



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

FISICA

Electricidad y Magnetismo

Circuitos
eléctricos en
corriente
continua.
Circuito RL



Ing. Sergio RIBOTTA
Ing. Marcela Inés PESETTI
Ing. Eduardo GIL

Circuitos eléctricos en corriente continua (CC) Circuito RL.

4.1. Circuito RL

4.1.1. Introducción

4.2. Trabajo práctico de laboratorio

4.2.1. Objetivos

4.2.2. Parte I: Setup de la computadora

4.2.3. Parte II: Calibración del Sensor y Setup del Equipo

4.2.4. Parte III: Grabación de datos

4.2.5. Análisis de datos

Circuitos eléctricos en CC – Circuito RL

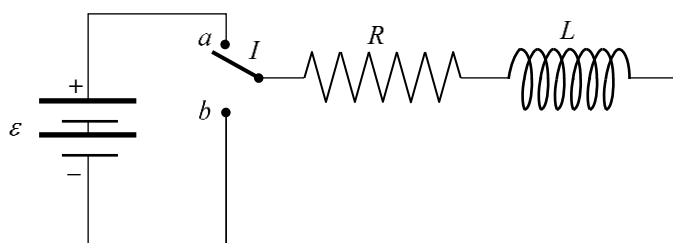
4.1. Circuito RL

4.1.1. Introducción

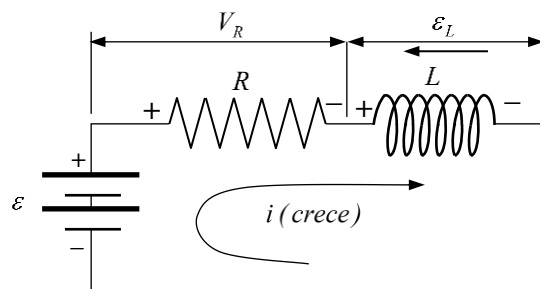
Cuando una fuente de voltaje constante (DC) se conecta a un inductor y a una resistencia en serie y se estabilice, se establecerá una corriente

$$i_{\text{máx}} = \frac{\varepsilon}{R} \quad (4-1)$$

donde ε es el voltaje aplicado y R es la resistencia total del circuito.



(a)



(b)

Figura 1
Circuito RL. (a) Cuando el interruptor se posiciona en a, se conecta en serie la fuente de voltaje DC a la resistencia y al inductor. (b) Inicialmente antes de la conexión la corriente en el circuito es nula, cuando se conecta la corriente aumenta, en respuesta a este aumento en la corriente, el inductor responde produciendo un fuerza contraelectromotriz ε_L oponiéndose a ese aumento.

Pero toma un tiempo para establecerse en este estado-estable la corriente, porque el inductor crea una fuerza contraelectromotriz en repuesta al aumento en corriente. La corriente crece exponencialmente

$$i = \frac{\varepsilon}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}}) = \frac{\varepsilon}{R} (1 - e^{-\frac{t}{L/R}}) \quad (4-2)$$

en donde L es la inductancia y la cantidad $\tau_L = L/R$ es la constante de tiempo inductiva. La constante de tiempo inductiva es una medida de cuanto tiempo le toma a la corriente en estabilizarse.

Una constante de tiempo inductiva es el tiempo que le toma a la corriente en llegar al 63% del máximo valor (o le resta un 37% para este máximo).

El tiempo para que la corriente aumente a este máximo esta relacionado con la constante de tiempo inductiva por

$$t_{1/2} = \tau_L \ln 2$$

de donde

$$\tau_L = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \quad (4-3)$$

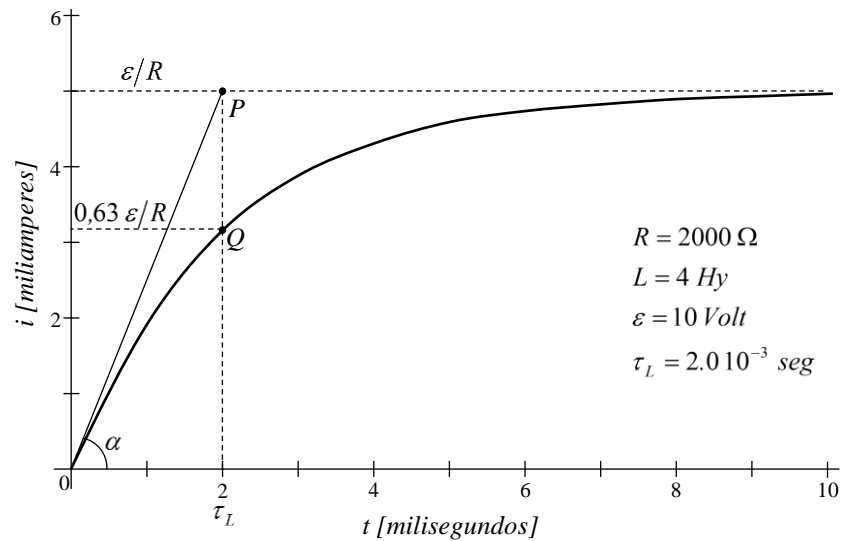


Figura 2

Circuito RL. Cuando el interruptor se posiciona en a, se produce la circulación de corriente en el circuito, creciendo ésta última exponencialmente.

El voltaje en los extremos del resistor está dado por la expresión $V_R = i R$, por lo que este voltaje en el resistor se estabiliza exponencialmente

$$V_R = \varepsilon (1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}}) \quad (4-4)$$

El voltaje en los extremos del inductor está dado por la expresión $V_L = L di/dt$, por lo que el voltaje en el inductor comienza en un máximo y luego decrece exponencialmente

$$V_L = \varepsilon e^{-\frac{t}{\tau_L}} \quad (4-5)$$

Después de un tiempo $t \gg \tau_L$, se establece un estado-estable de la corriente $i_{m\acute{a}x}$ y el voltaje en el resistor es igual al voltaje aplicado, ε . El voltaje en el inductor es cero. Si, después de que corriente se ha estabilizado, la fuente de potencial se apaga, la corriente decrece exponencialmente a cero, mientras el voltaje en el resistor hace lo mismo y el en inductor se produce una fuerza contraelectromotriz la cual decrece exponencialmente a cero.

En resumen:

| Voltaje DC aplicado | Voltaje DC apagado |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| $i = \frac{\varepsilon}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}})$ | $i = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{\tau_L}}$ |
| $V_R = \varepsilon (1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}})$ | $V_R = \varepsilon e^{-\frac{t}{\tau_L}}$ |
| $V_L = \varepsilon e^{-\frac{t}{\tau_L}}$ | $V_L = \varepsilon (1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}})$ |

Para cualquier tiempo, se puede aplicar la 2^{da} ley de Kirchhoff (de las mallas), la cual enuncia que la suma algebraica de todos los voltajes a lo largo un circuito serie es cero. En otras palabras, el voltaje en el resistor sumado al voltaje en el inductor no dará en todo momento el voltaje de la fuente aplicada.

4.2. Trabajo práctico de laboratorio

4.2.1. Objetivos

Los objetivos de este trabajo práctico de laboratorio son los siguientes:

- 1) Comprobar que la suma de las caídas de potencial en cada uno de los elementos conectados en serie en un circuito de corriente continua es igual en todo instante a la tensión de la fuente aplicada al circuito.
- 2) Verificar la no proporcionalidad en la intensidad de corriente, inicialmente, cuando se conecta o desconecta la fuente de voltaje al circuito.
- 3) Calcular la constante de tiempo inductiva.
- 4) Predecir y comparar como varían las gráficas para distintos valores de inductores y resistores.
- 5) Predecir y comparar como varían las gráficas en el caso de utilizar núcleos de hierro en el inductor.
- 6) Aprender a armar circuitos eléctricos sencillos.
- 7) Conocer y utilizar instrumentos de medición. Amperímetros y voltímetros. Selección de escalas adecuadas.
- 8) Aprender a realizar mediciones de corriente y diferencia de potencial en circuitos eléctricos sencillos.
- 9) Conocer y familiarizarse con los elementos constituyentes básicos de un circuito eléctrico, baterías, fuentes de alimentación, resistores, conductores, inductores, e interruptores, etc.
- 10) Aprender a utilizar software y hardware de última generación en la adquisición y procesamiento de datos.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

1. Seguir todas las instrucciones para el uso del equipo en este experimento.
2. Verificar correctamente las conexiones.
3. Evitar tener contacto con las partes no aisladas del circuito eléctrico.
4. Ante cualquier duda consultar al profesor responsable del laboratorio.

Para que Usted haga

Use la salida *Output* de la interface del *ScienceWorkshop* para proporcionar el voltaje al circuito formado por un resistor y un inductor (la interface produce una onda cuadrada positiva de baja frecuencia que imita a una fuente de voltaje DC a la cual se la conecta y luego se la desconecta). Use el sensor de voltaje para medir el voltaje en los extremos del resistor y del inductor cuando están conectados o desconectados de la fuente de voltaje.

Use *ScienceWorkshop* para controlar el voltaje de salida de la interface y para grabar y observar el voltaje en el inductor y en el resistor, como así también como la corriente que se estabiliza exponencialmente en el circuito. Utilice el display gráfico para investigar el comportamiento del voltaje en el circuito RL.

4.2.2. Parte I: Setup de la computadora

1. Conecte la interface de *ScienceWorkshop* a la computadora, encienda la interface, y luego encienda la computadora.
2. Conecte un sensor de voltaje en cual posee un plug DIN en el canal analógico A, y el otro en el canal analógico B.

Conecte dos conductores que tengan en ambos extremos un plug “banana” en el puerto *Output* en la interface.

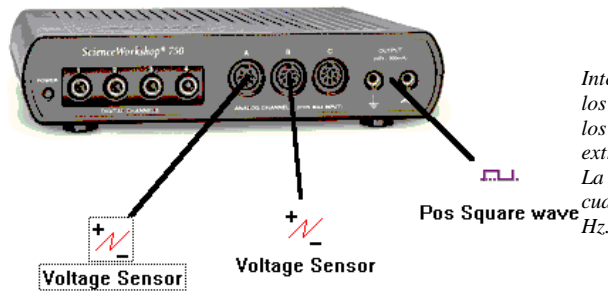


Figura 3
 Interfase Science WorkShop 750 . Se conectarán en los canales analógicos A y B dos sensores de tensión, los cuales medirán la diferencia de potencial en los extremos del inductor y del resistor respectivamente. La salida Output alimentara al circuito con una onda cuadrada positiva de 0-3 Volt y una frecuencia de 50 Hz.

3. Abra el documento titulado como se muestra (Ver al final de la actividad los pasos a seguir para la apertura del programa):

| | |
|---------------------|------------------------------|
| <i>DataStudio</i> | <i>ScienceWorkshop (Win)</i> |
| Circuito en CC - RL | ---- |

- El documento en *DataStudio* tiene un display gráfico que muestra el voltaje en función del tiempo y la ventana *Signal Generator* para controlar la salida *Output* de la interface. El documento también tiene un despliegue del *Workbook*. Lea las instrucciones en el *Workbook*.
- Vea las páginas al final de esta actividad para obtener mayor información sobre como modificar un archivo *ScienceWorkshop*.
- La grabación de datos se pone y se detiene automáticamente a los 0.12 segundos.
- El *Signal Generator* se pone con una salida de 3 volts, una onda cuadrada “solo-positiva” con una frecuencia de 50 Hz. El *Signal Generator* se pone en *Auto* (automático) para que comience y se detenga automáticamente cuando usted empieza y deja de medir datos.

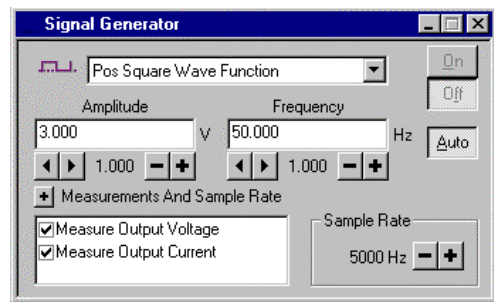


Figura 4
 Display para seleccionar la señal Output en amplitud, frecuencia, tipo de onda, y el intervalo de la muestra

4.2.3. Parte II: Calibración del Sensor y Setup del Equipo

- Usted no necesita calibrar el sensor del voltage
1. Tome la plaqueta *AC/DC Electronic Lab* y ubique los siguientes elementos: un resistor de 10Ω (marrón, negro, negro) y un inductor de 8.2 mH.
 2. A continuación conecte un extremo del resistor con un extremo del capacitor mediante un conductor que tenga en sus extremos plug “banana”.

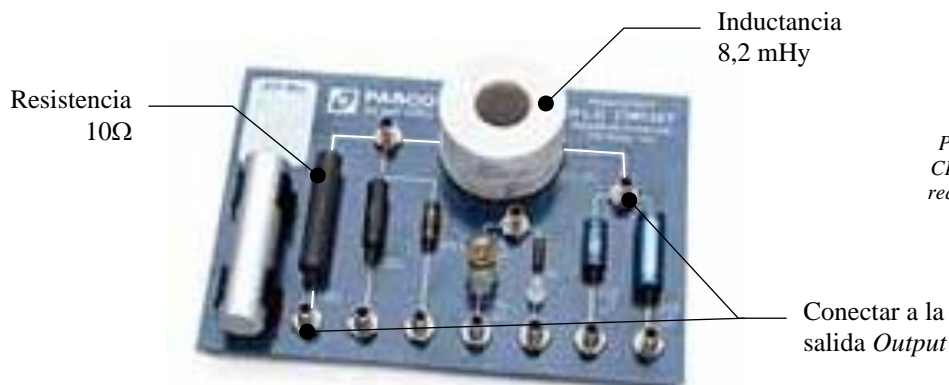


Figura 5
 Plaqueta CI-6512 RLC CIRCUIT, utilizada para realizar la experiencia de circuito RL

3. Luego inserte los conductores provenientes del sensor de voltaje del canal analógico A (los cuales poseen en sus extremos plug “banana”) en los extremos del inductor. Repita el procedimiento con la resistencia. Es decir inserte los conductores provenientes del sensor de voltaje del canal analógico B en los extremos del resistor.
4. De la salida *Output* de la interfase, conecte un plug “banana” en el extremo libre de la resistencia, y el otro plug “banana” en el extremo libre del inductor.

4.2.4. Parte III: Grabación de datos

1. Use un multímetro para medir la resistencia del conductor del inductor ubicado en la plaqueta CI-6512 RLC. Registre el valor al final, en el reporte de laboratorio.
2. Use un multímetro para medir la resistencia del resistor de $10\ \Omega$. Registre el valor al final, en el reporte de laboratorio.
3. De comienzo al almacenamiento de datos (deberá hacer clic en *Start* en *DataStudio*).
 - Observe el display gráfico que aparece, mostrando el voltaje en función del tiempo.
4. La grabación de datos continuará por 0.12 segundos y luego se detendrá automáticamente.
 - El texto Run #1 aparecerá en el listado Data.

4.2.5. Análisis de los datos

- El voltaje en los extremos del resistor está en fase con la corriente. El voltaje es también proporcional a la corriente (ya que, $V = i R$). Por consiguiente, el comportamiento de la corriente es estudiado indirectamente estudiando el comportamiento del voltaje en el resistor (medido en el canal B).
1. Si es necesario cambie la escala del *Display Gráfico*.

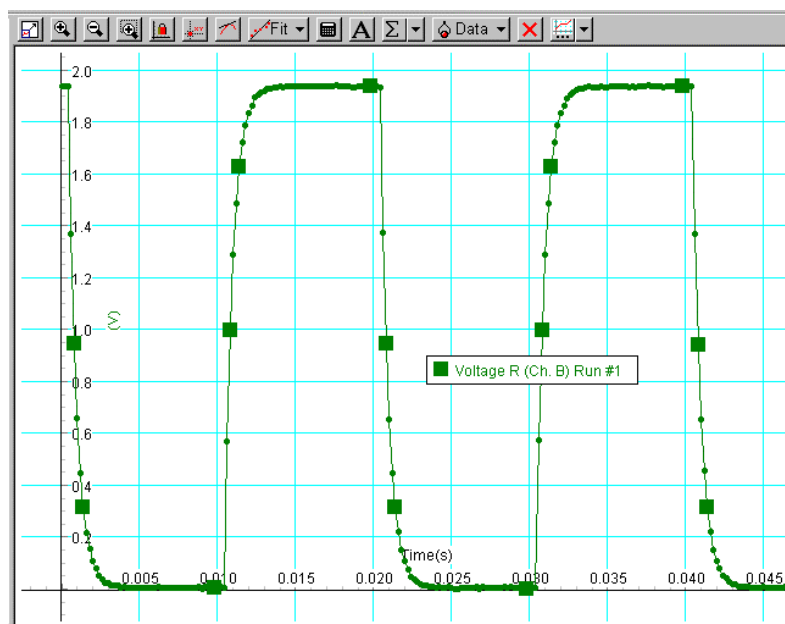


Figura 6
 Display Gráfico (GRAPH) mostrado por el DataStudio, cuando se hace correr el programa (ejecutar RUN). La gráfica representada es la correspondiente a la diferencia de potencial en función del tiempo en los bornes de la resistencia.

2. Expanda la región del *Display Gráfico*. Use la herramienta *Zoom Select* en el *DataStudio* o la herramienta *Magnifier* en *ScienceWorkshop*, y haga clic y dibuje un rectángulo sobre la región de la gráfica del voltaje en función del tiempo, en la cual

- se muestre al voltaje subiendo desde cero al máximo voltaje.
 - **Resultado:** Usted a seleccionada una región la cual se expandirá en el *Display gráfico*.
- Utilice la herramienta built-in analysis en el Display Gráfico para hallar el tiempo correspondiente a la mitad del máximo voltaje.
 - En DataStudio, haga click en Smart Tool. Mueva el cursor al punto sobre la región donde el voltaje comience a descender (por ejemplo). Haga clic y arrastre hasta la esquina del Smart Tool donde el punto del voltaje es aproximadamente la mitad del voltaje máximo. El tiempo para la mitad del máximo voltaje es la coordenada x mostrada. Registre este valor al final, en el reporte de laboratorio.

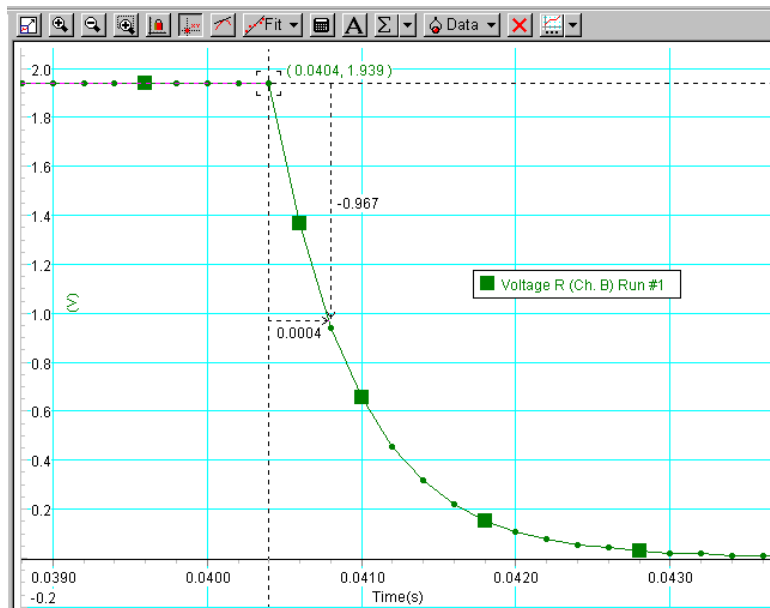


Figura 6
 Display Gráfico mostrado por el DataStudio, cuando se ejecuta la función ZOOM SELECT, nos permite amplificar una región deseada de una gráfica (por ejemplo la de la figura 5). Y luego aplicando la función SMART CURSOR, nos permite leer las coordenadas (x,y) de la gráfica en cualquier punto moviendo el cursor. Esta función también permite obtener la diferencia entre dos puntos de la misma gráfica.

- Calcular la constante de tiempo inductiva basada en la resistencia total del circuito y en el valor de la inductancia del inductor ($L = 8.2 \text{ mHy}$).

La constante de tiempo inductiva $\tau_L = \frac{L}{R}$ para calcular la capacidad (C) del capacitor. Registre este valor al final, en el reporte de laboratorio.

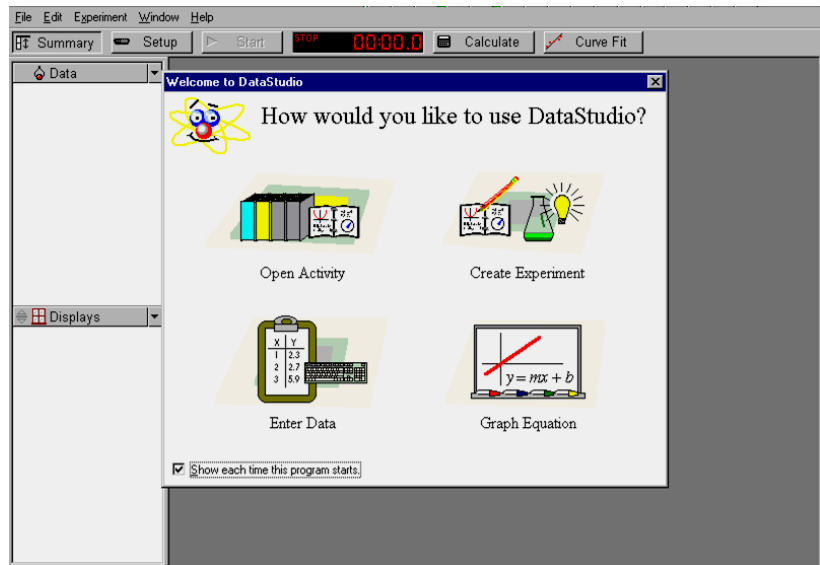
- Pasos a seguir para cargar el programa Circuito en CC – RL**

En el escritorio de Windows haga click en el icono de *DataStudio*, el cual es el acceso directo para ingresar al programa.

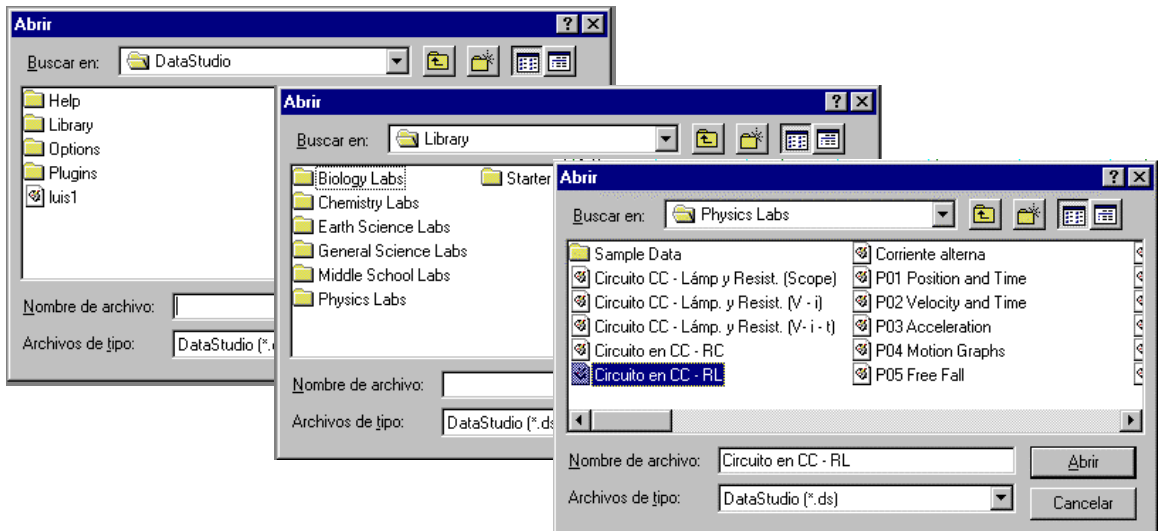


Se abrirá la siguiente pantalla, la cual nos permite crear experiencias o abrir actividades ya realizadas. En nuestro caso haremos un click en *Open Activity*.

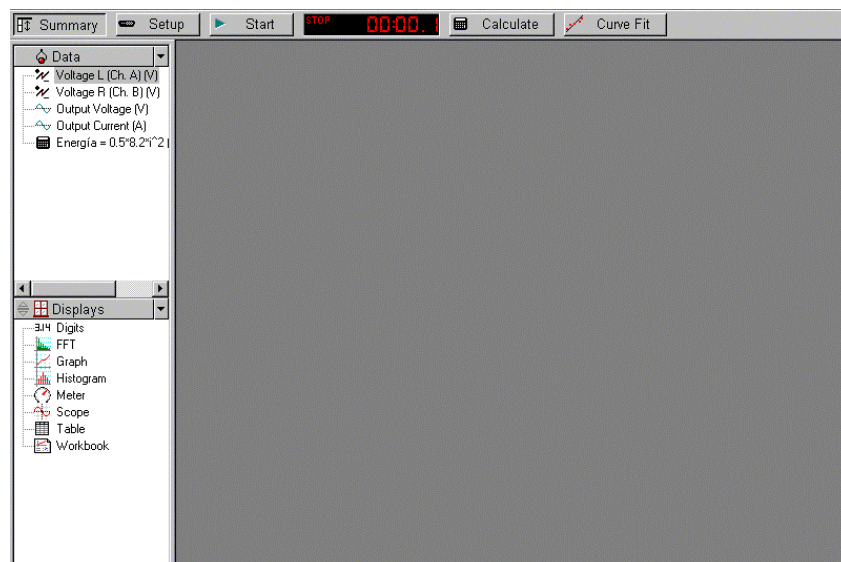
Se abrirá un cuadro de diálogo Abrir en *DataStudio* (1), en el cual seleccionaremos la carpeta *Library*, que es aquella carpeta destinada a guardar todas las actividades realizadas. Esta acción despliega otra carpeta (2) que es la contiene las diversas actividades agrupadas según la característica de la actividad, para nuestro caso seleccionaremos la carpeta *Physics Labs*.



Y por último, en el nuevo cuadro de diálogo (3), seleccionamos la actividad deseada que es *Circuito en CC - RC*.

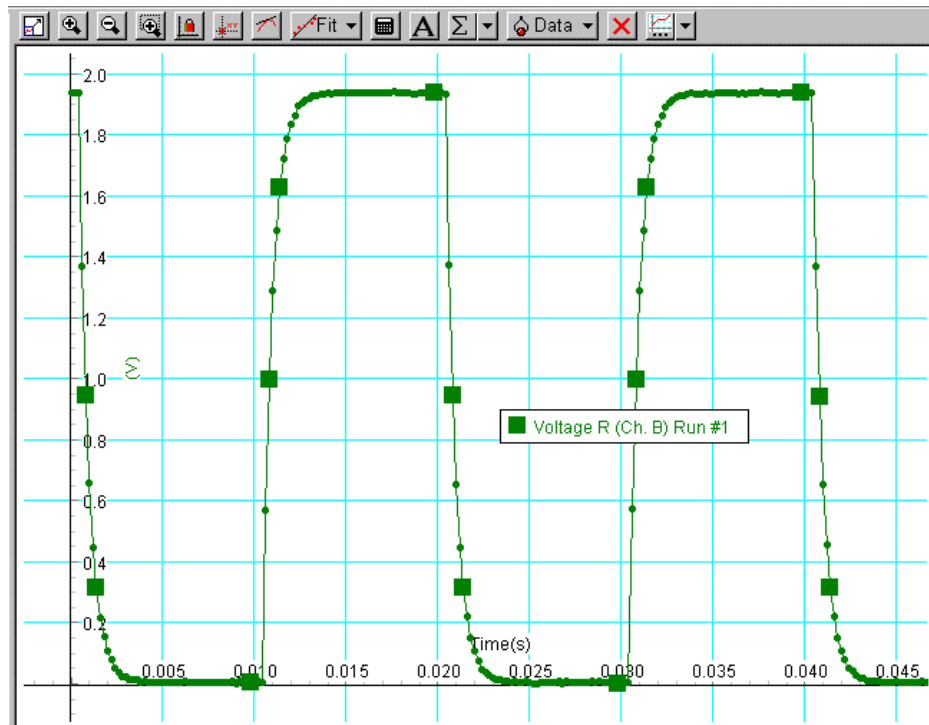


De esta manera accedemos, a la actividad preparada para realizar la experiencia en con circuitos de corriente continua RL.



En esta pantalla, en el cuadro blanco superior izquierdo, se todas detallan las actividades que se analizaran cuando se haga correr el programa, las gráficas que se pueden obtener en función del tiempo son:

- Voltaje en el inductor (V)
- Voltaje en el resistor (V)
- Tensión de salida o alimentación - Output (V)
- Corriente del circuito – Output (A)
- Energía almacenada en el inductor (Joule x 10^{-3})



Para iniciar la actividad, deberemos hacer click en el botón ▶ *Start*, el cual dará comienzo a la experiencia y finalizará automáticamente en un tiempo prefijado de 1.2 segundos. Para ver cualquiera o todas de las gráficas en función del tiempo, deberemos hacer click en *Graph* (cuadro blanco inferior izquierdo), el cual permitirá la visualización de la gráfica seleccionada.

A partir de allí se seguirán los pasos detallados en el punto 4.2.5.