

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Curso: Laboratorio Avanzado  
Profesor: Hector Pérez

# Detección de la Vida Media del Muón

Proyecto

Javier de León  
201603068

Guatemala, 18 de Abril de 2023

**Resumen**—Utilizando los datos proporcionados por un detector de Cherenkov se encontró la vida media estimada del Muón y se estudió su comportamiento mediante la realización de un histograma y un fit de la distribución exponencial con los datos proporcionados por el experimento.

El valor encontrado de la vida media del Muón fue de  $\mu\tau = 2.4 \pm 0.04 \mu s$ , y la mejor relación entre  $\chi^2$  sobre los grados de libertad se obtuvo con un valor de 1.4.

El estudio se realizó por medio de la búsqueda y análisis entre la duración de las crestas de los pulsos dobles en eventos de Cherenkov, el resto de datos fue despreciado. Para realizar esta selección de datos se definió un parámetro de detección o threshold de manera empírica para facilitar el procesamiento de datos debido al ruido generado.

Los datos obtenidos fueron procesados por medio del framework de root para obtener el histograma y el fit de una distribución exponencial, los parámetros del histograma fueron configurados de manera empírica para reducir el error del modelo y se utilizó la definición por defecto de la distribución proporcionada por el framework.

## I. OBJETIVOS

### I-A. General

1. Encontrar la vida media del Muón.

### I-B. Específicos

1. Encontrar el tiempo en el cual ocurren las crestas de los pulsos dobles de un detector de Cherenkov.
2. Realizar un histograma de los tiempos encontrados para encontrar la vida media del Muón.
3. Comparar los resultados encontrados por medio de un fit de la distribución exponencial.

## II. MARCO TEÓRICO

La radiación Cherenkov es radiación electromagnética que ocurre cuando una partícula cargada, en este caso un electrón y un muón, pasan a través de un medio dieléctrico a una velocidad mayor que la velocidad de fase de la luz en ese medio. El resultado de este fenómeno se expresa por medio de la polarización, emisión ultravioleta y una onda de choque en el lugar ocurrido del impacto.

Para realizar la detección de estos fenómenos se colocan fotoreceptores y se estudia el comportamiento de la frecuencia y picos del voltaje con respecto del tiempo. El instrumento de medición de los datos proporcionados detecta eventos de una sensibilidad de hasta 150 en magnitud, pero para realizar una depuración del ruido nosotros utilizamos un threshold de 700.

Para realizar la detección de la vida media del Muón vamos a estudiar la cascada de decaimiento que ocurre cuando estos entran en nuestro instrumento detector y luego decaen como electrones. Este proceso produce 2 pulsos distintos que pueden ser detectados como picos de voltaje.

El modelo más sencillo de este tipo de decaimiento en física de partículas está dado por la distribución exponencial, debido

a la naturaleza física del fenómeno esperamos que nuestro fenómeno pueda ser modelado por medio de.

$$F(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Donde  $\lambda$  es un parámetro que será encontrado por medio de nuestro algoritmo de modelaje.

## III. DISEÑO EXPERIMENTAL

### III-A. Descripción del Procedimiento

- Se utilizan los datos experimentales que se obtuvieron como archivos binarios de tipo .paa.
- Los archivos proporcionados contienen en cada línea la magnitud de los pulsos obtenidos en un espaciado de 8 nano segundos entre sí.
- Utilizando como base el script proporcionado por [1] el cual permite leer una línea de los archivos por chunks y obtener los valores detectados por el instrumento, se realizan unas modificaciones para poder depurar los datos y escribir un archivo de los mismos con todas las líneas del dataset en donde ocurren los pulsos dobles, además de la diferencia temporal entre las detecciones.
- Con los datos depurados se realiza un histograma y un fit exponencial del tiempo entre los pulsos dobles y empíricamente se cambiaron los parámetros para obtener un valor de  $\chi^2$  sobre los grados de libertad más cercano a 1 posible.

### III-B. Consideraciones Experimentales:

- Los archivos de datos depurados son de tipo .txt y contienen 4 columnas, las cuales proporcionan; el número de fila, el índice del primer pulso, el índice del segundo pulso y el tiempo entre ellos.
- El script fue compilado en la versión más reciente y estable de C bajo el framework de root.
- El fit exponencial planteado fue bajo el algoritmo por defecto encontrado por el framework de root.
- Los histogramas y resultados del fit no son guardados en memoria si no impresos únicamente en consola.

## IV. RESULTADOS

Archivo	Vida Media $\mu s$	$\frac{\chi^2}{ndf}$
LA-mml-data_1h-180320-173703	$2.3 \pm 0.3$	1.54
LA-mml-data_1h-180320-174704	$2.1 \pm 0.3$	1.57
LA-mml-data_1h-180320-175704	$2.6 \pm 0.2$	1.26

Cuadro 1

VIDAS MEDIAS Y RESULTADOS DEL FIT PARCIALES

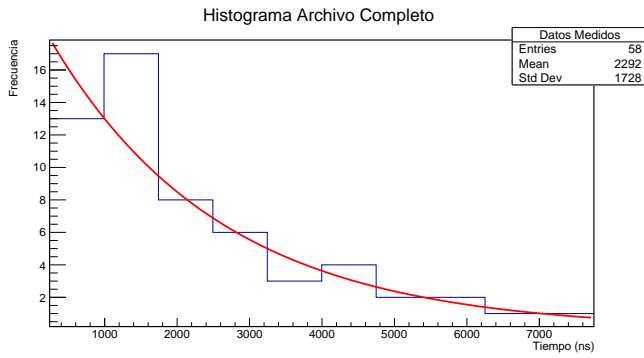


Figura 1. Histograma de LA-mml-data 1h-180320-173703.paa

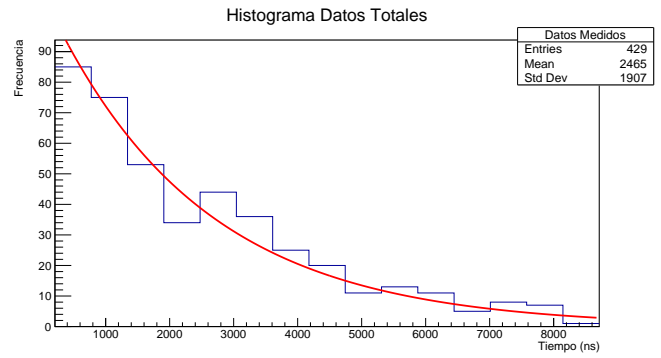


Figura 4. Histograma Dataset Completo

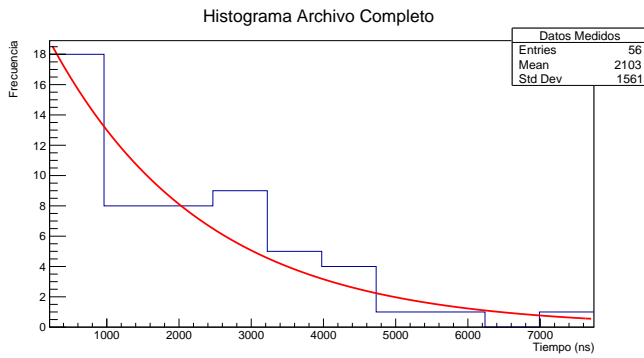


Figura 2. Histograma de LA-mml-data 1h-180320-174704.paa

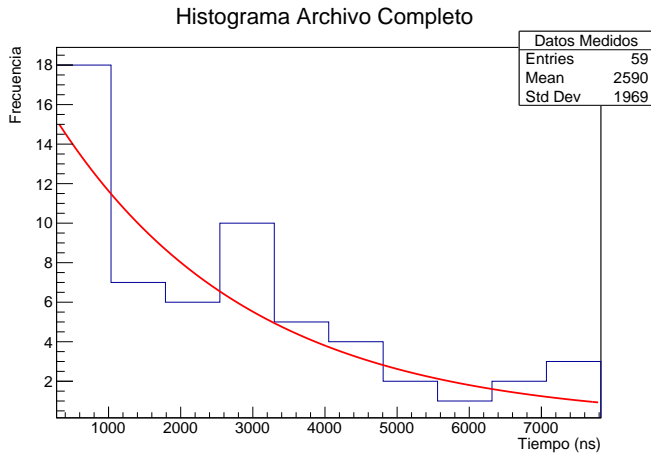


Figura 3. Histograma de LA-mml-data 1h-180320-175704.paa

Archivo	Vida Media $\mu s$	$\frac{\chi^2}{ndf}$
Datos Totales	$2.46 \pm 0.04$	1.4

Cuadro II

VIDA MEDIA Y RESULTADOS DEL FIT DATA SET COMPLETO

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto del Cuadro I sobre las vidas medias encontradas en cada archivo de nuestra base de datos podemos notar que la cantidad aproximada de pulsos dobles por archivo es de 60 sucesos y estos presentan una vida media bastante variable con cambios en el orden de micro segundos.

Además podemos observar que los fits exponenciales presentan un grado de confiabilidad mucho más bajo del aceptado para esta área de la física, pero esto lo hacemos deber a la cantidad tan reducida de valores ya que hay una tendencia en aumentar el valor de confiabilidad utilizando combinaciones de archivos de datos.

Notamos que existe una gran variabilidad de las vidas medias encontradas en los distintos archivos, y que a pesar de que estos presentan un valor de incerteza considerable respecto a las cifras significativas. Existen archivos de bases de datos que presentan valores bastante alejados de la proyección conocida de la vida media del Muón, se incluye en la Figura 3 el caso más alejado de los valores encontrados de la vida media. Debido a esto nuestros resultados totales no logran reproducir exitosamente la vida media esperada. Creemos que esto se debe a que alguno de los detectores o uno de los experimentos tuvo problemas físicos, por lo tanto si no fuesen considerados esos archivos podríamos realizar una proyección exitosa de la realidad.

Esto explicaría el por qué nuestra proyección de fit exponencial mejora en su capacidad predictiva, ya que solo ha ocurrido un desfase y no un cambio en el comportamiento físico.

Además hacemos una mención final que debido a la cantidad de datos nuestro valor de incerteza del modelo total es más bajo, esto solamente nos da un mayor grado de confianza que nuestro valor predicho por estos modelos es erróneo ya que hay una gran diferencia entre el valor deseado y nuestro intervalo de confiabilidad.

Sugerimos verificar el funcionamiento correcto de los dispositivos y realizar un mayor número de detecciones ya que al solamente obtener 50 por archivo, no se tienen los datos suficientes para realizar una estadística fuerte.

## VI. CONCLUSIONES

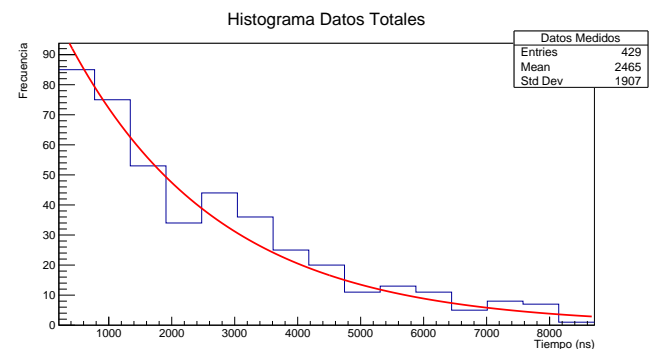
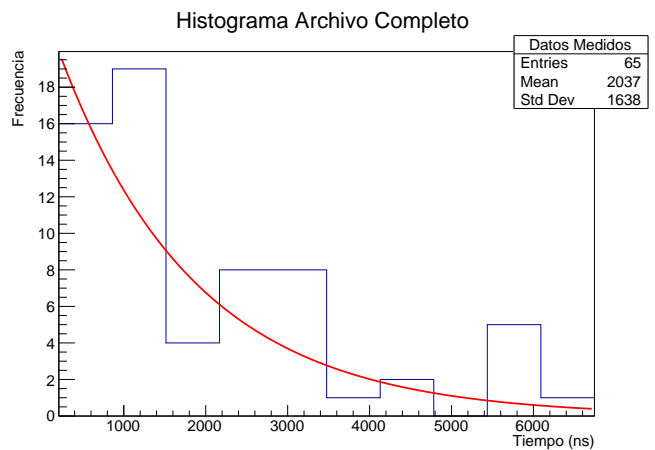
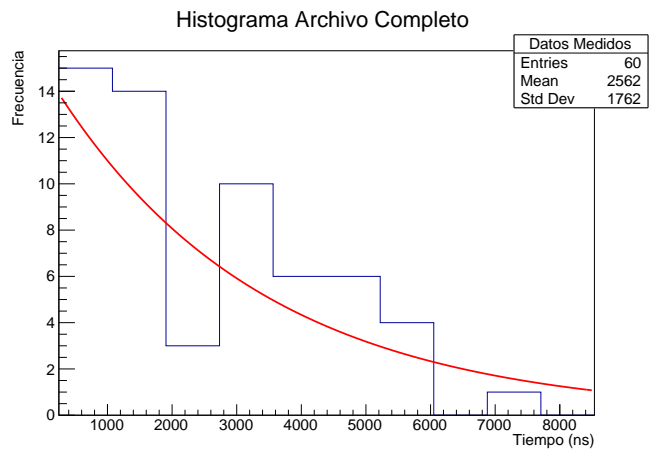
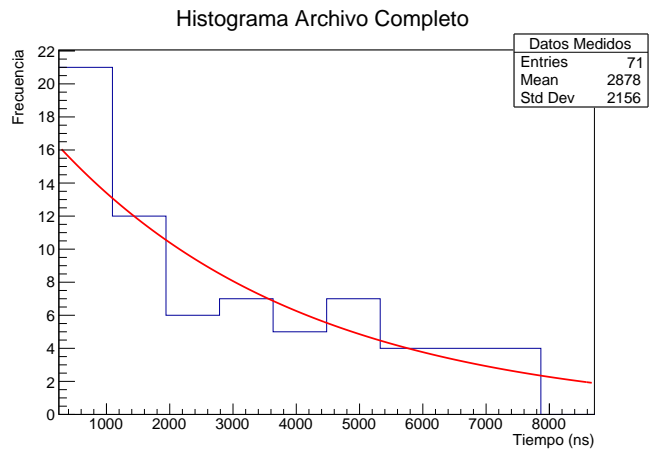
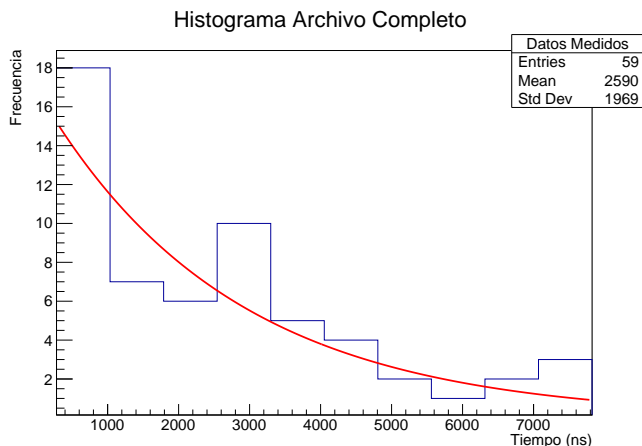
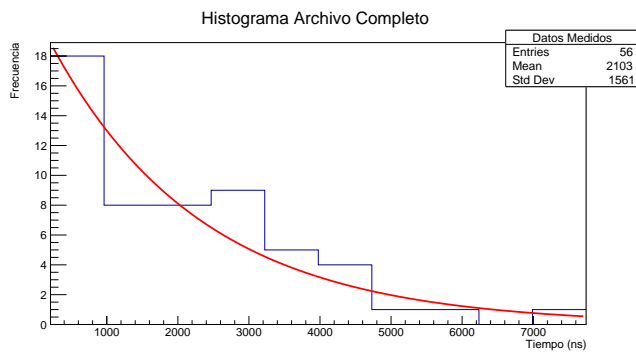
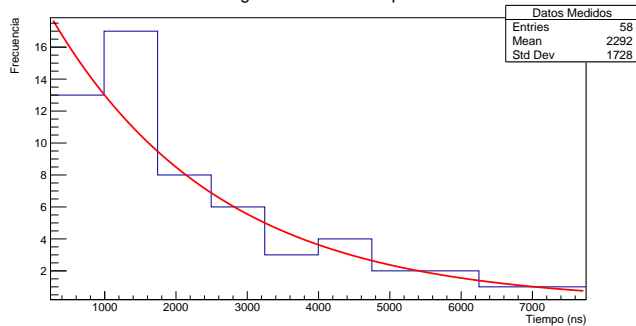
- El decaimiento detectado parece respetar el comportamiento de la distribución Exponencial.
- Nuestro experimento no reproduce correctamente la vida media esperada del Muón.
- Se necesita una mayor cantidad de datos para poder mejorar nuestros niveles de confiabilidad en los modelos y las proyecciones de los resultados.

## REFERENCIAS

- [1] Hector Pérez *Bases de Datos*  
[https://drive.google.com/drive/folders/1zqR1GrAz1NYIj7s4c2ADRRNs0NXusp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1zqR1GrAz1NYIj7s4c2ADRRNs0NXusp=share_link)
- [2] Javier de León *Repositorio*.  
<https://github.com/javdlgomez/LabAvanzado/tree/main/proyecto%20vida%20media%20del%20mu%C3%B3n>
- [3] J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics*, Third Ed. (Wiley, 1998).

## VII. ANEXOS

Estos archivos pueden ser encontrados en [2]



```

EXT PARAMETER          STEP          FIRST
NO.  NAME              VALUE          ERROR          SIZE          DERIVATIVE
1  Constant            4.69819e+00    7.50027e-02    1.04544e-04    -1.64237e-03
2  Slope               -4.19299e-04    2.39478e-05    3.33765e-08    -3.67040e+00

*****
Minimizer is Minuit / Migrad
Chi2          =      15.8099
NDF           =       13
Edm           =  3.29965e-09
NCalls        =       61
Constant      =      4.69819    +/-    0.0750027
Slope         =  -0.000419299    +/-    2.39478e-05

Covariance Matrix:

                Constant      Slope
Constant      0.0056254    -1.352e-06
Slope         -1.352e-06    5.735e-10

Correlation Matrix:

                Constant      Slope
Constant      1            -0.75275
Slope         -0.75275      1

```