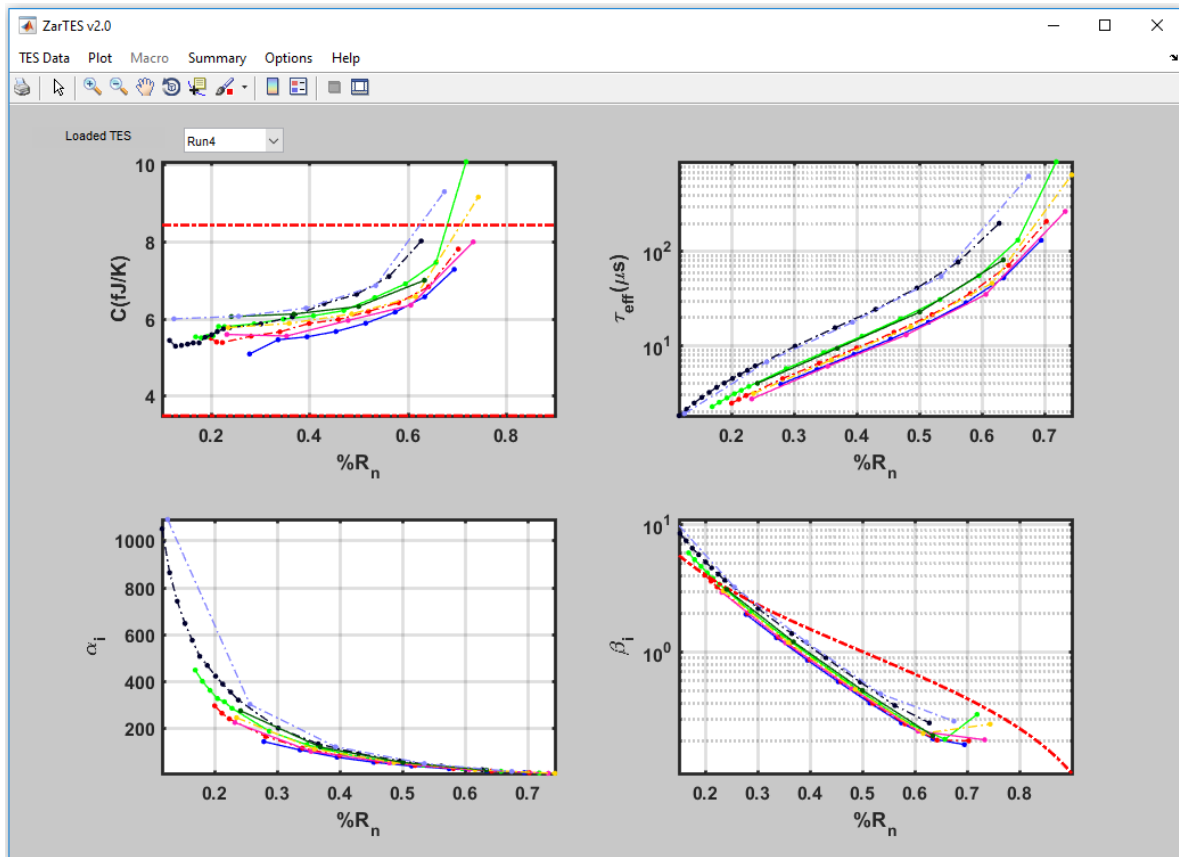


TES Analyzer - Guía de usuario

31 de mayo de 2020



Índice

1	TES Data	4
1.1	Load TES	4
1.2	TES Analysis	4
1.2.1	Set Data Path	4
1.2.2	Test Device	5
1.2.2.1	TES Dimensions	5
1.2.2.2	TES Parameters	5
1.2.2.3	Circuit Values	5
1.2.3	I-V Curves	5
1.2.3.1	Import I-V Curves	5
1.2.3.2	Check I-V Curves	6
1.2.3.3	Fit P vs. T	6
1.2.3.4	TES Thermal Parameters vs. %Rn	7
1.2.3.5	TES Thermal Parameter Values	7
1.2.3.6	Get G(T)	7
1.2.4	TF Superconductor	7
1.2.4.1	Load TF in Superconductor State (TFS)	8
1.2.4.2	Check TFS	8
1.2.4.3	Load Noise in Superconductor State (TFS)	8
1.2.4.4	Check Superconductor State Noise	8
1.2.5	TF Normal	8
1.2.5.1	Load TF in Normal State (TFN)	8
1.2.5.2	Check TFN	8
1.2.5.3	Load Noise in Normal State	8
1.2.5.4	Check Normal State Noise	9
1.2.6	Z(w)-Noise Analysis	9
1.2.6.1	Z(w) Derived L	9
1.2.6.2	Fit Z(w)-Noise to ElectroThermal Model	9
1.2.7	Critical Currents	9
1.2.7.1	Import Critical Currents	9
1.2.8	Field Scan	10
1.2.8.1	Import Field Scan	10
1.3	Re-Analyze Loaded TES	10
1.4	Save TES Data	10
2	Plot	11
2.1	Plot RTs Set	11
2.2	Plot RT 4 Points	11
2.3	Plot NKGT set	11
2.4	Plot ABCT set	11
2.5	Plot TF vs Tbath	11

2.6	Plot Noise vs Tbath	11
2.7	Plot TES Data	12
2.8	Plot Critical Currents	12
2.9	Plot Field Scan	12
3	Macro	12
4	Summary	12
4.1	Z(w)-Noise Viewer	12
4.2	Word Graphical Report	12
5	Options	13
6	Help	13

Menús

En esta sección se van a explicar los menús que contiene el interfaz gráfico que permite analizar los datos experimentales de la caracterización de los TES.

Los menús que encontramos al abrir la aplicación son:

- TES Data
- Plot
- Macro
- Options
- Summary
- Help

A continuación se desglosan cada uno de estos menús con los respectivos submenús con una breve descripción de los mismos.

1. TES Data

En este menú se encuentran las opciones de: Cargar los datos de análisis previos, realizar un nuevo análisis y salvar los datos corrientes de los análisis en curso.

1.1. Load TES

Se procederá a cargar un archivo “*.mat” que contiene una estructura con todos los datos propios de un análisis de los datos experimentales de la caracterización de un TES: curvas IV, $Z(w)$ y ruidos.

1.2. TES Analysis

Desde este menú se accede a los submenús que permiten realizar un análisis nuevo o re-analizar un TES que ya se haya cargado previamente.

En caso de un análisis nuevo, los submenús se habilitarán progresivamente para que se desarrolle un correcto análisis. Los pasos a seguir son los siguientes:

1.2.1. Set Data Path

Selección de la carpeta que contiene los archivos y carpetas de una toma de datos. Se busca una carpeta del tipo RUN00X, siendo X el número de RUN. Para poder analizar una serie de datos de enfriadas anteriores a la nueva disposición de carpetas, se busca que esta carpeta o path sea una nombrada como $Z(w)$ -Ruido.

Una vez seleccionada la carpeta, el programa solicita que se seleccione un archivo llamado circuit.mat o sessions.mat, en el que se encuentran los valores de ciertos parámetros relacionados con la toma de los datos.

1.2.2. Test Device

En este menú el usuario encontrará dos submenús relacionados con: los valores del circuito en el que se encuentra el TES y las dimensiones físicas del TES.

1.2.2.1 TES Dimensions

Dimensiones físicas del TES, length y width y los espesores de las bicapas de molibdeno y oro. A continuación se preguntará si el TES presenta absorbente y en caso afirmativo, se procederá a proporcionar las dimensiones físicas del absorbente. La existencia de un absorbente en el TES se traduce en que además se realizará una estimación considerando fijo los valores del parámetro C (nomenclatura C_{fixed}) y los parámetros derivados de éste se denominarán con el subíndice fixed, como α_{fixed} .

1.2.2.2 TES Parameters

En este menú, el usuario tiene acceso a parámetros del TES como las resistencias normal y parásita para cada rama (bias positivo y negativo), los valores de mN y mS (pendientes de las curvas I-V en estado normal y superconductor respectivamente) y al valor de la Temperatura Crítica (T_c) estimada a partir de la reconstrucción de las RTs. Esta temperatura se calcula al 50% del valor de R_n en las curvas I-V y se determina por la que tiene una de mayor T_c , en cada una de las ramas. El parámetro IV_{T_c} hace referencia a la curva I-V en la que se tomó el valor de T_c .

1.2.2.3 Circuit Values

En este submenú, el usuario verificará los valores de los parámetros asociados con la polarización del SQUID, el valor de la resistencia de feedback R_f . Es importante verificar que estos valores corresponden con la toma de datos. Para verificarlo es conveniente cargar el archivo session/circuit que contendrá la variable circuit (Cargar en Matlab).

1.2.3. I-V Curves

1.2.3.1 Import I-V Curves

El usuario decidirá que rango de temperaturas va a considerar a la hora de cargar curvas I-V. Después, seleccionará la carpeta que contiene los archivos relacionados con las curvas I-V nombrados como \$Temp\$_mK_ R_f \$ R_f \$K_(down|up)_(p|n)_matlab.txt. Una vez cargadas las curvas I-V con rango de I_{bias} positivo, el software procederá con las de I_{bias} negativas. Se ha incluido la corrección de las curvas I-V para evitar asimetrías entre positivas y negativas. Este módulo ofrece la posibilidad de corregir las curvas I-V para que a corriente 0 tengan un voltaje 0 eliminando posibles offsets. Existen 2 métodos de corrección: a) Forzed zero-zero y b) Respect to Normal Curve. a) Forzed zero-zero: el algoritmo lo que hace es restar a todos los binomios de la curva el valor que corresponde en voltaje a corriente nula, de forma individualizada. b) Respect to Normal Curve: en este algoritmo es muy importante que el rango de temperaturas supere la temperatura crítica esperada del TES, ya que la curva I-V de

la temperatura superior se tomará como referencia para alinear todas las demás con respecto al valor de corriente de $500 \mu\text{A}$. De las curvas de I-V se obtiene una estimación de la pendiente en estado normal (con los puntos de mayor corriente) y en estado superconductor (con los puntos cercanos a corriente nula). El punto de cruce de la proyección de dos rectas con ambas pendientes determinará el punto a corregir para que se sitúe en el origen de coordenadas.

Una vez finalizada la corrección de las curvas de forma automática se procede a verificar las curvas I-V de forma visual, Check I-V Curves.

1.2.3.2 Check I-V Curves

Las curvas I-V son representadas como V_{out} - I_{bias} , P_{Tes} - V_{Tes} , I_{Tes} - V_{Tes} , y P_{Tes} - $\%R_n$. Las primeras curvas I-V que son representadas son las que pertenecen a I_{bias} positivo. Una ventana emergente avisará de que antes de cerrarla, el usuario tiene la opción de eliminar del análisis aquellas curvas I-V que crea que no cumplen los requisitos. Una vez filtradas las curvas I-V de I_{bias} positivas, el usuario debe cerrar la ventana emergente para continuar con las curvas I-V de I_{bias} negativas repitiendo el mismo proceso. Como reseña, no hay ningún criterio de eliminación de las curvas I-V, salvo aquellas curvas en las que no se ha podido determinar la pendiente en estado superconductor (que se marcan en gris para no estar presentes en los siguientes análisis).

Opciones de botón derecho del ratón: Pinchando sobre una curva I-V con el botón derecho del ratón, un menú, mostrando el nombre del archivo que produce esa curva, se habilita para que el usuario pueda eliminarla del análisis, restaurarla si previamente se había eliminado y poder eliminar o restaurar todas las curvas I-V.

1.2.3.3 Fit P vs. T

Ajuste a un modelo de P-Tbath a valores porcentuales de R_n . El software está configurado para ajustar al modelo $P(T) = P_0 = K * T c^n$. El software nos proporcionará cuatro posibles métodos para realizar el ajuste: P_{Tes} vs V_{Tes} ; P_{Tes} vs R_{Tes} ; Minimum I-V curve transition; y Rango $\%R_n$.

En el caso de P_{Tes} vs V_{Tes} , se usan estas curvas para obtener los valores de $\%R_n$ para el ajuste en función de un umbral. Análogamente en el caso de P_{Tes} vs R_{Tes} se obtienen los valores de $\%R_n$ pero con estas otras curvas. Ambos métodos están basados en la derivada de las curvas y un umbral para detectar una desviación sobre las derivadas.

En el caso de Minimum I-V curve transition, los valores de $\%R_n$ para el ajuste serán tomados en los puntos de cero pendiente (correspondientes a la transición) de las curvas I-V.

En el caso de Rango $\%R_n$, el software nos proporcionará el mayor rango de $\%R_n$ basado en las curvas de P_{Tes} - $\%R_n$. Una gráfica se mostrará con los valores de P-Tbath y el ajuste.

Opciones de botón derecho del ratón: Pinchando sobre los valores de P-Tbath, un menú mostrará el porcentaje de R_n al que corresponde ese punto y los archivos que han sido utilizados para realizar el ajuste. Pinchando sobre la curva de ajuste se mostrará el conjunto de parámetros que conforman el ajuste.

1.2.3.4 TES Thermal Parameters vs. %Rn

Sólo en el caso de dar un Rango %Rn los parámetros térmicos del TES serán representados en función de los valores de %Rn. El usuario decidirá el punto de operación del TES fijando el valor de porcentaje de Rn de forma manual. En caso de fijar un porcentaje de Rn que no tenga representación, los valores térmicos del TES se calcularán al valor máximo de %Rn. Para los otros casos, los valores térmicos serán mostrados en una tabla, primero para el rango de Ibias positivo y después para los de Ibias negativos.

Opciones de botón derecho del ratón: Pinchando el fondo de una de las gráficas se habilita un menú con las opciones de: Show (Positive/Negative/All); Activate/Deactivate error bars; Hide/Show Negative Ibias Data, Export Graphic Data (produce un archivo txt con el contenido de esa gráfica); Save Graph; Link all x axes (Opción que hace que todas las gráficas estén afectadas a la vez por el zoom en el eje x)

1.2.3.5 TES Thermal Parameter Values

Los parámetros térmicos del TES son representados en una tabla. El intervalo de confianza (CI, confidence interval) al 95 % está calculado en base a la desviación estándar del ajuste de los datos.

Nota: En cada análisis, existen tres valores de temperatura que debemos diferenciar.

- T_{fit} . Por un lado está la temperatura del ajuste de los datos y que varía con el porcentaje de Rn, se le denomina T_{fit} y cuando se toma un valor representativo de Rn, ésta se propaga en los cálculos de las funciones de transferencia para obtener los valores de alpha, beta, etc.
- T_c . Es la temperatura crítica del TES. Esta temperatura se calcula mediante la reconstrucción de las curvas RT de las curvas I-V experimentales. Su valor se toma al 50 % de la transición.
- T_c a 4 puntos. Esta es la temperatura crítica del TES calculada a partir de medidas experimentales midiendo la resistencia en función de la temperatura.

1.2.3.6 Get G(T)

De acuerdo con el modelo fijado del ajuste de P-Tbath, el usuario tiene la opción de conocer el valor de G a cualquier temperatura.

1.2.4. TF Superconductor

Por razones de los pasos que se dan en el análisis, es necesario cargar una función de transferencia del TES en estado superconductor. Esta función de transferencia presentará un recorrido típico de una U invertida en la representación del plano complejo. Se suele tomar una función de transferencia adquirida a bajo Ibias pero sin llegar a 0.

1.2.4.1 Load TF in Superconductor State (TFS)

El usuario deberá de seleccionar una función de transferencia que pertenezca al TES en estado superconductor. Para ello, se aconseja que en el archivo figure una corriente muy baja para asegurar el estado superconductor. El software realizará una representación de esta función de transferencia y preguntará al usuario si ésta es válida como TF en estado superconductor.

1.2.4.2 Check TFS

El software realizará una representación de esta función de transferencia y preguntará al usuario si ésta es válida como TF en estado superconductor.

1.2.4.3 Load Noise in Superconductor State (TFS)

El usuario deberá de seleccionar un archivo de ruido que pertenezca al TES en estado superconductor. Para ello, se aconseja que en el archivo figure una corriente muy baja para asegurar el estado superconductor. El software mostrará una estimación del modelo de Ruido.

1.2.4.4 Check Superconductor State Noise

El software realizará una representación de Ruido y mostrará una estimación del modelo de Ruido.

1.2.5. TF Normal

La función de transferencia en estado normal se utilizará para calcular el valor de L a partir de ésta y la función de transferencia en estado superconductor.

1.2.5.1 Load TF in Normal State (TFN)

El usuario deberá de seleccionar una función de transferencia que pertenezca al TES en estado normal. Para ello, se aconseja que en el archivo figure una corriente muy alta, o a una temperatura superior a la temperatura crítica, para asegurar el estado normal. El software realizará una representación de esta función de transferencia y preguntará al usuario si ésta es válida como TF en estado normal.

1.2.5.2 Check TFN

El software realizará una representación de esta función de transferencia y preguntará al usuario si ésta es válida como TF en estado normal.

1.2.5.3 Load Noise in Normal State

El usuario deberá de seleccionar un archivo de ruido que pertenezca al TES en estado normal. Para ello, se aconseja que en el archivo figure una corriente muy alta para asegurar el estado superconductor. El software mostrará una estimación del modelo de Ruido.

1.2.5.4 Check Normal State Noise

El software realizará una representación de Ruido y mostrará una estimación del modelo de Ruido.

Nota importante: Por convenio, los archivos asociados con TF y Ruido en estado normal y superconductor llevarán en su nombre `_IbXXuA_YYmK_BZZuA` para saber a qué corriente de Bias, temperatura de baño y corriente en la bobina se han tomado.

1.2.6. Z(w)-Noise Analysis

1.2.6.1 Z(w) Derived L

El valor de la autoinducción del circuito se puede estimar a partir de las funciones de transferencia en estado normal y superconductor. El valor de L se utiliza en el análisis posterior para el cálculo de α , C, τ_{eff} , β .

1.2.6.2 Fit Z(w)-Noise to ElectroThermal Model

Llegados a este punto, los datos registrados de funciones de transferencia y ruido van a ser ajustados a un modelo electro-térmico y de ruido. En la versión actual el modelo electro-térmico es de un bloque y el modelo de ruido es el modelo de Irwin. Los valores de G y T no son fijos, sino que dependen del valor de Rn (diferencia con respecto a versiones anteriores donde G y T eran fijos para todos los casos).

Antes de comenzar a cargar los archivos que vamos a utilizar, el usuario podrá seleccionar entre adquiridos por el DSA (Digital Signal Analyzer, HP); la tarjeta de adquisición de datos, PXI o por el anterior seleccionado (si ya lo había hecho con anterioridad). A continuación, el software preguntará si queremos representar las funciones de transferencia durante el proceso de carga y ajuste. El usuario podrá ajustar el rango de frecuencias a las que se realizará el ajuste. El proceso se repetirá para el caso de Ibias negativo. Al finalizar la carga y el ajuste, el programa ofrece la posibilidad de eliminar algunas de estas funciones de transferencia para el posterior análisis. La evolución de los parámetros térmicos del modelo serán representados junto con sus barras de error.

Los ajustes al modelo electro-térmico que produzcan valores de α_i o C negativos serán marcados como datos filtrados y no se representarán. De la misma forma si el modelo produce valores porcentuales de Rn fuera del rango [0-1] serán descartados.

1.2.7. Critical Currents

En este menú se lleva a cabo la importación de los archivos que permitirán visualizar las corrientes críticas en función del campo magnético aplicado a distintas temperaturas.

1.2.7.1 Import Critical Currents

El software pedirá al usuario que indique en qué carpeta debe de buscar para la importación de los archivos que permitirán visualizar las corrientes críticas en función del campo magnéti-

co aplicado a distintas temperaturas. Los archivos de corrientes críticas serán almacenados durante el proceso de adquisición en una carpeta nombrada como Barrido_Campo.

1.2.8. Field Scan

En este menú se lleva a cabo la importación de los archivos que permitirán visualizar el voltaje máximo en función del campo magnético en un punto de operación específico del TES a distintas temperaturas.

1.2.8.1 Import Field Scan

El software pedirá al usuario que indique en qué carpeta debe de buscar para la importación de los archivos que permitirán visualizar el voltaje máximo en función del campo magnético en un punto de operación específico del TES a distintas temperaturas. Los archivos de escaneo del campo serán almacenados durante el proceso de adquisición en una carpeta nombrada como Barrido_Campo.

Opciones generales de botón derecho del ratón: Un menú para guardar la figura corriente se habilita pinchando sobre el exterior de las figuras (fondo gris). Al aceptar, se genera una nueva figura replicando la actual y un cuadro de diálogo (opcional) para guardar la figura en formato *jpg*. Además, la nueva figura podrá ser guardada en el formato que el usuario desee usando los propios menús de File → Save As.

En caso de haber cargado un análisis previo, permitirá comprobar los ajustes o re-analizarlo con nuevos parámetros.

1.3. Re-Analyze Loaded TES

Este módulo permite el re-análisis de un TES que ya ha sido analizado anteriormente. El usuario tendrá que cambiar los parámetros que considere y se procede de forma automática a realizar cada paso. (Pendiente el que se puedan analizar un conjunto de TES).

1.4. Save TES Data

Todos los TES cargados pueden volver a guardarse. Si se ha realizado un re-análisis conviene guardarlo con un nombre distinto del original para poder realizar comparaciones entre ambos (ver Menú “Macro”).

Estos análisis serán guardados en un archivo “*.mat”.

2. Plot

Este menú se habilita cuando los TES cargados están ya analizados.

2.1. Plot RTs Set

Representación de las gráficas R versus T derivadas de las curvas I-V cargadas. De esta representación se obtiene un valor de la temperatura crítica del TES estimada al 50 % de la transición.

2.2. Plot RT 4 Points

Este submenú estará habilitado siempre y cuando los datos del TES estén incluidos en la base de datos ZarTESDB. Con esto en mente, se representan los datos de R versus T obtenidos mediante la técnica de 4 puntos.

2.3. Plot NKG T set

Permite la visualización de las gráficas de las que se determinan los parámetros térmicos del TES.

Opciones de botón derecho del ratón: Pinchando el fondo de una de las gráficas se habilita un menú con las opciones de: Show (Positive/Negative/All); Activate/Deactivate error bars; Hide/Show Negative Ibias Data, Export Graphic Data (produce un archivo txt con el contenido de esa gráfica); Save Graph; Link all x axes (Opción que hace que todas las gráficas estén afectadas a la vez por el zoom en el eje x; Change X axes limits, permite variar los límites del eje x; Change Y axes limits, permite variar los límites del eje y).

2.4. Plot ABCT set

Representación de los parámetros C , τ_{eff} , α_i , y β_i con respecto a R_n .

Opciones de botón derecho del ratón: Pinchando sobre un punto de la gráfica, se mostrará su origen, es decir a qué punto corresponde de Ibias, y opciones entre las que se encuentra el filtrado de ese punto. Además, si pinchamos sobre el fondo del gráfico (no sobre puntos), se muestra otro submenú para poder visualizar las barras de error de los parámetros análogo al de “Plot NKG T set”.

2.5. Plot TF vs Tbath

Produce una serie de gráficas visualizando las $Z(w)$ en función de la $R_n(\%)$. Una vez que se muestran las gráficas de TF vs Tbath, el software ofrece la posibilidad de graficar la parte real y la parte imaginaria de $Z(w)$ vs frecuencia para el rango de $\%R_n$ seleccionado.

2.6. Plot Noise vs Tbath

De forma análoga a “Plot Noise vs Tbath” visualizará los diferentes ruidos adquiridos en función de $R_n(\%)$.

2.7. Plot TES Data

El usuario podrá seleccionar la representación de cualquier parámetro con respecto a T_{bath} , respecto a $R_n(\%)$ o respecto a cualquier otro parámetros a elección.

Opciones de botón derecho del ratón: Pinchando sobre un punto de la gráfica cuando se representa un parámetro vs $\%R_n$, se mostrará su origen, es decir a qué punto corresponde de I_{bias} , y opciones entre las que se encuentra el filtrado de ese punto. Pinchando el fondo de una de las gráficas se habilita un menú con las opciones de: Show (Positive/Negative/All); Activate/Deactivate error bars; Hide/Show Negative I_{bias} Data, Export Graphic Data (produce un archivo txt con el contenido de esa gráfica); Save Graph; Link all x axes (Opción que hace que todas las gráficas estén afectadas a la vez por el zoom en el eje x; Change X axes limits, permite variar los límites del eje x; Change Y axes limits, permite variar los límites del eje y).

2.8. Plot Critical Currents

Representación de las corrientes críticas en función del campo magnético aplicado a distintas temperaturas.

2.9. Plot Field Scan

Representación del voltaje máximo en función del campo magnético aplicado a distintas temperaturas.

3. Macro

Este menú se habilita cuando hay al menos 2 análisis cargados o en curso. Permite la comparación entre análisis de varios TES a la vez. Las gráficas producidas en el menú "Macro" heredan las opciones de botón derecho del ratón de las gráficas del menú "Plot".

4. Summary

En este menú se accede a dos submenús.

4.1. Z(w)-Noise Viewer

Es un interfaz para la visualización del análisis de $Z(w)$ -Ruido. El usuario puede hacer uso de las flechas del teclado para avanzar o retroceder en la visualización de las diversas $Z(w)$ y Ruidos. Además cuenta con opciones extras al hacer click sobre las gráficas con el botón derecho del ratón en ambas gráficas.

4.2. Word Graphical Report

Es un asistente para la generación de un archivo Word en el que se incluyen un resumen del análisis corriente y otros datos del TES que se está analizando. En esta versión del Analyzer, la base de datos tiene un papel importante aportando los datos de dimensiones y espesores tanto

de la bicapa como de la membrana y absorbente. Además, los datos del circuito, parámetros térmicos, curvas I-V, gráficas $Z(w)$, funciones de transferencia en estado normal y superconductor, ruidos en estado normal y superconductor, ruidos en función del porcentaje de R_n , las gráficas RT y las RT medidas por 4 puntas (si están en la base de datos), la reconstrucción de las $Z(w)$ a partir de las I-V adquiridas, la gráfica de la búsqueda del campo óptimo, resultados de la resolución de base (BaselineRes), la estimación del M phonon y el M Johnson.

5. Options

Desde este menú se accede a las opciones de visualización de ciertos parámetros relacionados con el modelo de ajuste P vs T ; el modelo electro-termico de ajuste; y las opciones para realizar el informe del análisis realizado.

En la versión corriente, la adquisición de los datos se lleva a cabo mediante dos aparatos de medida: un Digital Signal Analyzer (HP), y una tarjeta de adquisición de datos (PXI). No se garantiza que siempre se disponga de datos adquiridos con ambos instrumentos, sin embargo el interfaz nos permitirá poder decidir cuales de ellos queremos utilizar para el análisis. En versiones más avanzadas se espera poder prescindir del HP.

6. Help

Finalmente, en este menú se accede a esta guía de usuario y a los patrocinadores que han hecho posible el desarrollo de este interfaz gráfico.