

# Analisis de corriente oscura y ruido en un PMT Hamamatsu R5912

Héctor Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Ciencias Físicas y Matemáticas (IFIM), Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de San Carlos de Guatemala

Noviembre, 2024

Se analizan mediciones hechas en la señal proveniente de un PMT Hamamatsu R5912 polarizado y en condiciones de aislamiento óptico pero sin acoplarlo a un medio emisor de fotones. Se obtubieron los espectros de los pulsos de corriente oscura en función del voltaje de polarización y se obtiene también el espectro de potencia del ruido de la salida voltaje cuando no hay pulsos y el cambio en el nivel promedio de esta durante un período de 24 horas.

En el montaje para las mediciones se utiliza para el control del alto voltaje la electrónica desarrollada por la colaboración LAGO en Bariloche para la tarjeta Red pitaya (RP\_CRTL\_BOARD v1r0).

La captura de pulsos fue realizada utilizando el software pacq desarrollado en la ECFM para la red pitaya, el cual corría en una tarjeta diferente a la utilizada para configurar el alto voltaje. Para la realización de estas pruebas el PMT se colocó dentro de dos cajas de cartón. La primera contiene al PMT y su base de control. Luego esta caja se envuelve en hojas de espuma (foamy) y todo el conjunto se introduce en la segunda caja. Todo el conjunto es envuelto en una tela negra (ver figura 1).

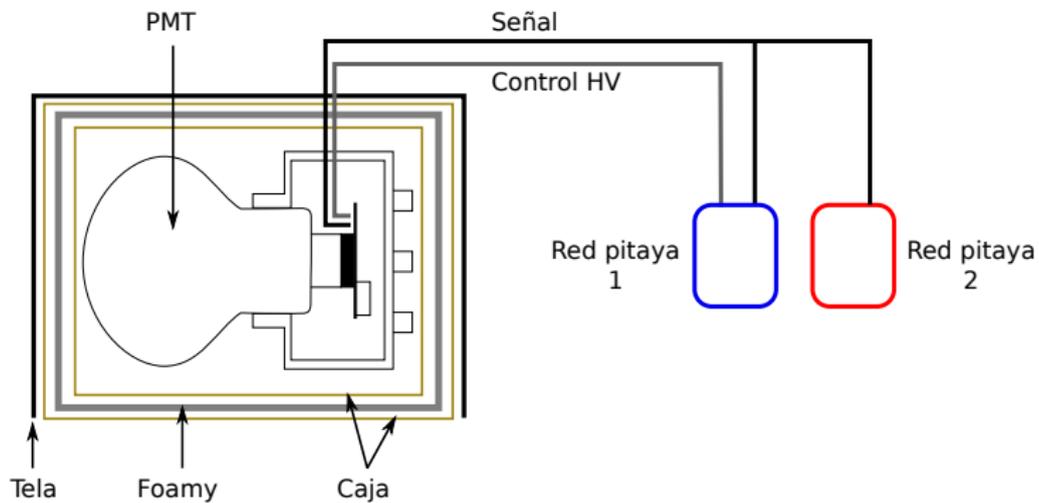


Figura 1: Montaje utilizado para realizar las mediciones.

La configuración del montaje fue la siguiente:

- ▶ Red pitaya 1 (Control HV)
  - ▶ Sistema operativo: Debian personalizado por la colaboración LAGO  
(`lago_OS_stable_v2r0_090623.gz`)
  - ▶ Firmware FPGA: `lago_v1_3.bit`
  - ▶ Tarjera hija: `RP_CRTL_BOARD v1r0`
  - ▶ Software para configuración alto voltaje: ACQUA  
(<https://github.com/lagoproject/acqua.git> rama `dev-acqua_v2`)

- ▶ Red pitaya 2 (Captura)
  - ▶ Sistema operativo: Ubuntu personalizado para Red pitaya (Red Pitaya GNU/Linux Ecosystem 0.97)
  - ▶ Firmware FPGA: fpga\_0.94.bit
  - ▶ Software de captura: pacq (<https://github.com/hepfpeh/RP-WCD-pulse-acquire-tools.git>)

- ▶ Base PMT: Base para Hamamatsu R5912 desarrollada por el proyecto Auger.
- ▶ Cables:
  - ▶ Control HV: extensión DB15 con adaptador de pines.
  - ▶ Señal: Cable coaxial RG-174 con conectores SMA macho.

## Línea base y niveles de ruido

Para analizar el nivel base de voltaje (línea base) proveniente del PMT R5912, se tomaron capturas de pulsos configurando el software pacq para almacenar 1024 muestras previas a la detección del pulso.

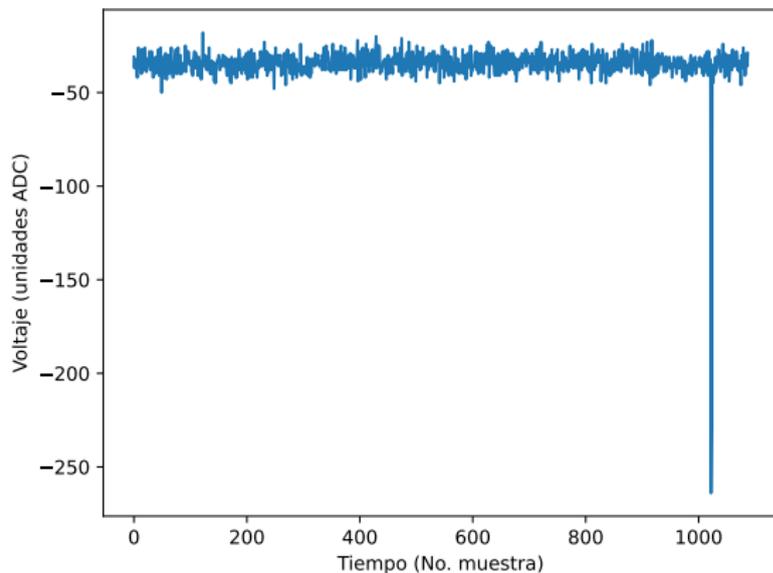


Figura 2: Muestra de uno de los pulsos capturados para analizar el valor de voltaje base proveniente del PMT R5912.

Los parámetros de la distribución de los valores de voltaje en promedio durante las 31 horas: La media es de  $-33$  unidades ADC y la desviación estándar es de  $4.6$  unidades ADC.

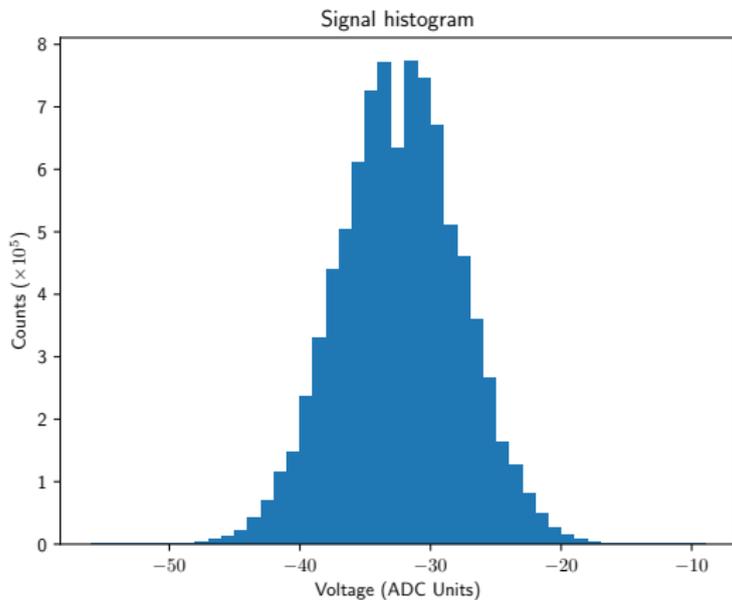
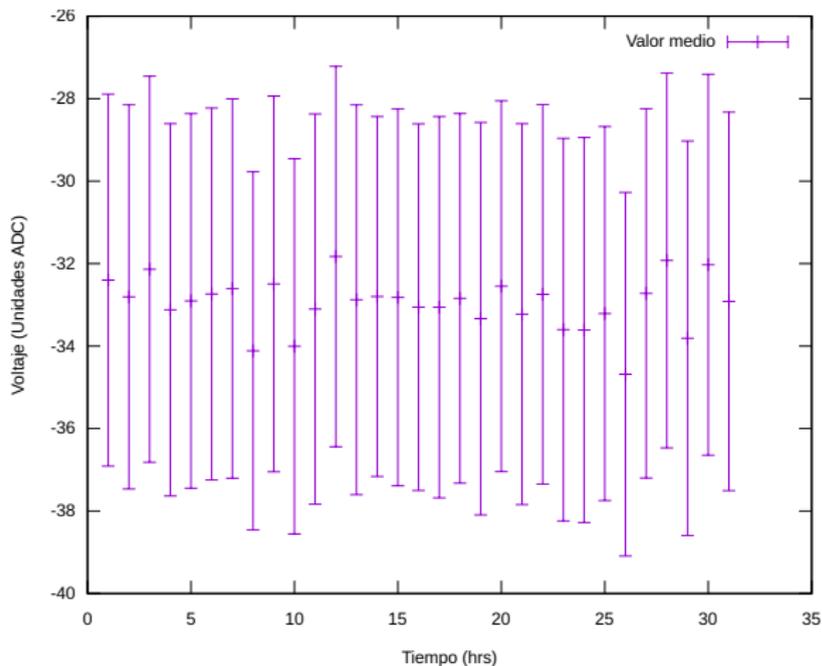


Figura 3: Distribución del valor de voltaje en la línea base previo a la captura de un pulso.

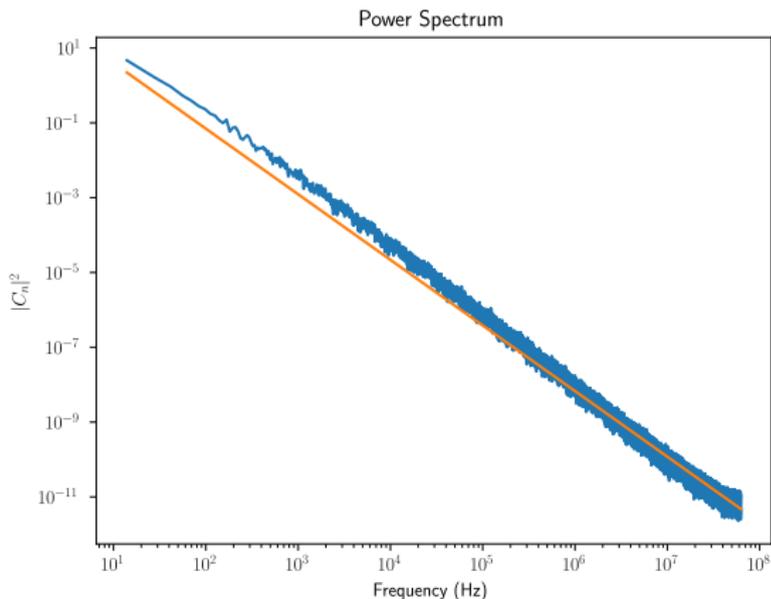
Se calcula el valor promedio del voltaje en la región previa al pulso para los pulsos capturados durante 1 hora, para un intervalo total de 32 horas con el fin de ver si hay alguna variación durante el ciclo de 1 día. En la figura 2 se muestra uno de los pulsos capturados. En la figura 4 se muestra como cambia el valor promedio durante todo el intervalo de 32 horas. La media ponderada del valor de voltaje durante todo el tiempo de medición fue de  $-33$  unidades ADC con una desviación en la media de  $0.8$  unidades ADC.



**Figura 4:** Valor medio del voltaje en la señal proveniente del PMT R5912 previo a la detección del pulso. Cada punto es el valor promedio durante una hora y se tomaron mediciones durante 32 horas. La media ponderada durante este intervalo de tiempo es  $\bar{V} = -33.0$  con una desviación  $\sigma_V = 0.8$ , ambos en unidades ADC.

## Ruido en la línea base

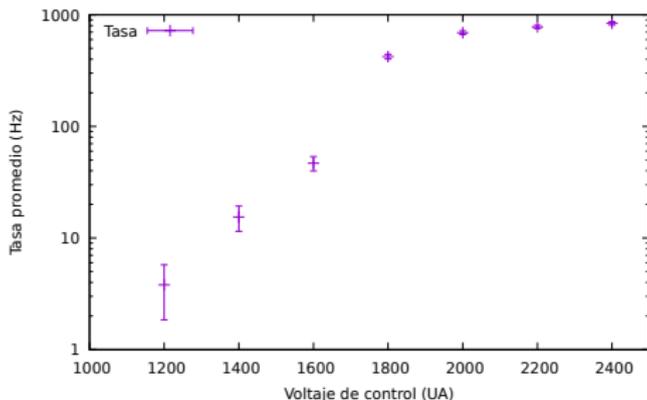
También con los datos tomados previos a la detección del pulso, se calcula el espectro de potencia de la señal con el objetivo de ver la distribución de componentes de ruido. Se encuentra que este tiene un comportamiento aproximadamente líneal con pendiente negativa. Esto nos indica que este no es ruido blanco.



**Figura 5:** Espectro de potencia de la señal eléctrica de la línea base proveniente del PMT. Se muestra también un ajuste lineal a manera de referencia para ver el comportamiento.

## Conteo de pulsos contra voltaje

En la figura 6 se muestra la tasa de conteos de pulsos obtenida en función del voltaje de control aplicado al PMT. Las capturas para este análisis solo almacenan 32 muestras de la señal de voltaje cuando se detecta un pulso.



**Figura 6:** Tasa de conteos de pulsos por segundo en función del voltaje de control.

# Histograma de picos de pulsos

Se obtuvieron los histogramas de la altura máxima del conjunto de pulsos medidos para cada valor del voltaje de control ( $V_c$ ) de prueba.

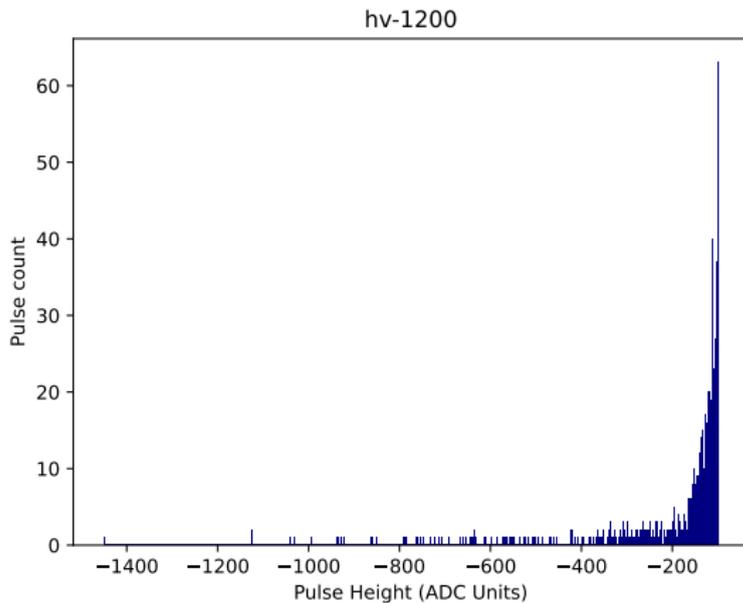
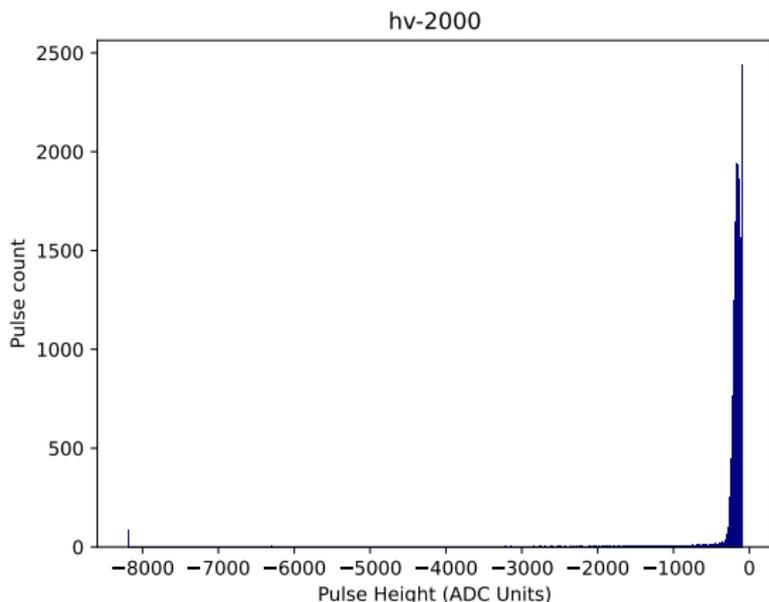
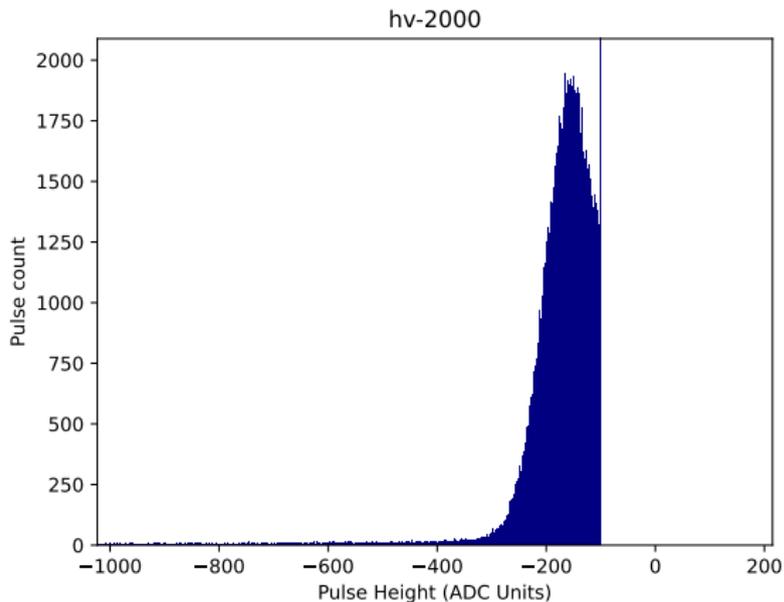


Figura 7: Histograma de altura de pulsos de corriente oscura cuando el parametro  $h\nu = 1200$ .



**Figura 8:** Histograma de altura de pulsos de corriente oscura cuando el parametro  $hv = 1400$ . Notese el cambio en el rango del histograma debido a la aparición de pulsos saturados.



**Figura 9:** Histograma de altura de pulsos de corriente oscura cuando el parametro  $h\nu = 1400$  en el rango de -1000 a 0 unidades ADC.

Con estos histogramas se determina el valor central  $L$  del bin para el cual se tienen un área en exceso  $A$ , por medio de integración numérica (suma simple de altura de bin), iniciando desde el extremo izquierdo (ver figura 10). También se obtienen el porcentaje de pulsos que saturaron el ADC. Esta información se muestra en la tabla 1.



**Tabla 1:** Nivel  $L$  del ADC sobre el cual se tiene un área en exceso  $A$  para los voltajes de control de prueba (ver figura 10). También se tabula el porcentaje de pulsos que alcanzaron el valor de saturación del ADC.

$V_c$ (UA)	$A$ (% del total)				<b>Sat. (%)</b>
	0.1	1	10	50	
1200	-1124	-858	-304	-125	0
1400	-3560	-1424	-356	-145	0
1600	-6370	-2013	-464	-126	0.007
1800	-5191	-1023	-153	-116	0.03
2000	-5658	-1421	-233	-163	0.04
2200	-7967	-2497	-390	-254	0.09
2400	-8191	-4128	-661	-407	0.2

¡Muchas gracias!