section is a blue button labeled "PREPARAR MALLAZO".

Una vez seleccionadas las medidas, pulsa Guardar y aplicar al proyecto. Al volver a calcular, la tensión de contacto aparecerá en gris indicando que se cumple la normativa gracias a la medida aplicada.

Resultados de Cálculo - Normativa RAT 13

RESUMEN DE CÁLCULO

Parámetros de la Malla

Resistencia P.T. (R):

19.9612 Ω

Corriente de Defecto (I):

100.0 A

Elevación Potencial (GPR):

1996.1 V

Tiempo de despeje:

0.5 s

Verificación de Seguridad (ITC-RAT 13)

Tensión de Contacto (Interior)

Calc: 925.24 V | Adm: 234.60 V

✓ CUMPLE

Tensión de Paso (Interior)

Calc: 464.84 V | Adm: 3264.00 V

✓ CUMPLE

Tensión de Paso en Acceso (Perímetro)

Calc: 925.24 V | Adm: 2652.00 V

✓ CUMPLE

EXPORTAR INFORME .ODT

CERRAR

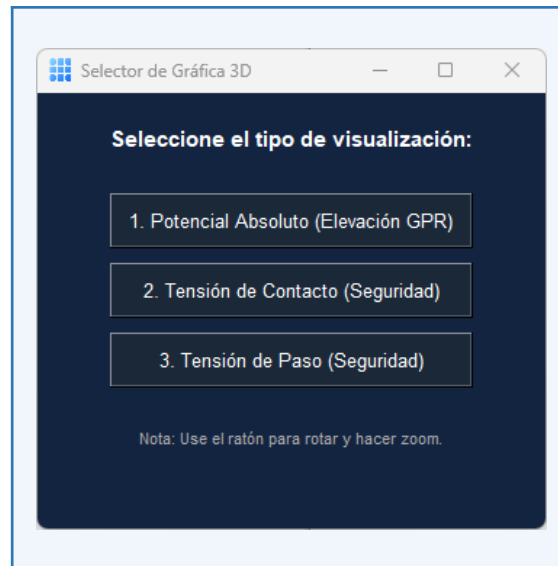
Tiempo de cálculo: 2.87 s

© BMGS – Grounding

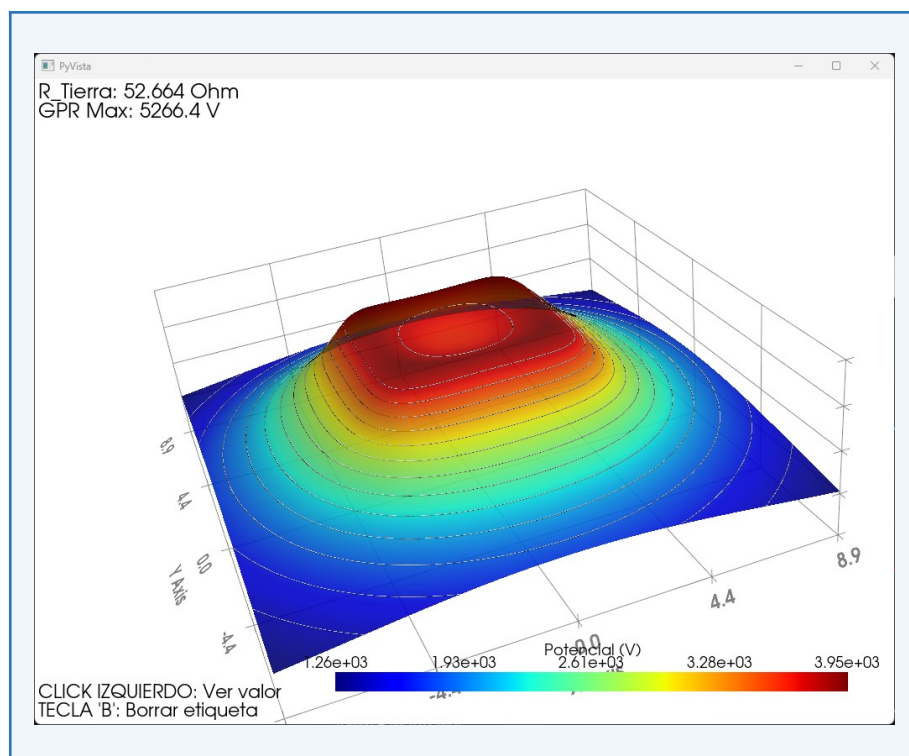
0.10. Generación de Gráficas

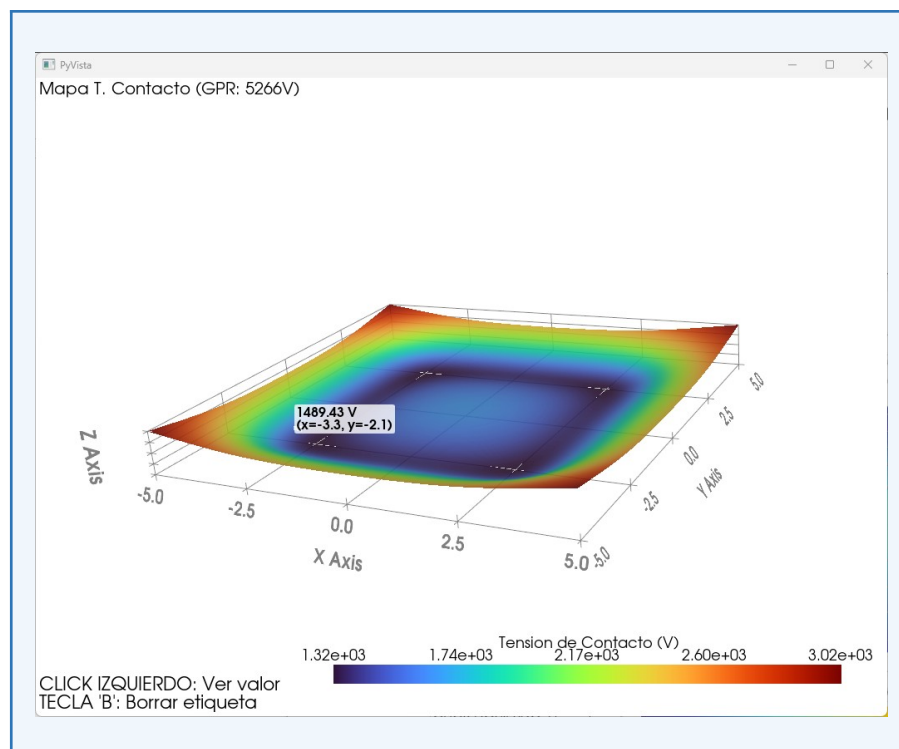
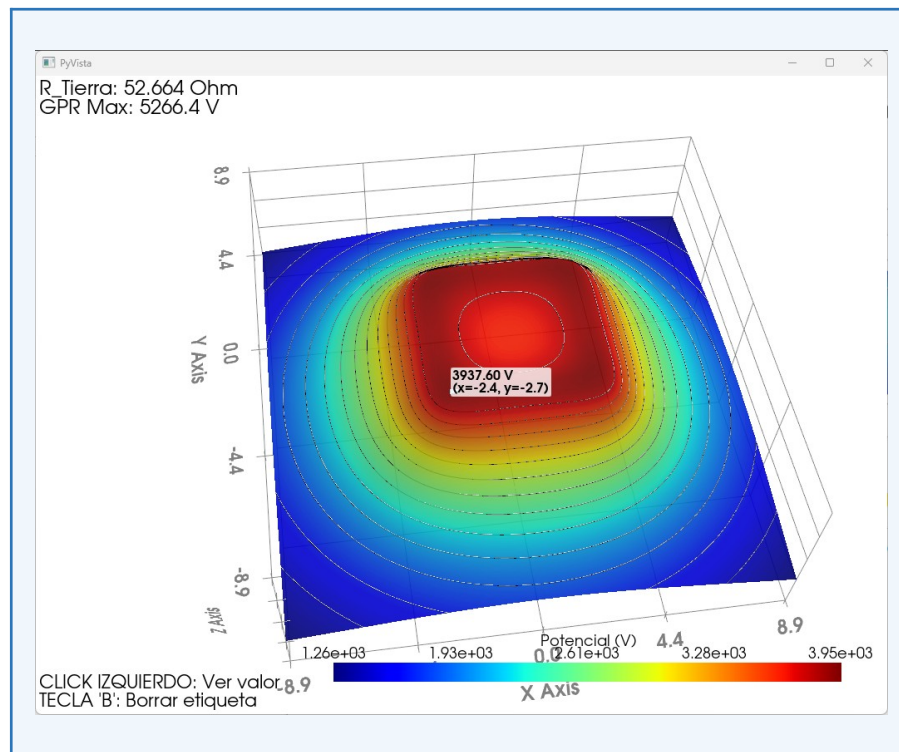
Accede desde Cálculos › Generar Gráfica. Es imprescindible haber calculado previamente las tensiones y la resistencia de puesta a tierra.

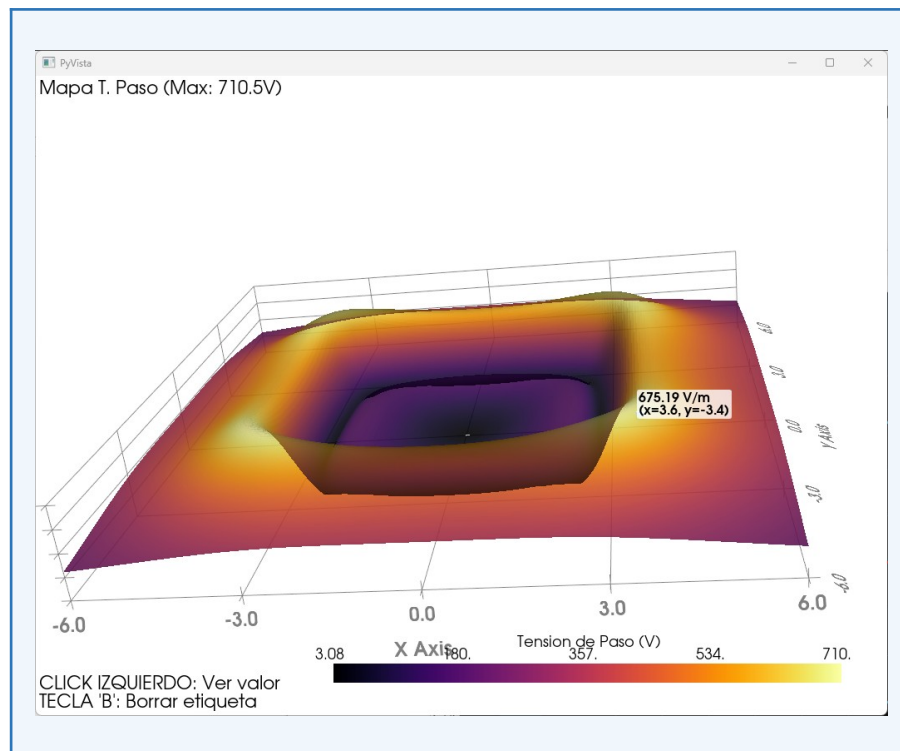
 **Nota:** La generación de gráficas puede tardar unos segundos. Es normal que el visualizador tarde en abrirse.



Para conocer el valor de tensión en un punto exacto, haz clic izquierdo sobre ese punto en la gráfica.







0.11. Exportación de Planos

Accede desde Cálculos › Generar Planos. Aparecerá un popup para rellenar los datos del plano y seleccionar el tipo.



The image shows a software window titled "Configuración de Plano". It has a dark blue background with white text and input fields. The window is divided into two main sections. The first section, "1. Datos del Cajetín:", contains three labels and corresponding input fields: "Título del Proyecto:" with the value "Hola_BMGS", "Nombre del Dibujante:" with the value "Pablo Barranco Jiménez", and "Número de Plano:" with the value "01". The second section, "2. Tipo de Plantilla:", features a dropdown menu currently displaying "Plano de planta Electrodo". At the bottom of the window is a large, dark button labeled "GENERAR PLANO".

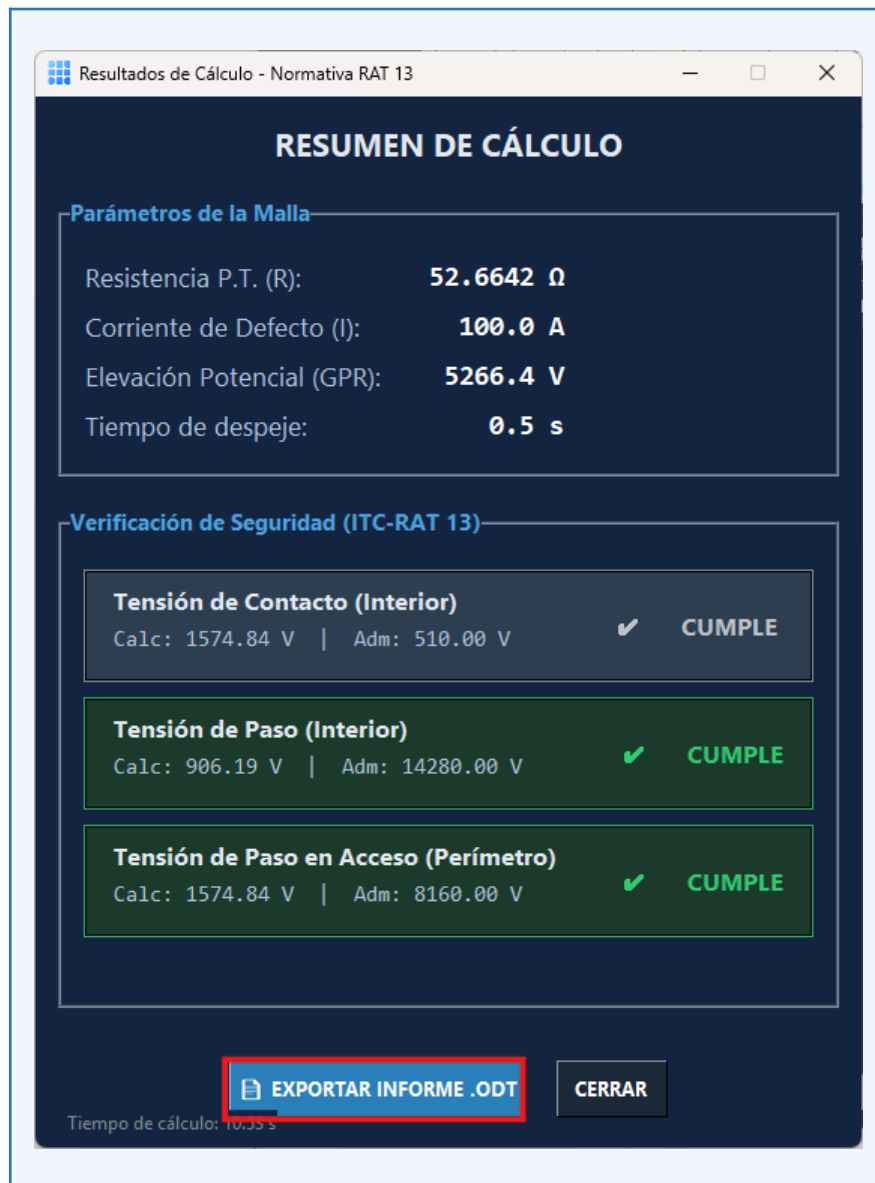
Las plantillas se adaptan dinámicamente para incluir las medidas correctoras que se hayan aplicado. Todos los planos a escala siguen la norma UNE-EN ISO 5455.

Variantes de plano según medidas aplicadas

- Sin medidas correctoras: plano base del electrodo y terreno.
- Con medidas correctoras (grava + mallazo): plano completo con todas las medidas.
- Con capa de alta resistividad: el plano de capas del terreno incluye dicha capa dibujada.

0.12. Exportación del Informe del Electrodo

Para exportar el informe, ve primero a la ventana de Resultados (tras calcular la resistencia de puesta a tierra) y pulsa el botón de exportación.



Se abrirá un diálogo para elegir la ubicación y el nombre del archivo de informe.