

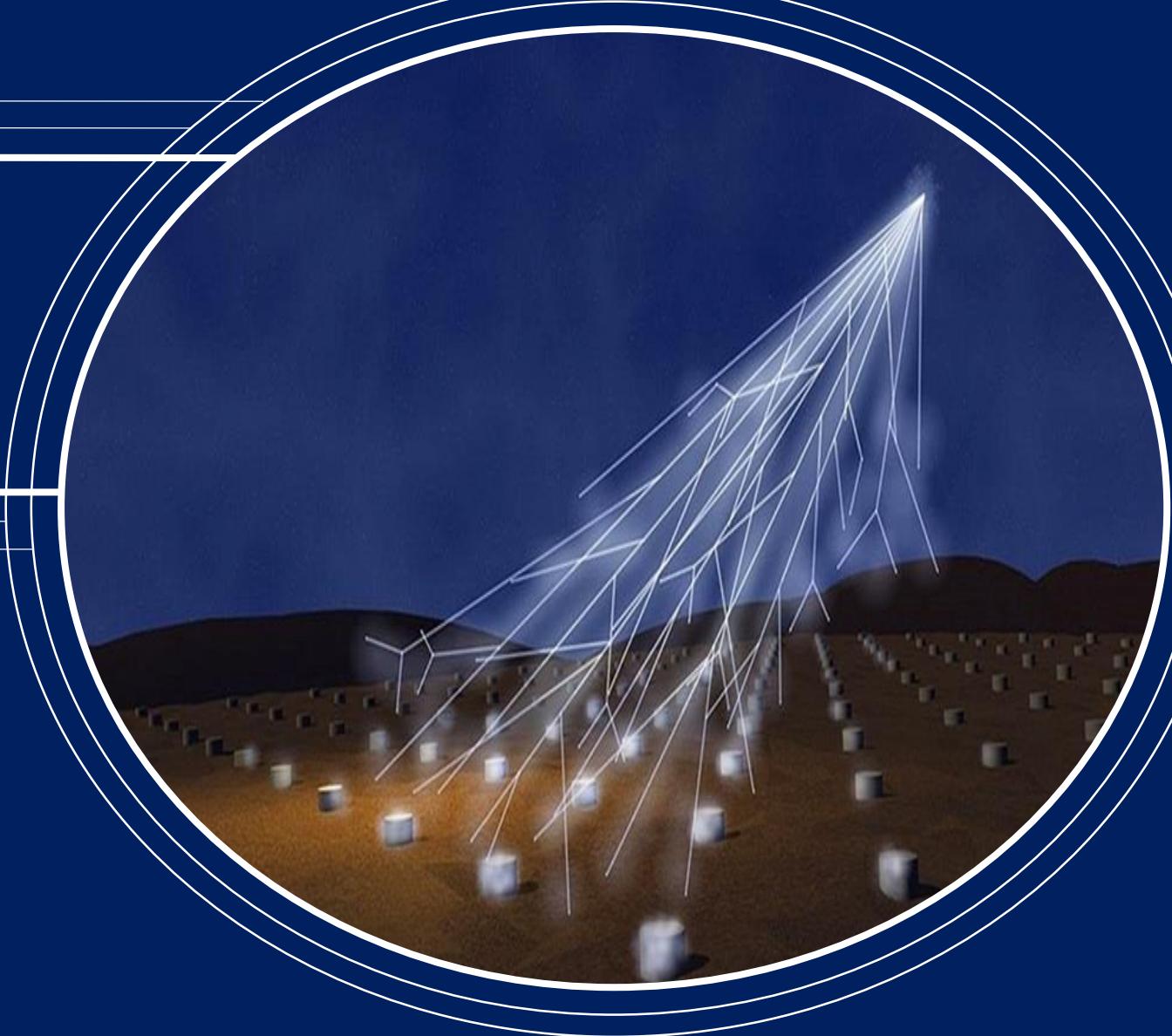
# Optimización de la Eficiencia de Detección Neutrónica para un Detector Cherenkov de Agua

Autor: Clarizio V.

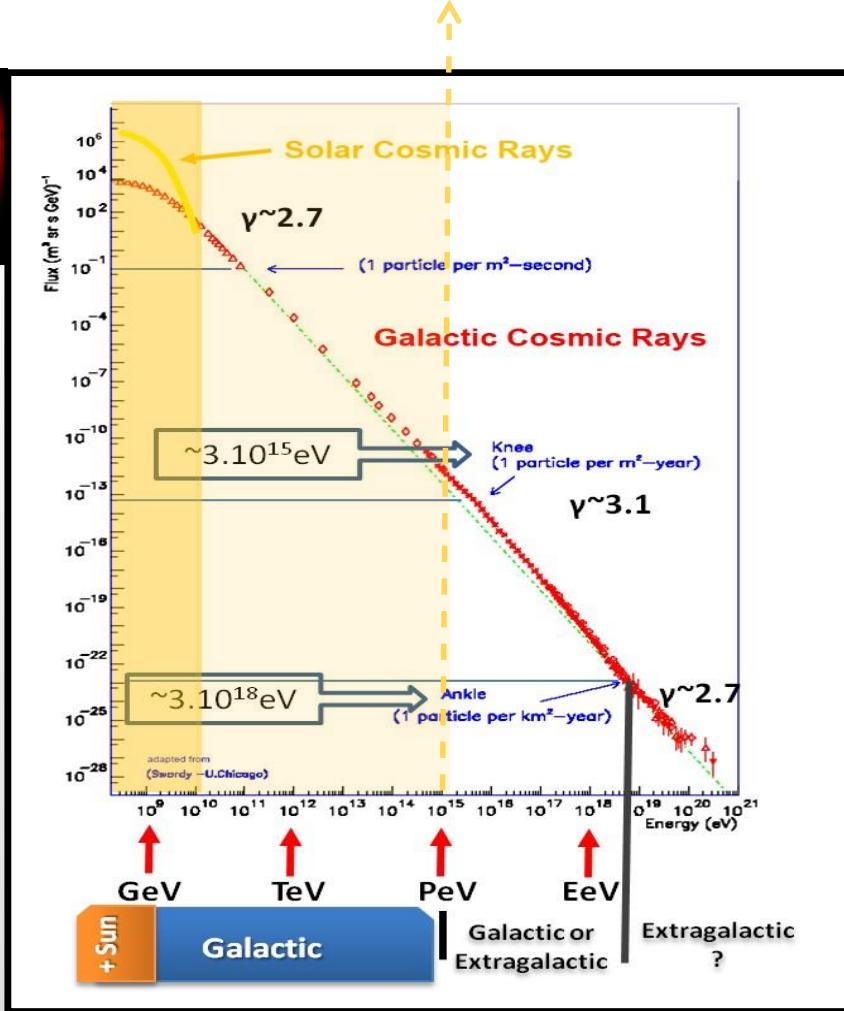
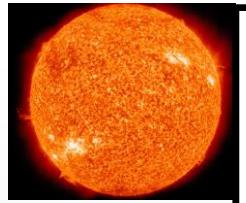
Co-A.: Sarmiento C., Nuñez L., Otiniano L.

En colaboración con: *LA-CoNNGA Physics* y la  
Universidad Industrial de Santander

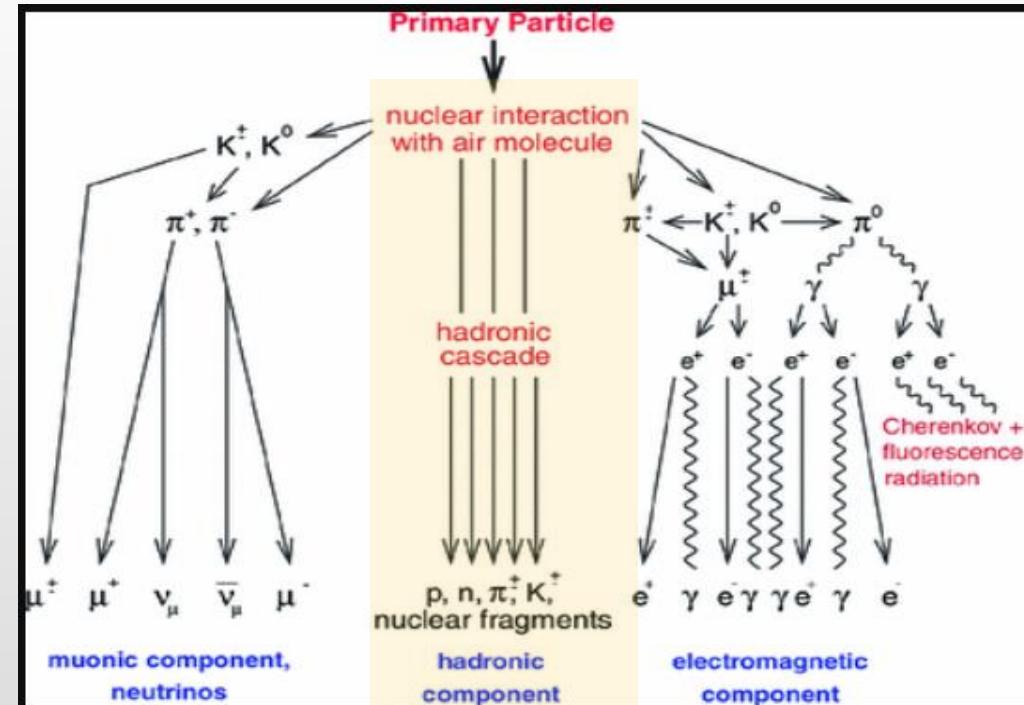
Diciembre, 2022



# INTRODUCCIÓN TEÓRICA



- Protones  $\sim 89\%$
- Núcleos de Helio  $\sim 10\%$
- Electrones y núcleos pesados  $\sim 1\%$



# INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Ingreso de neutrón relativista al volumen activo



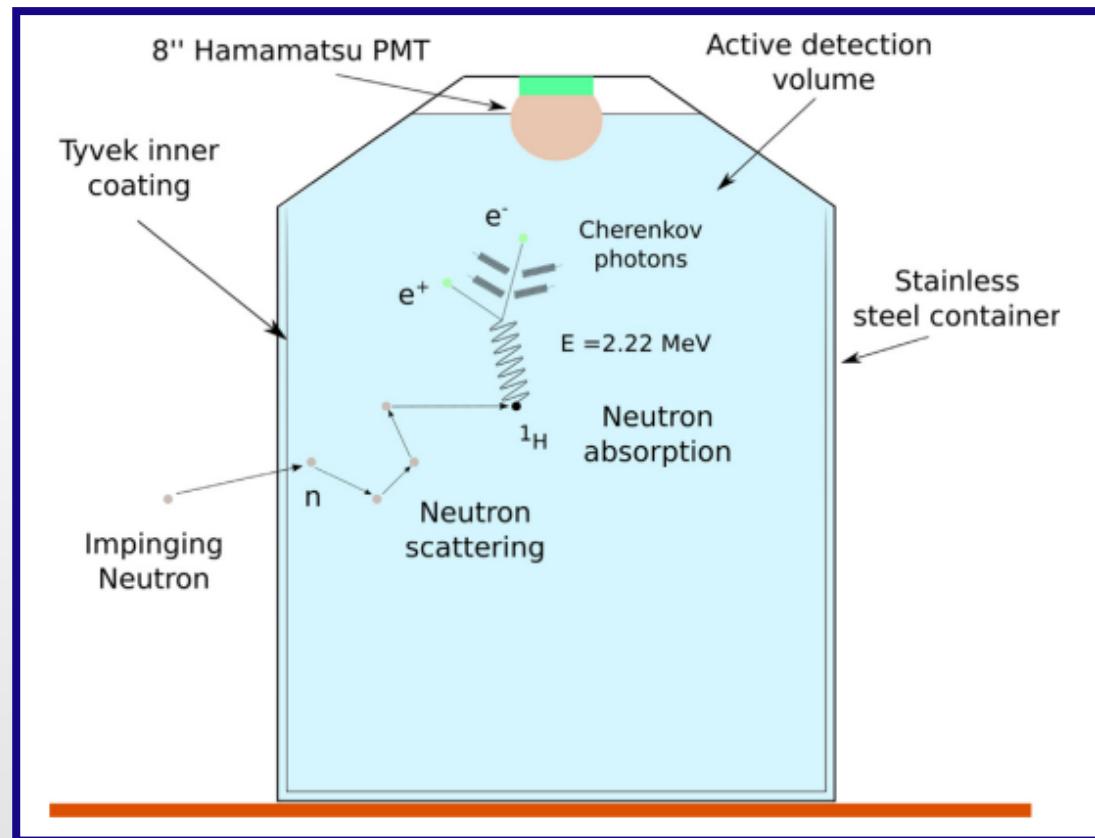
Proceso de moderación y absorción por el material dopante o los núcleos de hidrógeno



Emisión de rayos gamma que producen luego electrones por dispersión Compton mayoritariamente



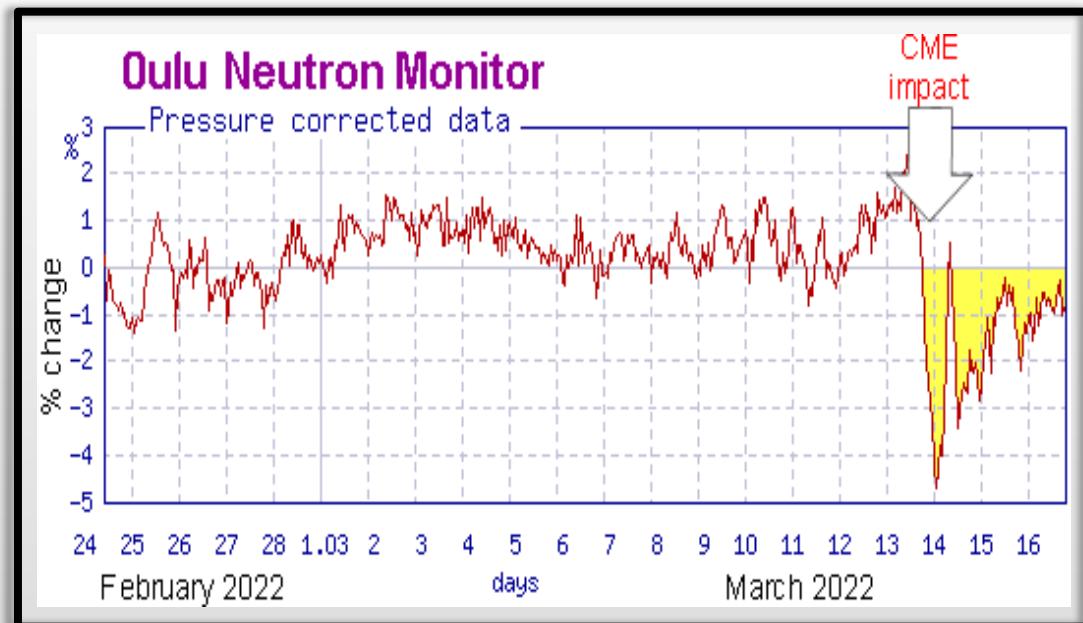
Producción de fotones Cherenkov



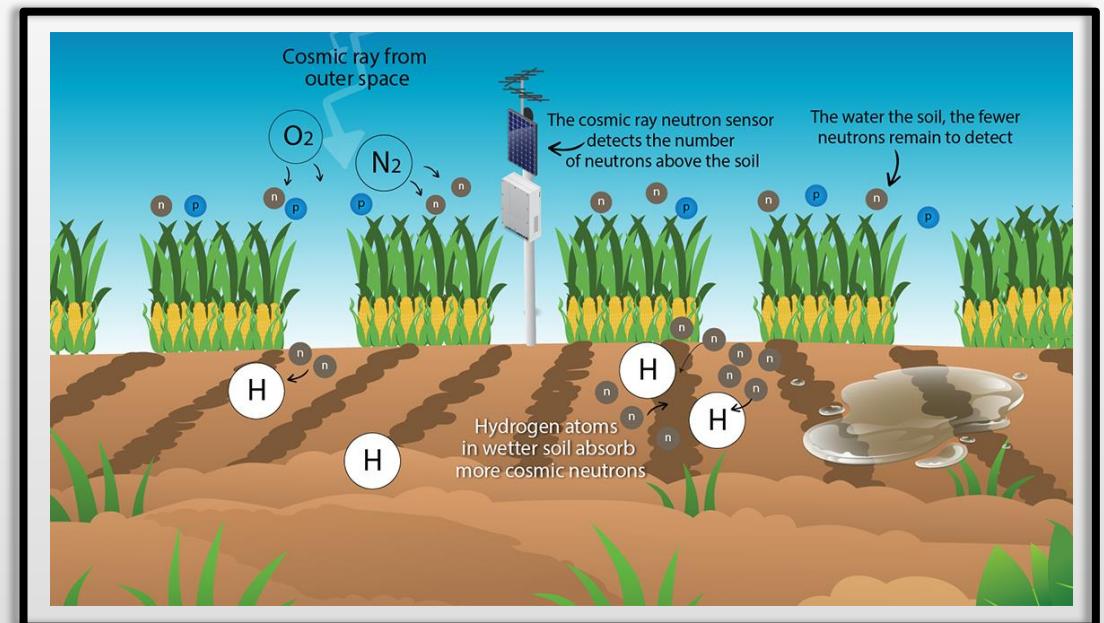
\***Umbral de Energía Cherenkov:** 0.8MeV para electrones y 1.4GeV para neutrones.

# MOTIVACIÓN

Alternativa para la medición de los decrecimientos de Forbush



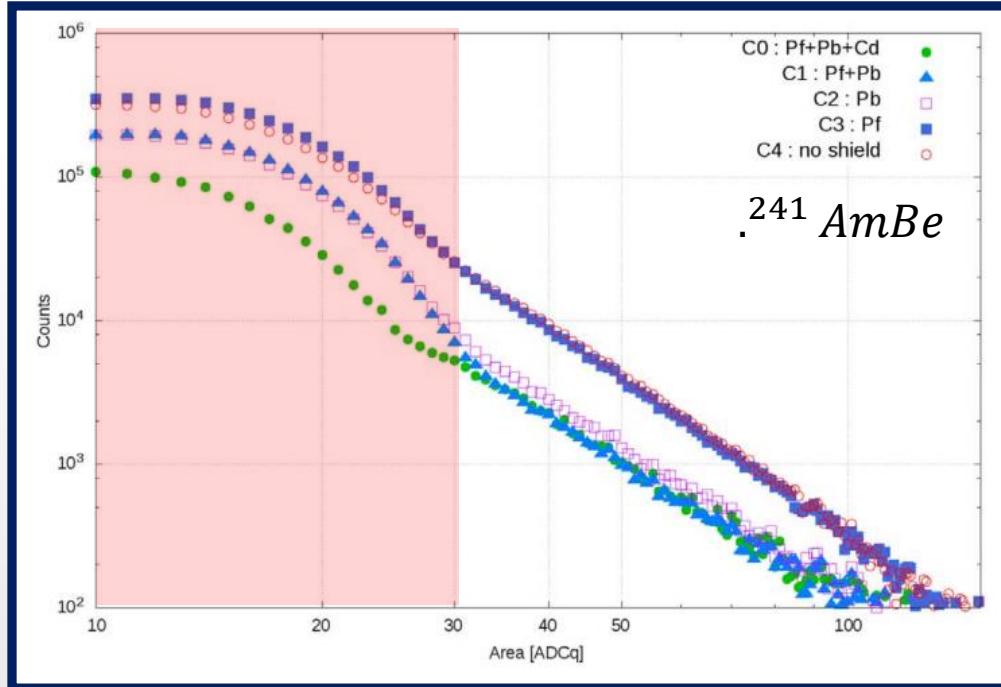
Aplicaciones en el campo de la agricultura inteligente



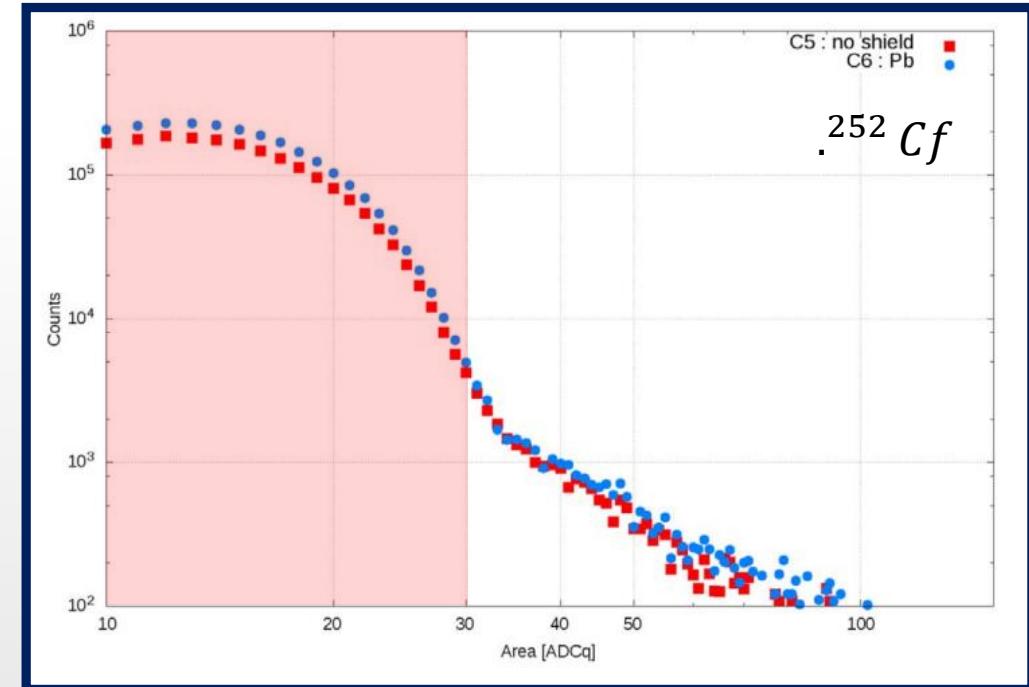
# ANTECEDENTES

## “Neutron detection using a water Cherenkov detector with pure water and a single PMT”

Sidelnik I. et al., 2016. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*.



(1) Cuentas registradas por carga depositada

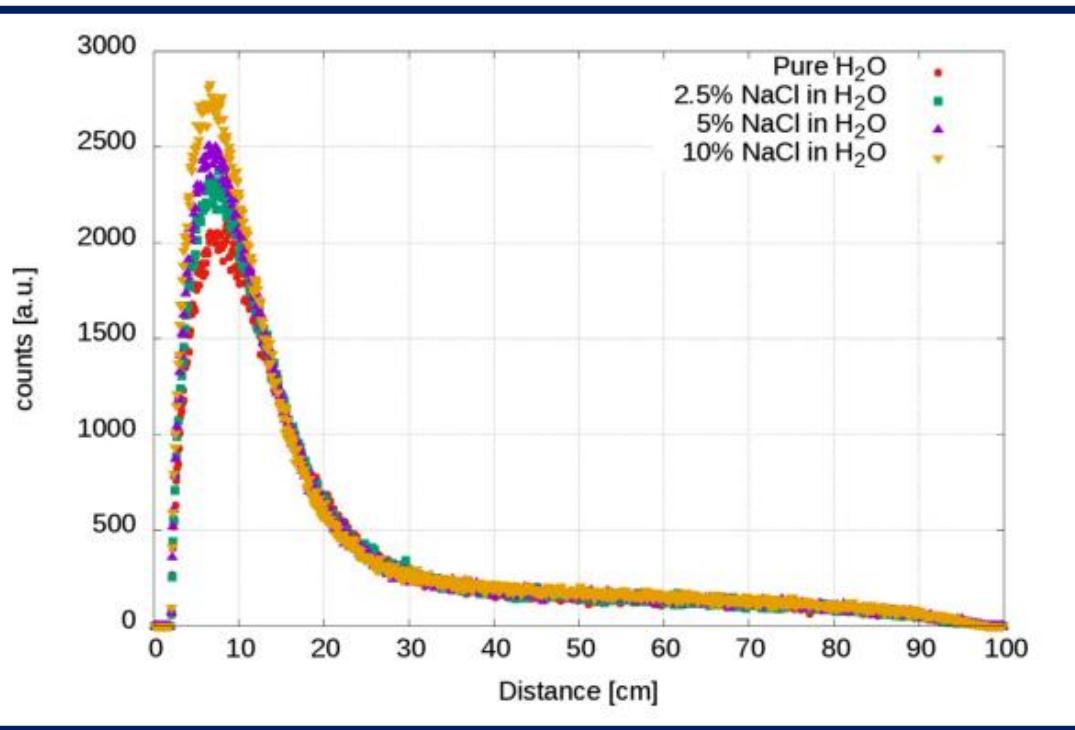


(2) Cuentas registradas por carga depositada

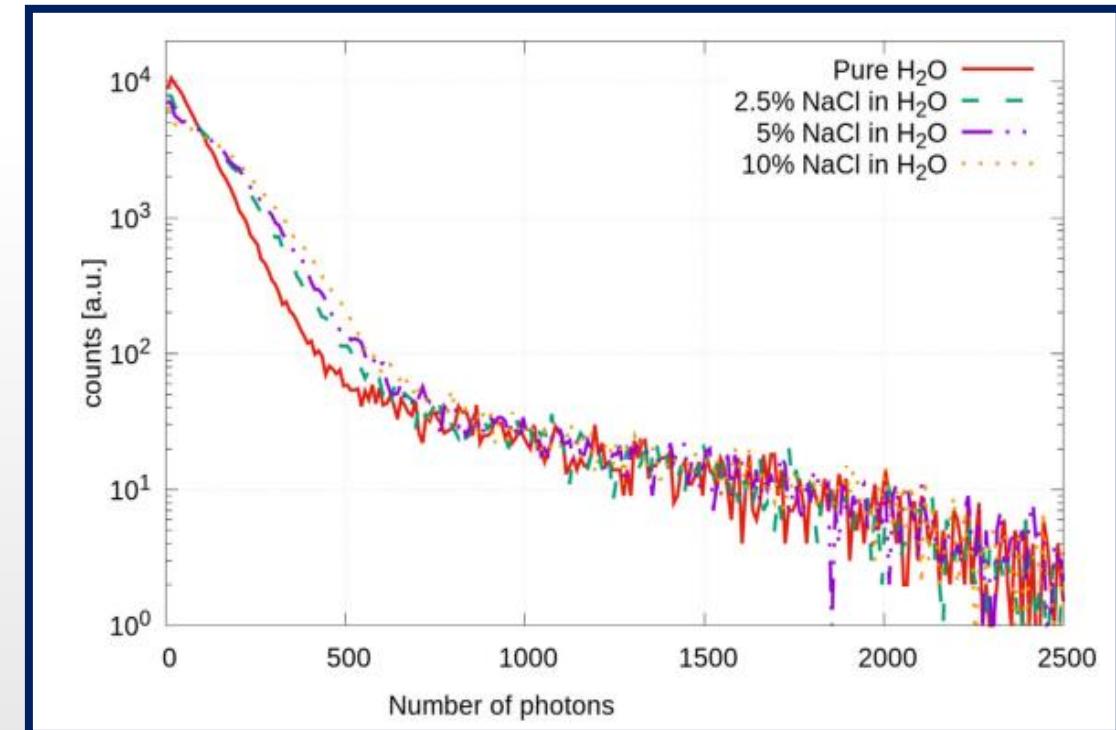
- Configuraciones de blindaje utilizadas: Parafina (Pf), Plomo (Pb) y Cadmio (Cd)
  - Fuentes utilizadas en el experimento:  $.^{241}AmBe$  y  $.^{252}Cf$ 
    - Se obtuvo una reducción del flujo al colocar el Cd
      - Eficiencia experimental obtenida del 15%

# ANTECEDENTES

“Simulation of 500 MeV neutrons by using NaCl doped Water Cherenkov detector”.  
Sidelnik I. et al., 2019. *Advances In Space Research.*



(3) Conteos registrados Vs Distancia máxima de absorción para distintas concentraciones de NaCl



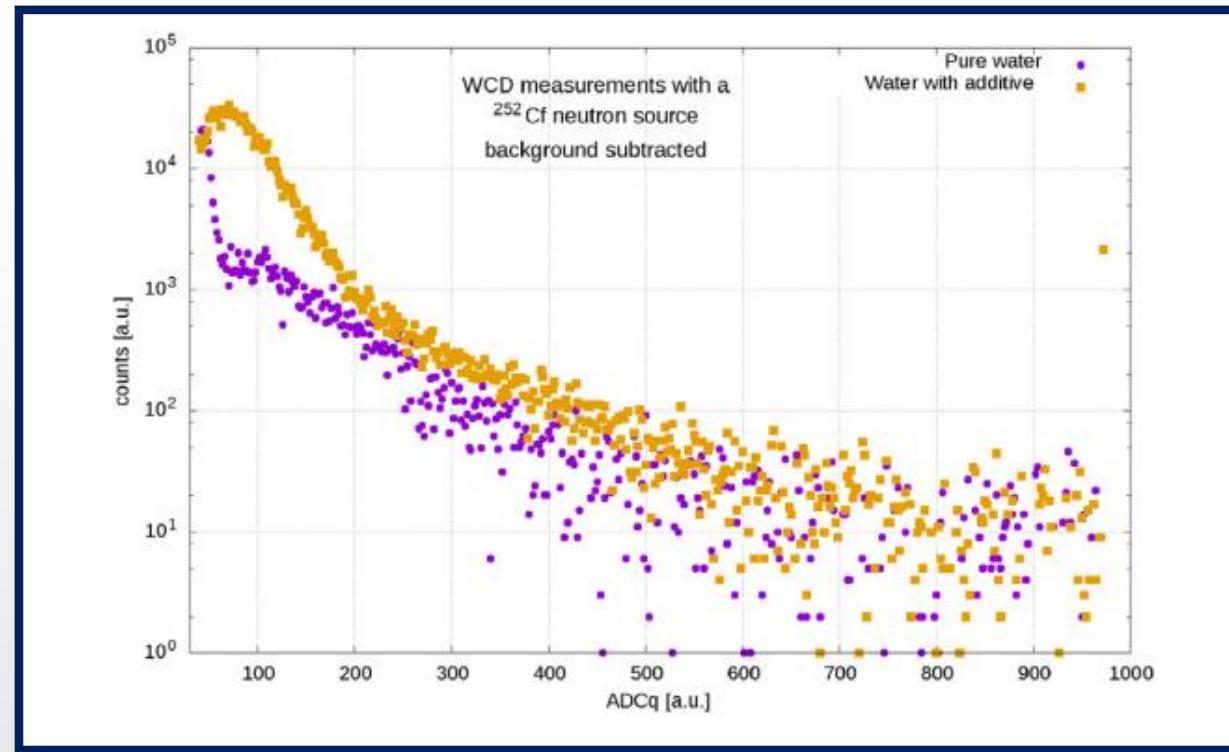
(4) Conteos registrados Vs Fotones Cherenkov emitidos para distintas concentraciones de NaCl

- Concentraciones de NaCl añadidas: 2.5%, 5%, 10%
- Incremento del número de neutrones absorbidos
- Incremento de la eficiencia del WCD

# ANTECEDENTES

## “Neutron detection capabilities of Water Cherenkov Detectors”

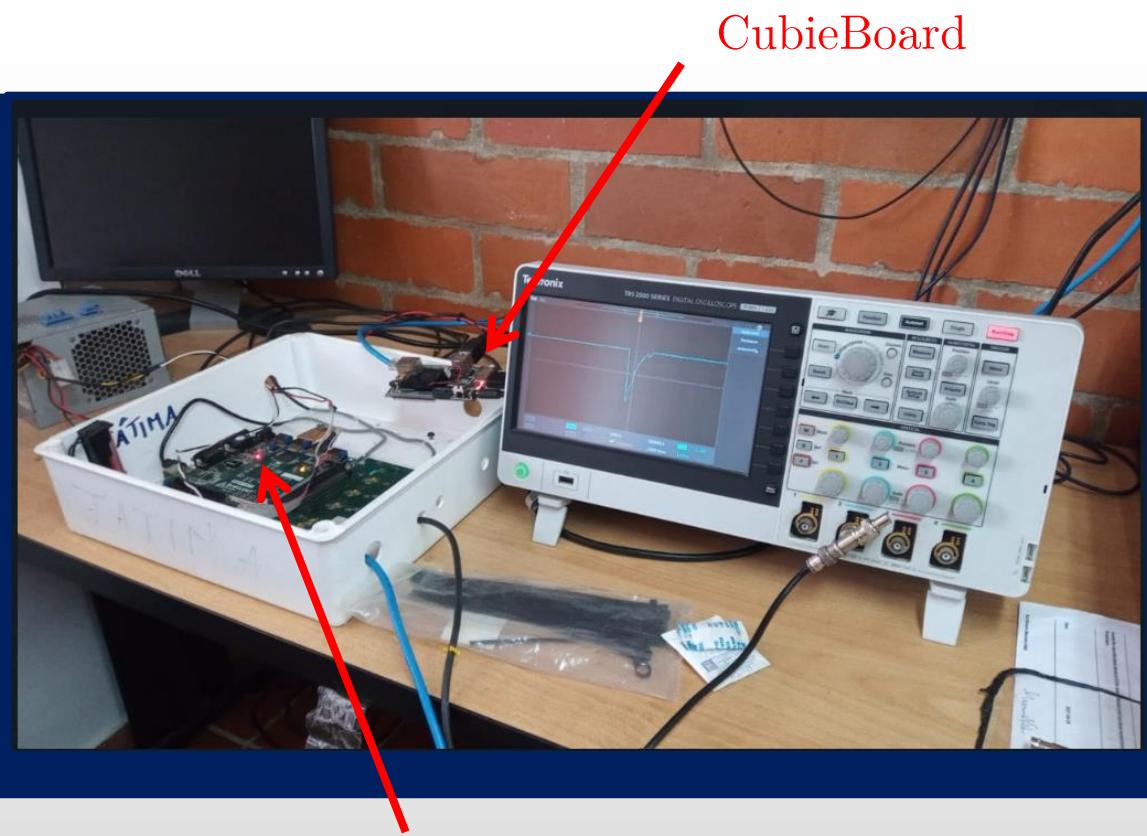
Sidelnik I. et al., 2018. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research.



(5) Conteos registrados de neutrones utilizando agua pura y agua con el aditivo de cloro 35

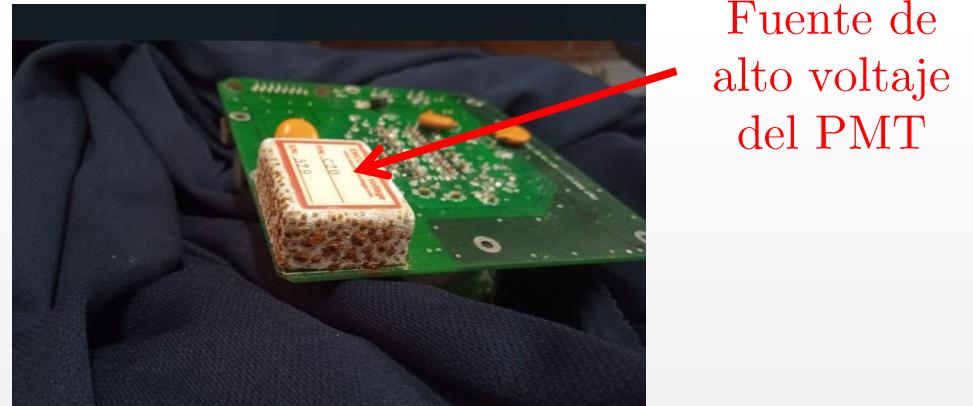
- Aditivos utilizados: Isótopo  $^{35}Cl$  con una concentración del 2.5%
  - Fuente artificial utilizada:  $^{252}Cf$
- Incremento de la eficiencia experimental del WCD de 19% a un 44%

# MONTAJE EXPERIMENTAL

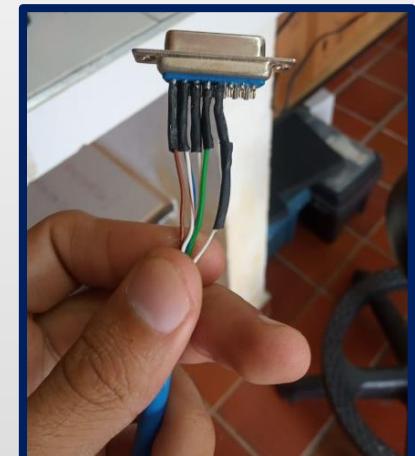
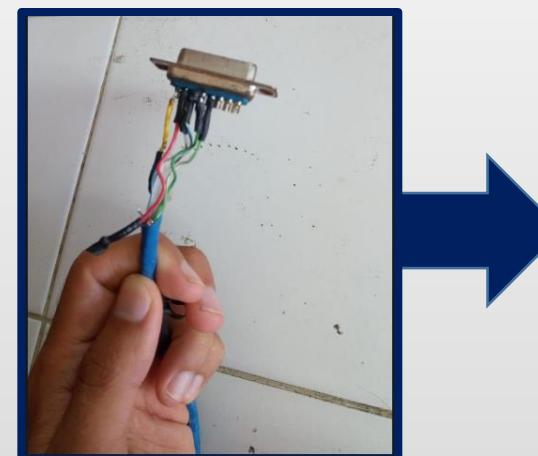


Tarjeta Nexys 2

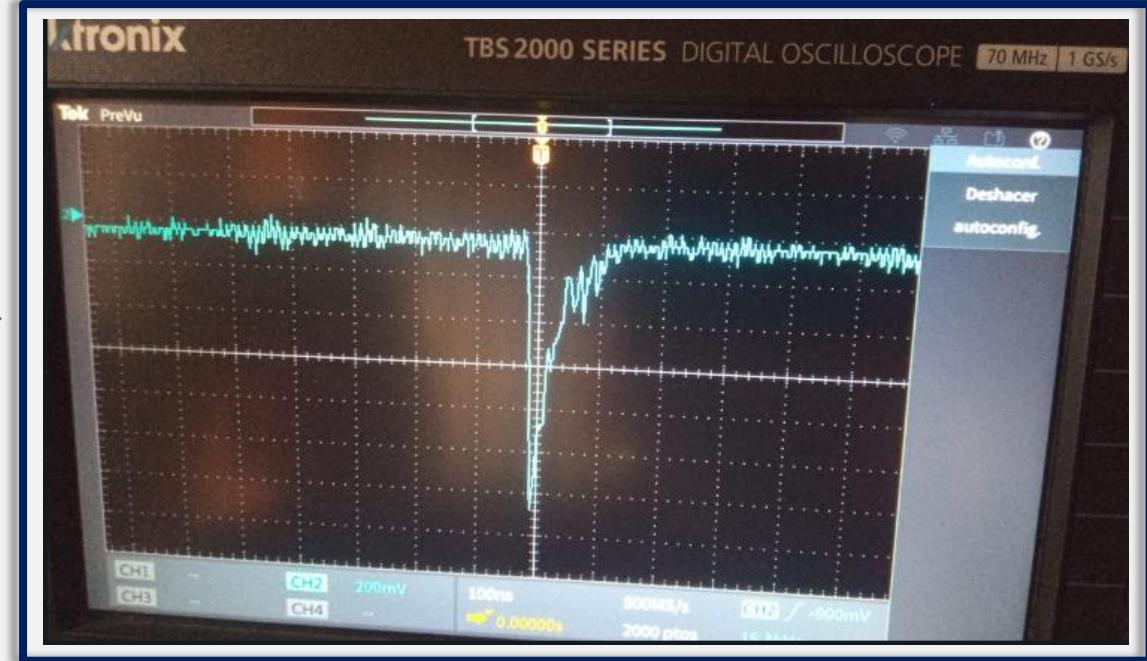
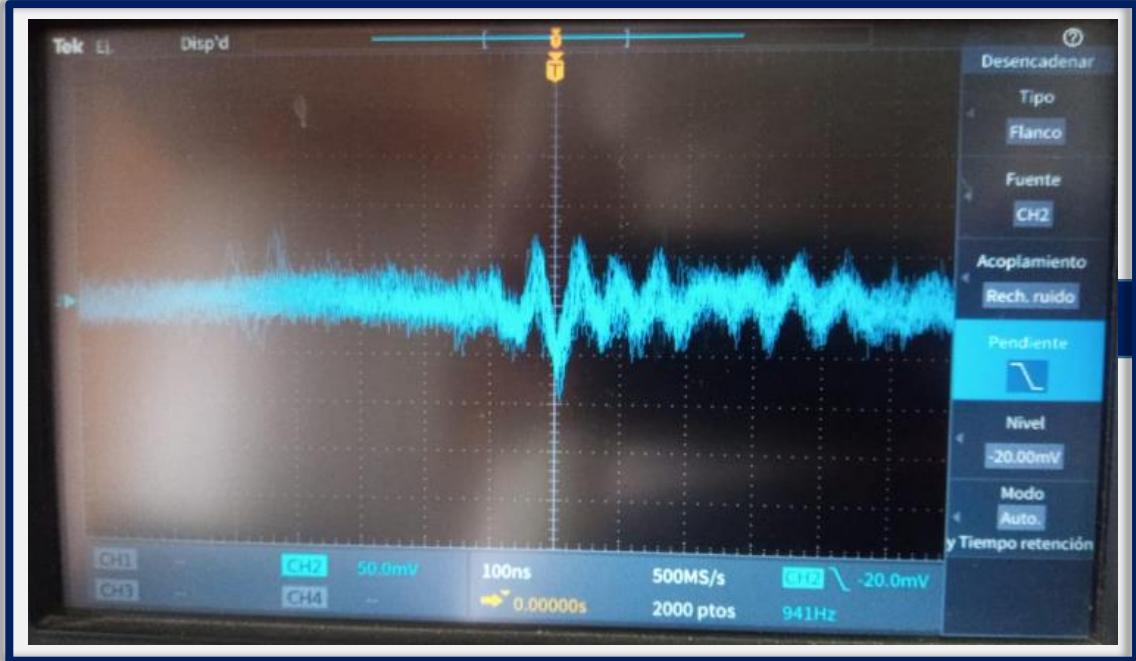
CubieBoard



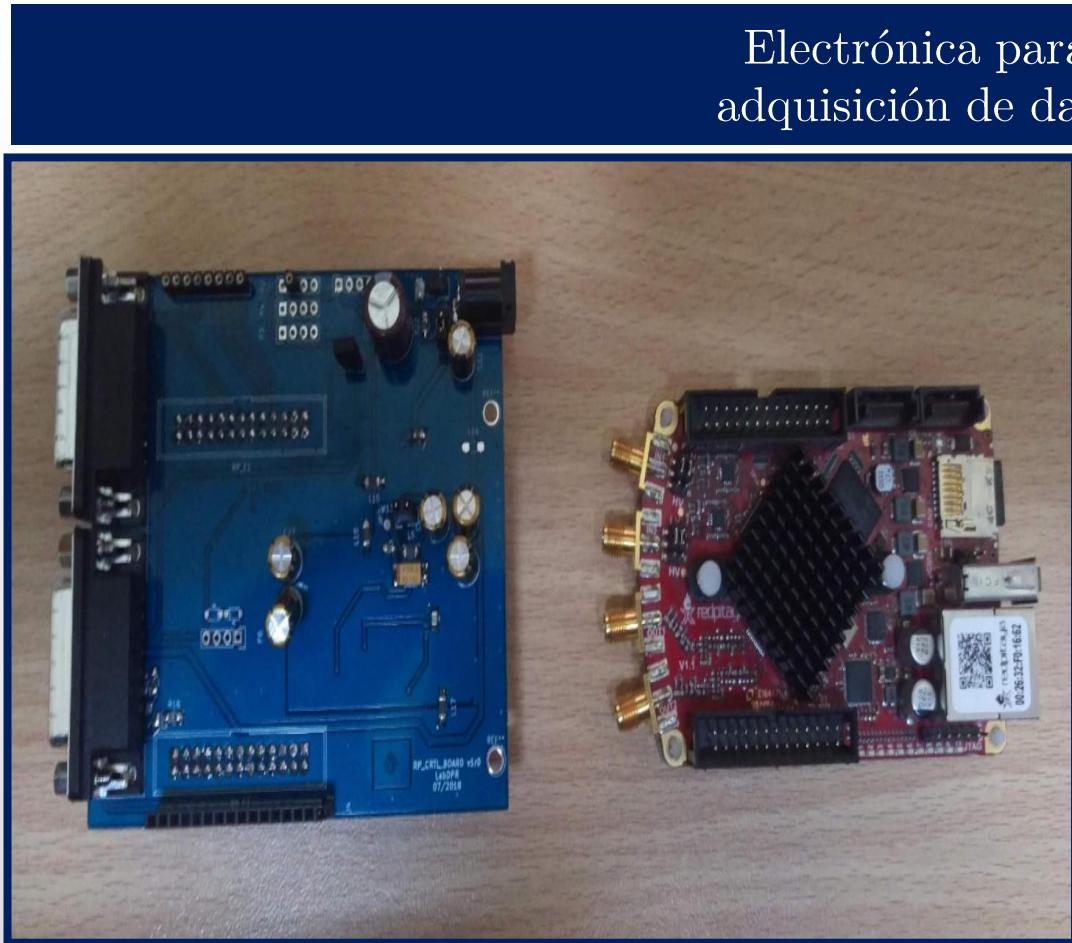
Fuente de  
alto voltaje  
del PMT



# MONTAJE EXPERIMENTAL



# MONTAJE EXPERIMENTAL



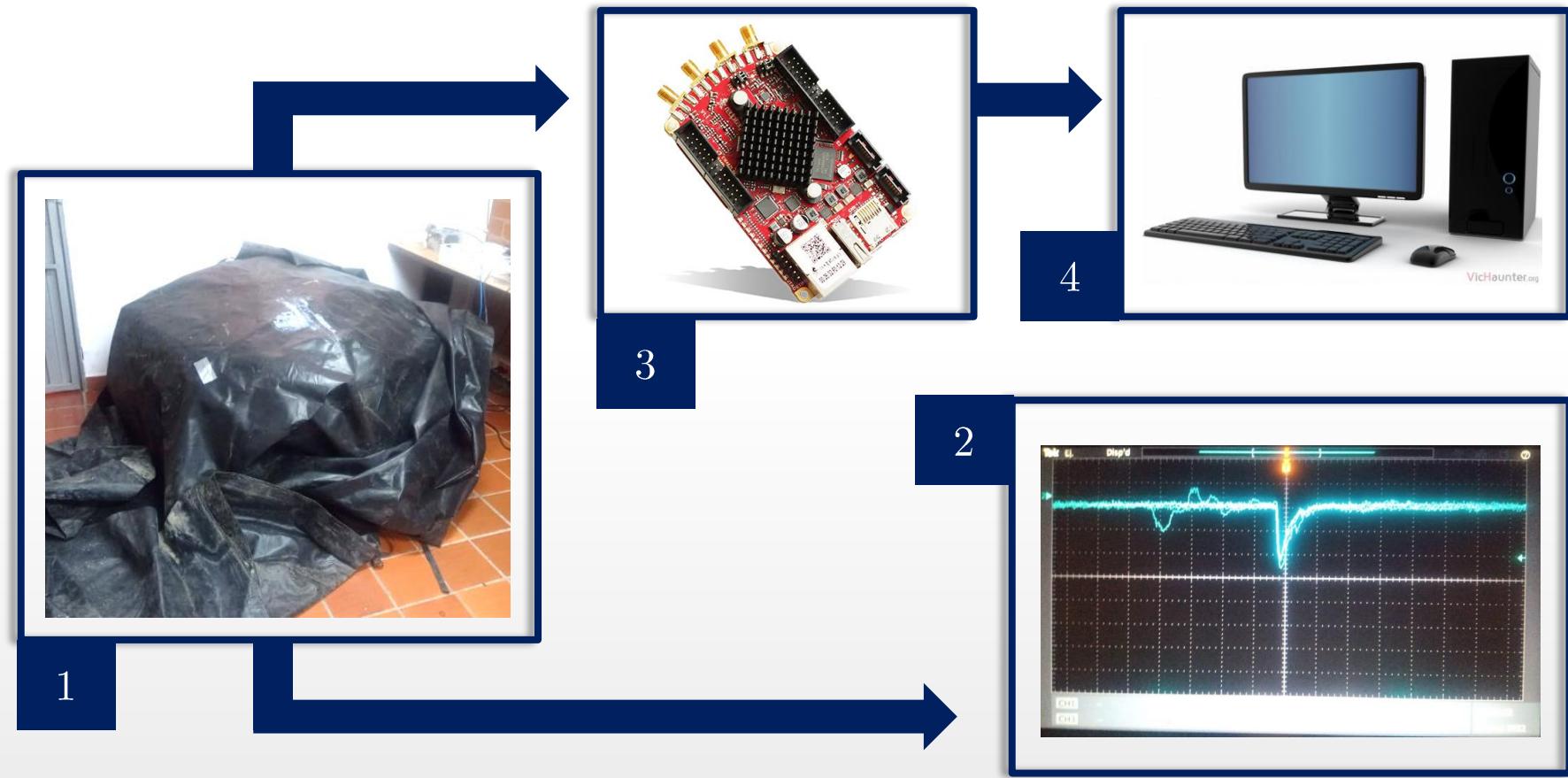
Electrónica para la adquisición de datos

**NEXYS 2** → **RedPitaya**

**Cubieboard** → **Raspberry Pi**

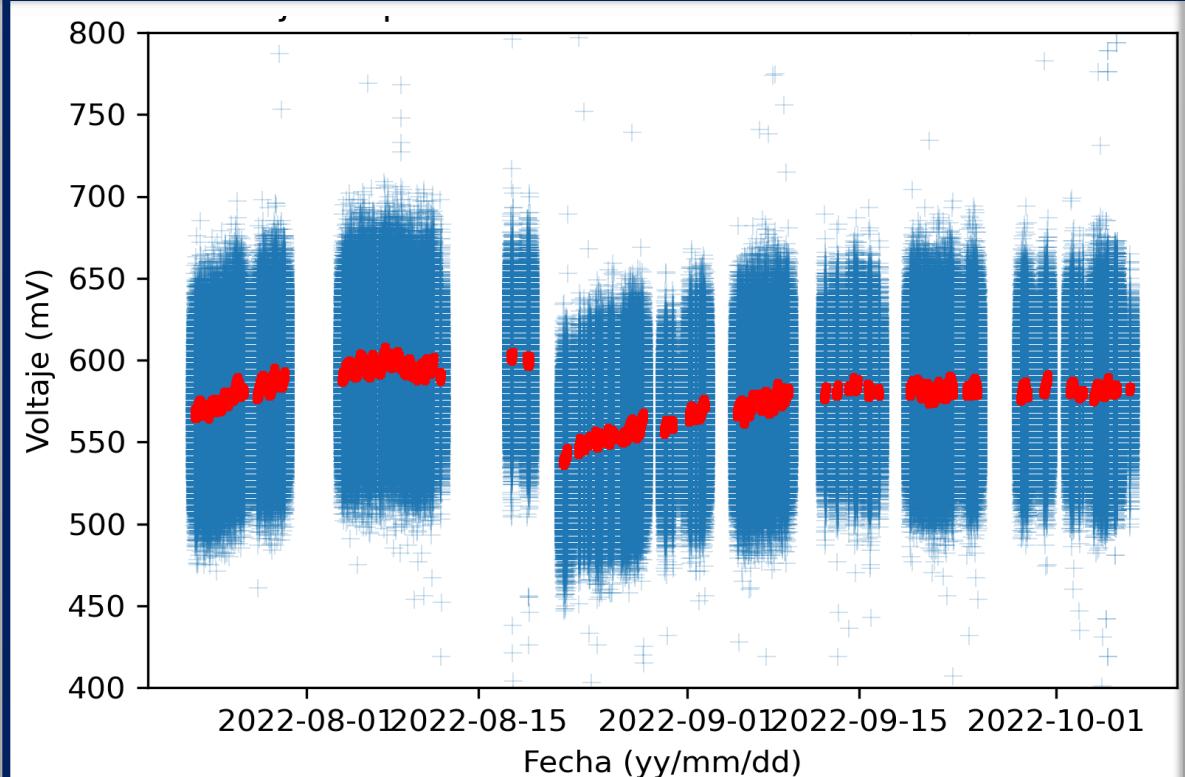
- Tamaño reducido
- Electrónica más reciente
- Ancho de banda de trabajo de 50MHz
- Fácil de configurar mediante lenguajes como Python, Matlab y Labview
- Alimentación USB 5V/2A

# MONTAJE EXPERIMENTAL



1. Tanque de resina de polietileno con 1000Lt. de agua, recubierto internamente con *Tyvek* y externamente con una lona. Además, se integra un *PMT – XP1802*
2. Visualización de pulsos en tiempo real con un osciloscopio digital
3. Electrónica de adquisición de datos (*RedPITAYA* y *Tarjeta Raspberry Pi*)
4. Control de parámetros, registro y análisis de datos mediante la interfaz gráfica (ANNA)

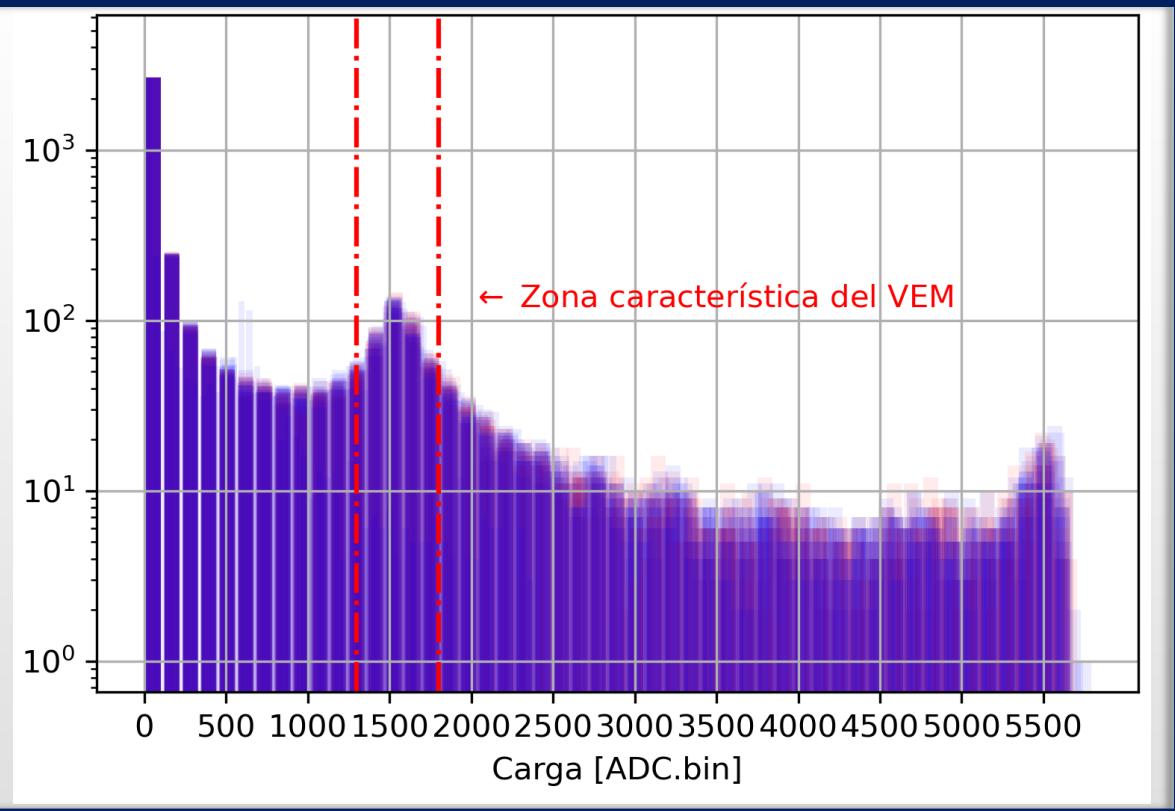
# RESULTADOS



1

Flujo de partículas cósmicas correspondiente a 840 horas de datos registrados desde el 22 de Julio hasta el 7 de Octubre por el **detector Cherenkov de agua Characatito** ubicado en Perú.

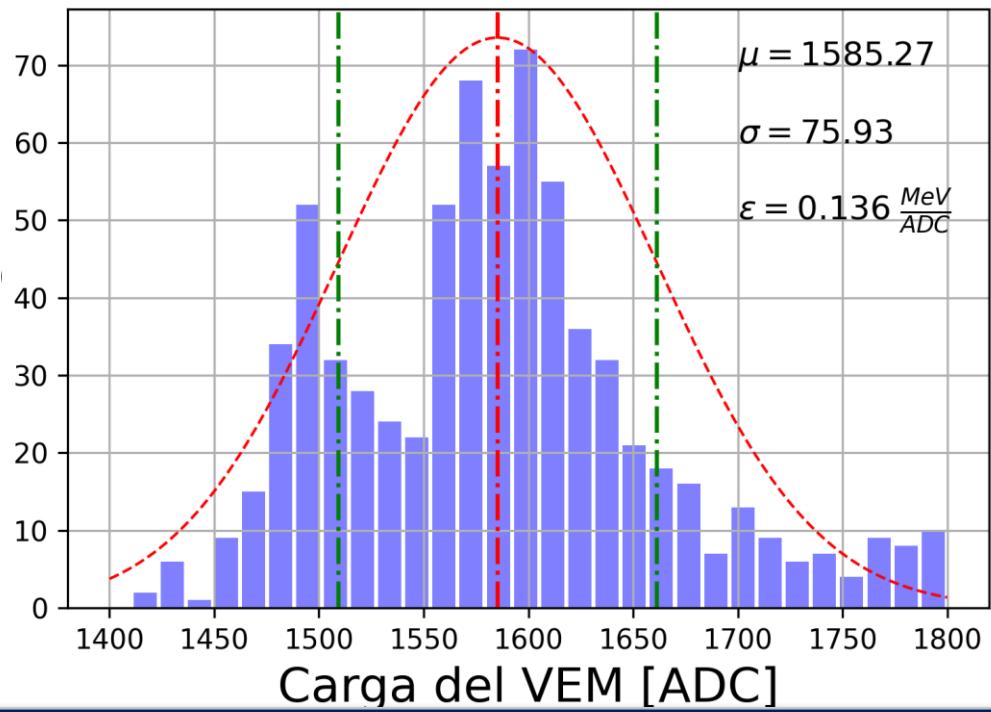
# RESULTADOS



2

Superposición de histogramas de carga registrados en el mes de Julio. El área marcada representa la superposición del pico característico de los **Vertical Equivalent Muons (VEM)**. El pico de la izquierda representa la carga depositada por la componente electromagnética de las astropartículas.

# RESULTADOS



3

Histograma de carga depositada por los *VEMs* registrados desde Julio hasta Noviembre del 2022. Este será utilizado para realizar la calibración energética del detector.

# CONCLUSIONES

- La lona negra resultó ser **muy efectiva** para aislar lumínicamente el detector Cherenkov de agua ubicado en la Universidad Industrial de Santander
- La electrónica de adquisición de datos RedPitaya + Raspberry Pi presenta **mejorías funcionales significativas** en relación a la NEXYS 2 + CubieBoard
- Se obtuvo una resolución energética de  $\epsilon = 0,136\text{MeV}/\text{ADC}$  para así obtener la calibración del detector Cherenkov de agua Characatito
- Se obtuvieron los voltajes de pulsos correspondientes al flujo de astropartículas
- Se comprobó la efectividad de los detectores Cherenkov de agua para la **medición de astropartículas de baja energía**

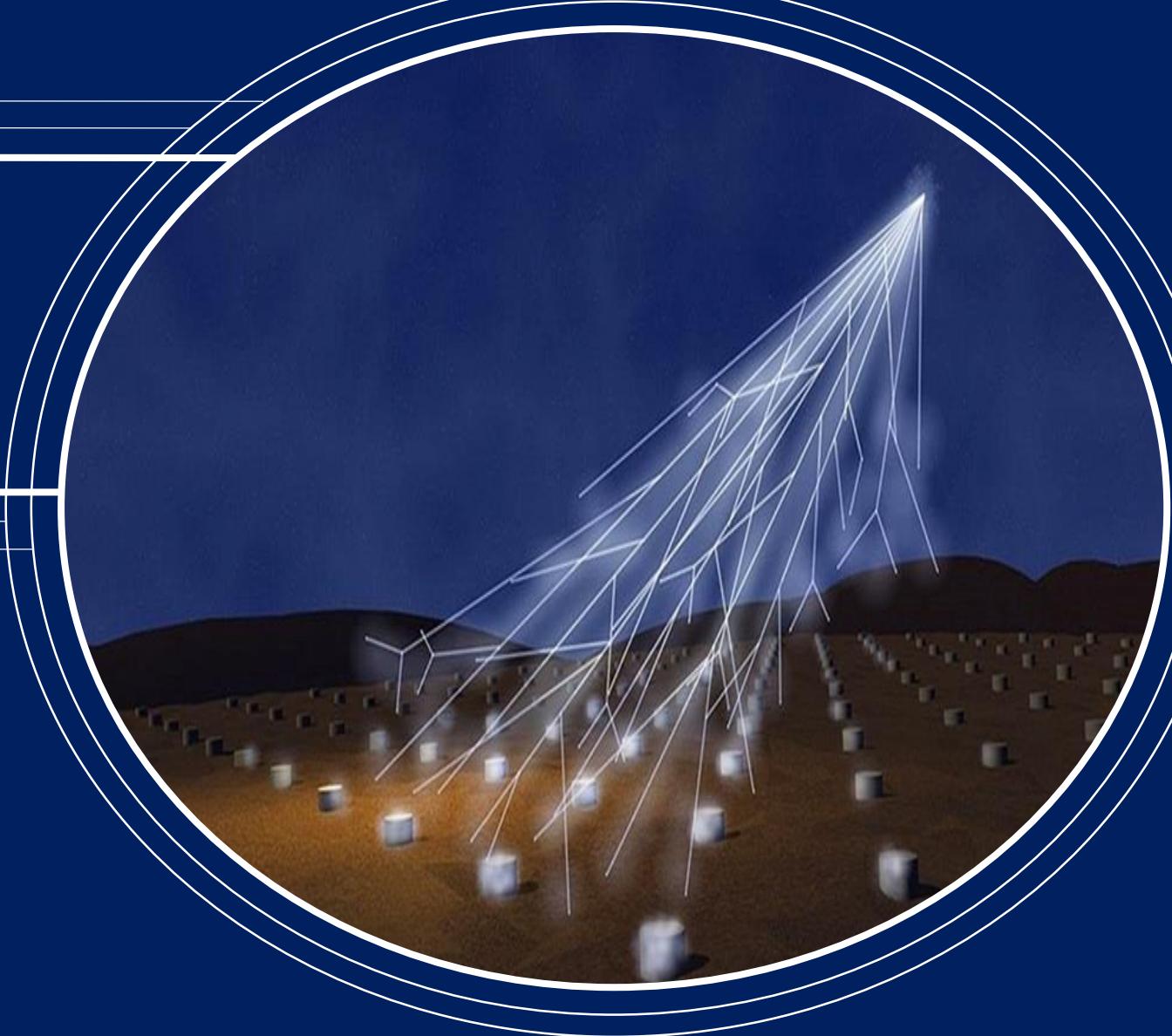
## MEJORAS FUTURAS

- Mejorar el montaje experimental del detector Cherenkov de agua ubicado en la Universidad Industrial de Santander en términos del aislante lumínico, calibración del volumen activo, la electrónica de adquisición y ubicación del PTM
- Obtener el análisis correspondiente al flujo de astropartículas encontrando una relación lineal entre el voltaje de pulsos registrados y conteos de partículas
- Caracterizar el flujo de astropartículas para este detector llenado únicamente con agua
- Comparar el flujo de astropartículas obtenido al agregar distintas concentraciones de compuestos de cloro al volumen de agua

¡Muchas gracias!

Clarizio V.

vclariziosaeucv@gmail.com



# RESPALDO

Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
Julio						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Agosto			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Septiembre					1	
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Octubre	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Días totales del mes	31	
Días con mediciones	8	
Horas (días con med.)	192	
Horas con medición	154	
Eficiencia del mes	80,208333	%

Días totales del mes	31	
Días con mediciones	23	
Horas (días con med.)	552	
Horas con medición	317	
Eficiencia del mes	57,427536	%

Días totales del mes	30	
Días con mediciones	20	
Horas (días con med.)	480	
Horas con medición	298	
Eficiencia del mes	62,083333	%

Días totales del mes	31	
Días con mediciones	6	
Horas (días con med.)	144	
Horas con medición	75	
Eficiencia del mes	52,083333	%

# RESPALDO

3.- REGISTRO DE LOS PMT			Funcional
# PMT y otros	Modelo	Estatus	
1	PMT R5912	PMT que estaba en el tanque. Presuntamente con la fuente C20 dañada. Sulfato en el DB9 pero no existe corto en sus terminales	No
2	PMT XP1802	Presuntamente con la fuente C20 dañada. No existe corto en los terminales del DB9.	No
3	PMT XP1805/PA1	PMT acoplado a una estructura fija. Se requiere desacoplar para correr el diagnóstico.	---
4	PMT XP1805/PA1	PMT de socket. No tiene la tarjeta acoplada, y tampoco está en la caja.	---
5	PMT XP1802	PMT no presenta corto en sus terminales DB9. Se mide una señal DC cuando se incrementa el HV. Funciona la fuente de HV	Si
6	PMT R5912	DIAGNÓSTICO REQUERIDO	---
7	PMT R5912	DIAGNÓSTICO REQUERIDO	---

# RESPALDO

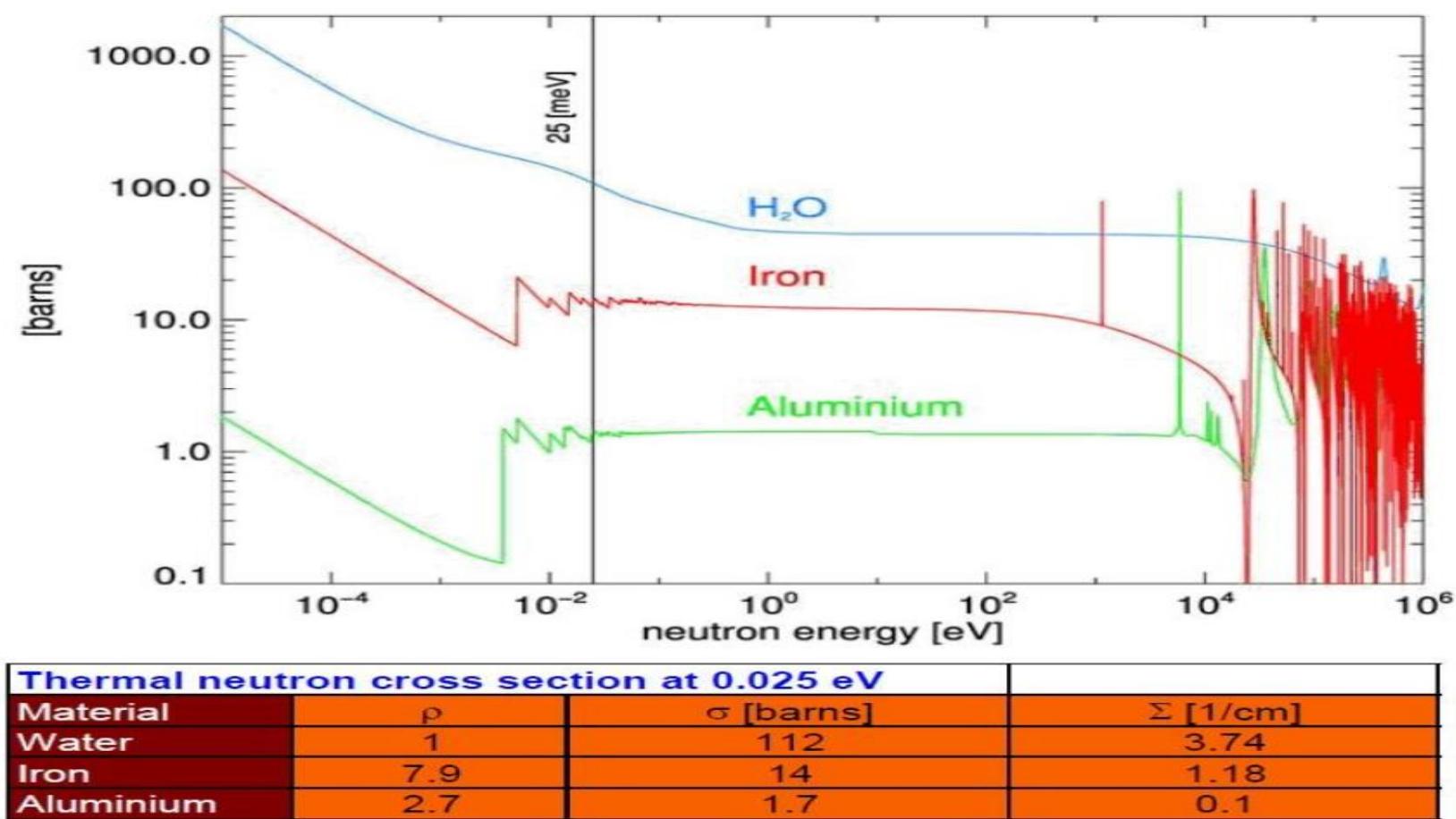
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1SzwbBeKV0Bx2nyFjFNvYcaUmV02c9xLme6Muu5LyS5oo/edit#gid=815228456>

1.- CONTINUACIÓN: OPTIMIZACIÓN DEL VOLTAJE DE TRABAJO DEL PMT		V. Pulso (V)
Las mediciones están siendo tomadas con solo 11 bines en lugar de 12. Para descartar, se utilizará una Raspberry, que sustituirá a la tarjeta Cubieboard 2. Se verifican las señales obtenidas para diferentes voltajes de polarización, con configuración de triggers t1, t2 y t3 de 1024, 1024 y 60mV respectivamente, con un nivel de trigger de -50mV en el osciloscopio. El osciloscopio está en modo Average.		
hvx -s xxxV	Observaciones - ./ago -s t3 60	
250	No se aprecian pulsos en el osciloscopio	0
300	Se aprecian pulsos de 50mV a 100mV, pero pocos en comparación al ruido	0,05
350	Se aprecian pulsos de 100mV a 300mV, pero pocos en comparación al ruido	0,06
400	No se aprecian pulsos en el osciloscopio, solo ruido	0,08
450	Se aprecian pulsos de 200mV a 400mV, pero pocos en comparación al ruido	0,1
500V	Se aprecian pulsos de 200mV a 400mV, pero pocos en comparación al ruido	0,2
550V	Se aprecian pocos pulsos de 500mV a 1.5V	0,41
600V	Se aprecia ruido, y pulsos negativos de 80ns. Los pulsos tienen una amplitud promedio de 1V.	0,45
650V	Se aprecia ruido, y pulsos negativos de 80ns. Los pulsos tienen una amplitud promedio de 1.5V.	0,52
700V	Aparecen pulsos negativos de 80ns y ruido reducido. En promedio, los pulsos tienen una amplitud de 3V.	0,65
800V	Aparecen pulsos negativos de 80ns y ruido reducido. En promedio, los pulsos tienen una amplitud de 5V.	1,2
900V	Aparecen pulsos negativos de 80ns y ruido reducido. En promedio, los pulsos tienen una amplitud de 6V.	2,1

# RESPALDO

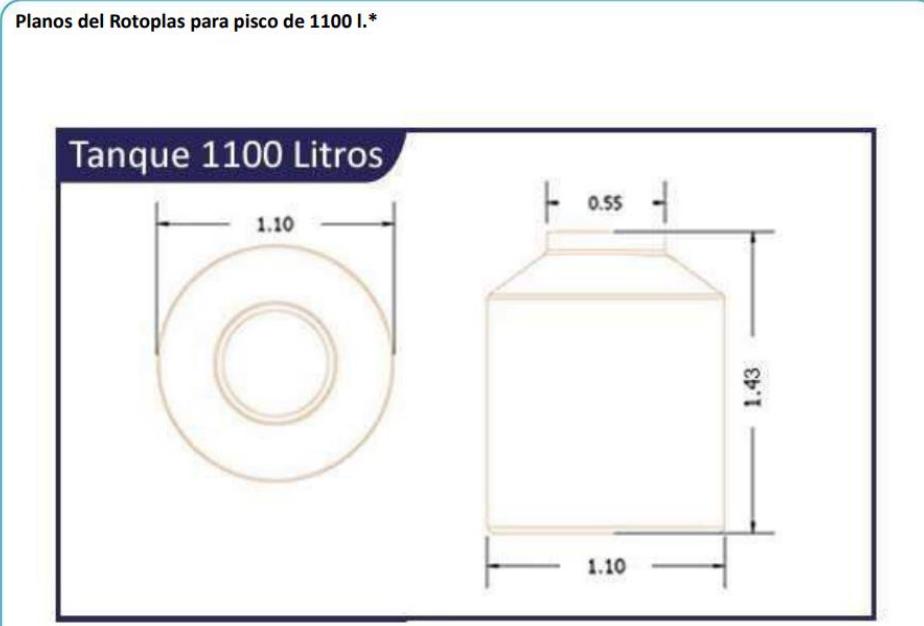
Nuclide	$\sigma$ (barns) neutron absorption	Comments
$^4_2\text{He}$	$\sim 0$	gas cooled reactor coolant, “filled shell”, nucleus is an alpha particle
$^8_8\text{O}$	0.00019	in light & heavy water, “filled shell”, is like 4 alphas
$^2_1\text{H}$	0.00052	deuterium, in $\text{D}_2\text{O}$ , good collisional energy transfer with modest absorption
$^{12}_6\text{C}$	0.0035	graphite, good collisional transfer with modest absorption, “3 alphas”
Zr	0.18	zirconium, non-corrosive, high temp metal used for cladding fuel
$^1_1\text{H}$	0.332	hydrogen, in $\text{H}_2\text{O}$ , optimum collisional energy transfer, medium absorption
$^{238}_{92}\text{U}$	2.7	99.7% of natural uranium, low fission cross-section, A is even
$^{115}_{49}\text{In}$	$3 \times 10^4$	at 1.46 eV resonance peak
$^{235}_{92}\text{U}$	681	0.7% of natural uranium, fission cross-section is similar
$^{239}_{94}\text{Pu}$	1022	fission cross-section is 750 barns
$^{10}_5\text{B}$	3840	boron, graphite contaminant, boronated water used for control
$^{135}_{54}\text{Xe}$	$2.6 \times 10^6$	fission product, “poison”, can cause restart problems (slow creation)
$^{113}\text{Cd}$	7800	at 0.175 eV resonance peak, used in control rods

# RESPALDO



# RESPALDO

FT-STD-tinpv	Ficha Técnica del Tanque Rotoplas para Pisco	Fecha de Emisión 20 /07/2014
--------------	--	---------------------------------



## Tanque Characatito

