



Hacia un Detector Estándar para monitoreo de Rayos Cósmicos



CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Encuentro CyTED LAGO INDICA
2025



35 AÑOS FORMANDO SERES HUMANOS
libres, creativos y emprendedores

Dennis Cazar Ramírez
Universidad San Francisco de Quito USFQ

Contenido

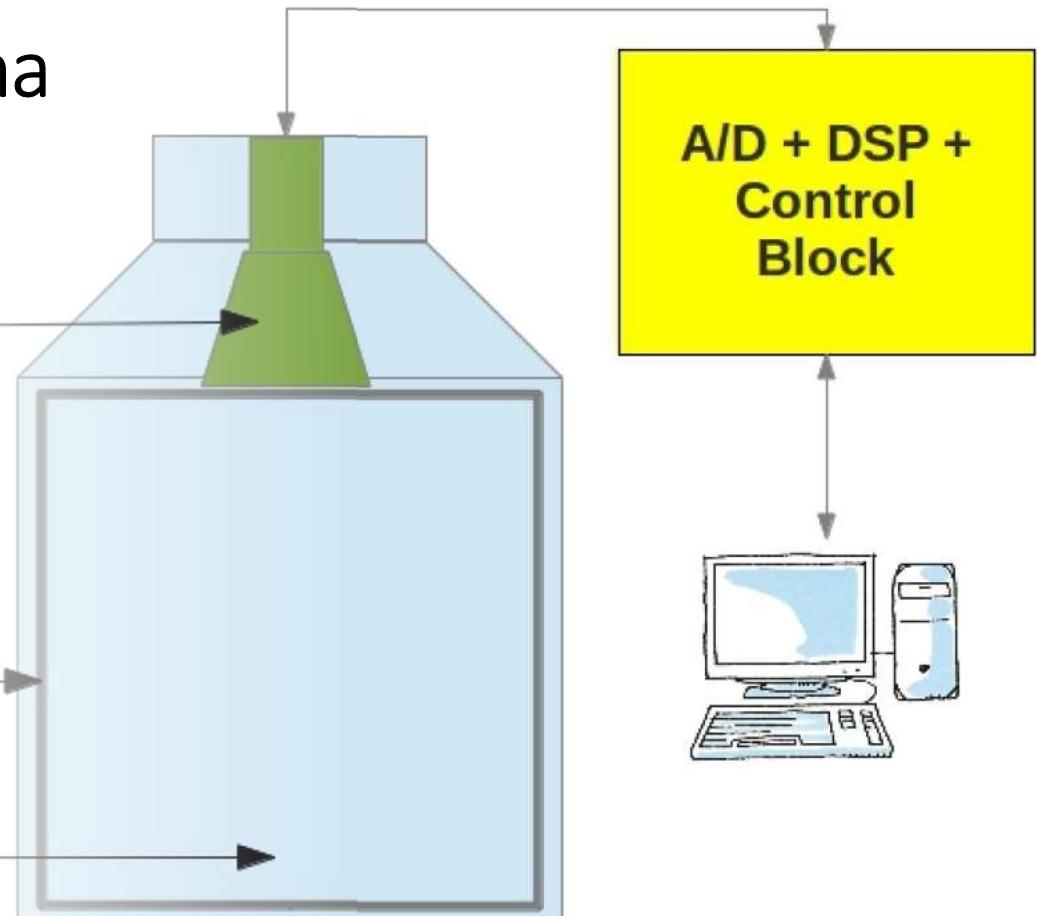
- **Descripción del sistema**
 - Medio detector
 - Fotomultiplicador
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada
- **Un poco de historia**
 - DAQ basada en Nexys
 - DAQ basada en RedPitaya
 - Firmware y Software
- **DAQ basada en RedPitaya versión 2**
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada

Contenido

- **Descripción del sistema**
 - Medio detector
 - Fotomultiplicador
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada
- **Un poco de historia**
 - DAQ basada en Nexys
 - DAQ basada en RedPitaya
 - Firmware y Software
- **DAQ basada en RedPitaya versión 2**
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada

Descripción del sistema

- Tanque con agua superpura
 - Cubierta interior difusora (Tyvek)
 - Cubierta externa para absorber la luz
- Fotomultiplicador de 8"
 - Tarjeta polarizadora con dos canales
 - Fuente HV (0 – 2500V 1mA)
- Tarjeta DAQ
 - Pulse shaper y ADC
 - Corrector de Baseline
 - Control de HV y alimentación
 - Procesamiento de datos con FPGA
 - Sensor de presión y temperatura
- Configuración y almacenamiento de datos via USB con PC



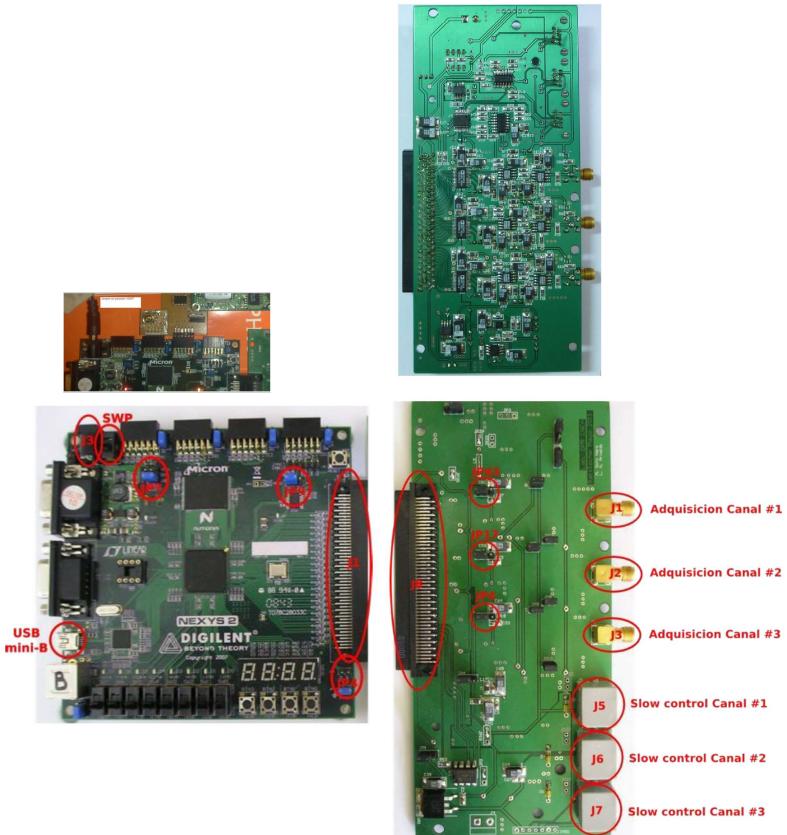
Contenido

- **Descripción del sistema**
 - Medio detector
 - Fotomultiplicador
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada
- **Un poco de historia**
 - DAQ basada en Nexys
 - DAQ basada en RedPitaya
 - Firmware y Software
- **DAQ basada en RedPitaya versión 2**
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada

DAQ basada en Nexys (2011)



The Large Aperture Gamma Ray Observatory



Características

- Adquisición de 3 canales
- Amplificador y conformador de pulso analógico
- ADCs de 10 bits 40MSps (1024 cuentas a 25ns)
- Control de HV mediante salidas PWM
- Compensación de Baseline via SW a 50 cuentas de ADC
- Procesamiento de datos con FPGA Nexys 2 (Digilent Evaluation Board)
- Control y comunicación via USB
- Módulo GPS Motorola OnCore
- Sensor de presión y temperatura analógico HP03
 $30 \div 110 \text{ kPa}$; $-40 \div 85^\circ \text{C}$
- Conector RJ45 – DB15 para el PMT

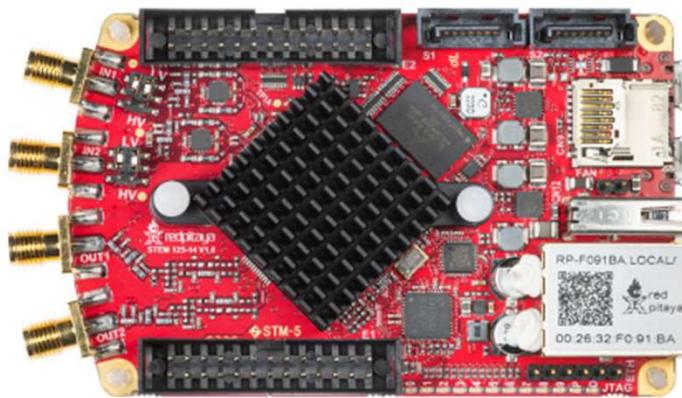
Desarrollado por el Laboratorio DPR del Instituto Balseiro de Bariloche (H. Arnaldi, H. Asorey, M. Sofo Haro)

Contenido

- **Descripción del sistema**
 - Medio detector
 - Fotomultiplicador
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada
- **Un poco de historia**
 - DAQ basada en Nexys
 - DAQ basada en RedPitaya
 - Firmware y Software
- **DAQ basada en RedPitaya versión 2**
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada

Tarjeta DAQ RedPitaya 125-14

- System On Chip desarrollado por STEMLab
- 2 RF Inputs(125MSPS 14bit +/- 1V)
- 2 RF Outputs (125MSPS 14bit +/- 1V)
- 4 Analog outputs (100KSPS 12 bit 0-1.8V)
- 4 Analog inputs 100KSPS 12 bit 0-3.3V)
- 16 Digital I/O
- I2C, UART, SPI interfaces
- ARM based computer
 - Dual Core ARM cortex A9 processor
 - DDR3 512 Mb RAM memory
 - MicroSD HD (up to 32 GB)
- FPGA Xilinx Zynq 7010



Ventajas:

- Tarjeta comercial (aprox. 400USD)
- ADCs integrados
- Compensación de baseline incorporada
- Conexión USB, Ethernet, Wifi
- Desarrollo de FW con Vivado



Latin American Giant Observatory

DAQ basada en RedPitaya (2018)

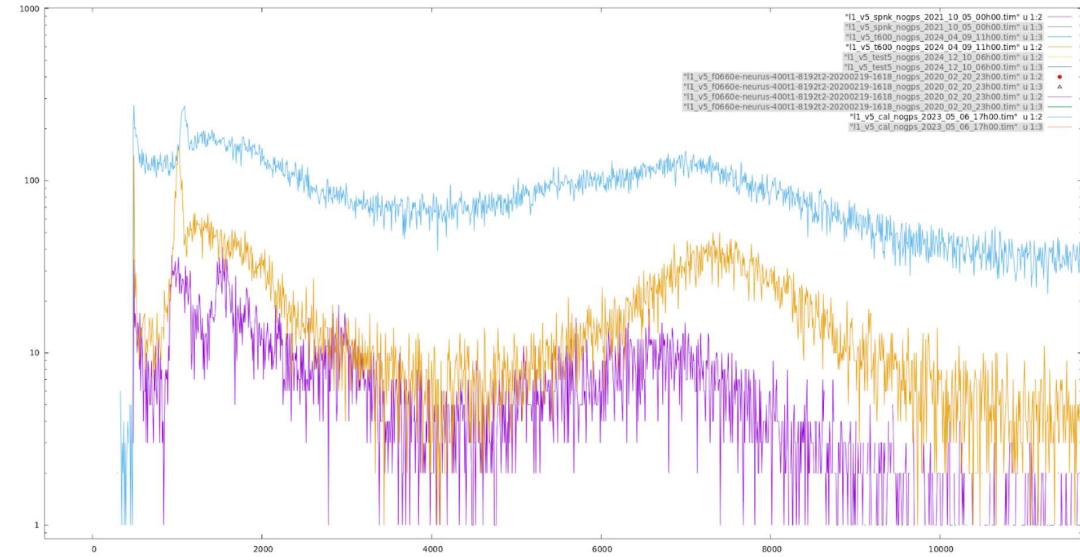


Características

- Adquisición de 2 canales
- Generación de votajes de alimentación independiente de la RedPitaya
- Control de HV mediante salidas PWM
- Amplia capacidad de Procesamiento de datos con FPGA
- Control y comunicación via USB
- Módulo GPS Xbee UART
- Sensor de presión y temperatura digital BMP180 $30\div110\text{kPa}$; $-40\div85^\circ\text{C}$ I2C
- Conector DB15 – DB15 para el PMT
- Desarrollado por el Laboratorio DPR del Instituto Balseiro de Bariloche y el Laboratorio Leopard USFQ Ecuador (H. Arnaldi, D. Cazar Ramírez)

Problemas encontrados con esta versión

- Regulador de voltaje de baja disponibilidad en el mercado
- Montaje a mano complicado disminuye la fiabilidad
- Pinout del conector DB15 equivocado
- Problemas de calentamiento de la RedPitaya
- Consumo de potencia: al conectar la RedPitaya a 2 PMTs el rate de adquisición baja

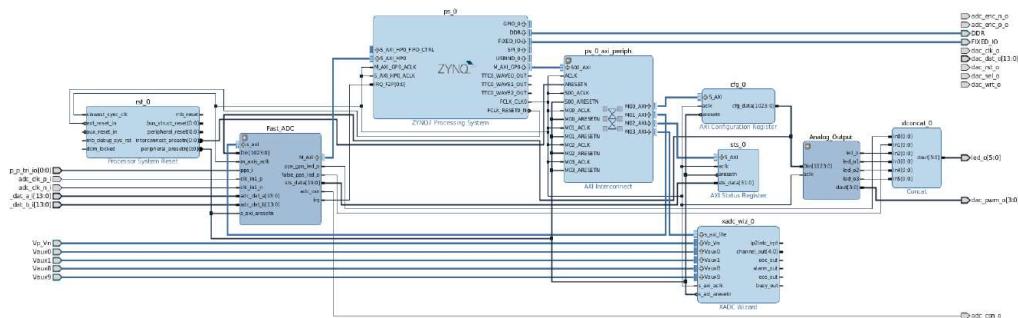


Ruido generado por los convertidores de switching “contamina” los datos

Contenido

- **Descripción del sistema**
 - Medio detector
 - Fotomultiplicador
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada
- **Un poco de historia**
 - DAQ basada en Nexys
 - DAQ basada en RedPitaya
 - **Firmware y Software**
- **DAQ basada en RedPitaya versión 2**
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada

Firmware y Software

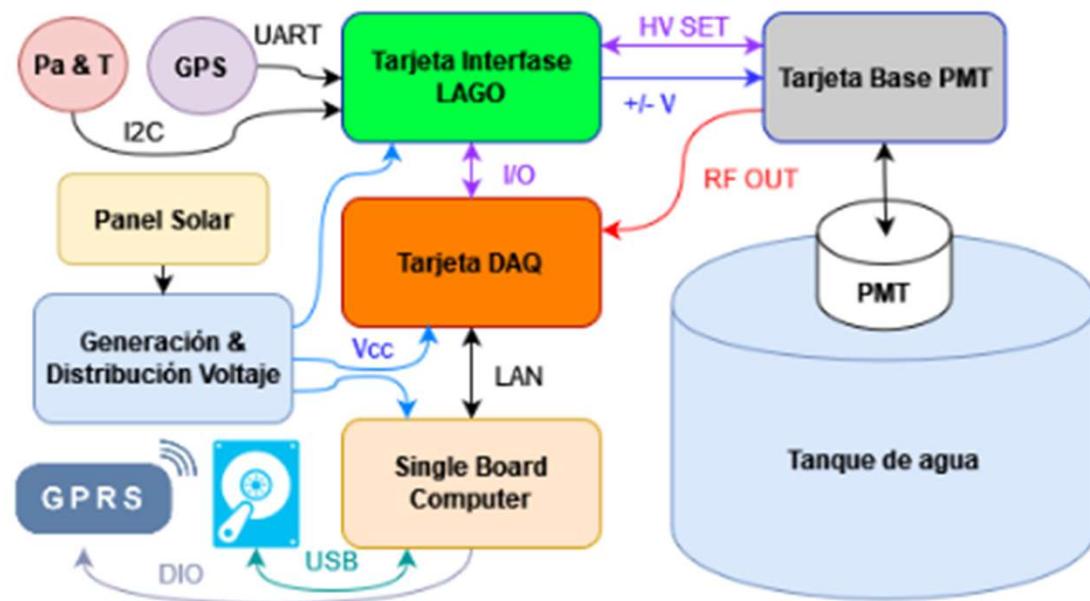


- La RedPitaya contiene un uP ARM donde se puede correr Linux (Debian 10 “buster” actualmente)
 - La FPGA puede ser programada con Vivado (sistema de desarrollo modular)
 - La FPGA tiene capacidad para realizar preprocesamiento de datos
 - Almacenamiento de datos hasta 10KHz de rate con disco SSD

Contenido

- **Descripción del sistema**
 - Medio detector
 - Fotomultiplicador
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada
- **Un poco de historia**
 - DAQ basada en Nexys
 - DAQ basada en RedPitaya
 - Firmware y Software
- **DAQ basada en RedPitaya versión 2**
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada

Esquema del detector (versión autónoma)



DAQ Basada en RedPitaya v2

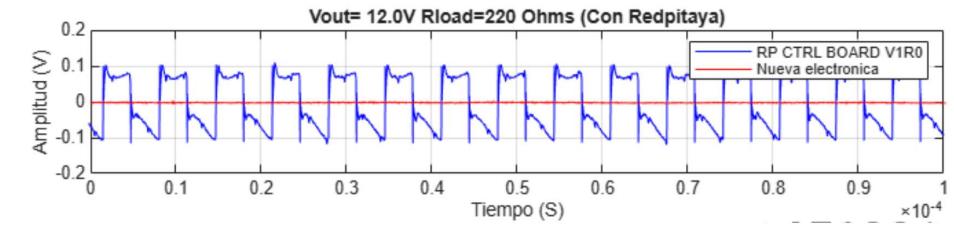
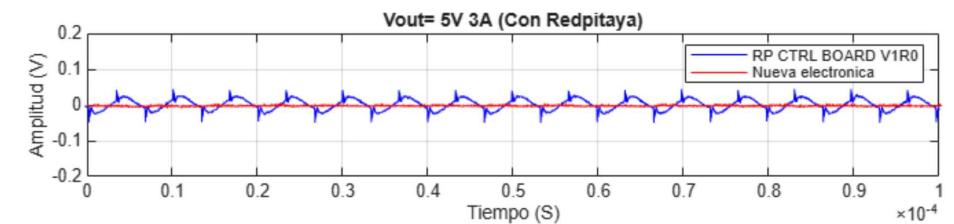
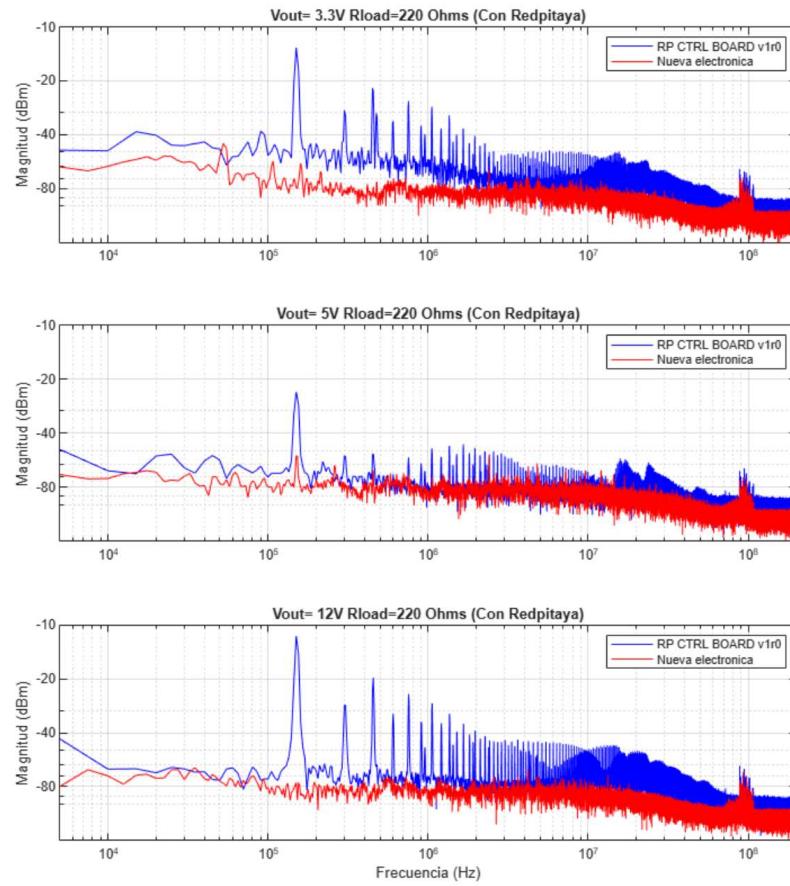


La RedPitaya se conecta en la parte inferior izquierda para mejorar la disipación de calor

- La tarjeta alimenta todo el sistema de manera independiente (Ingreso 12V@3A)
- Filtraje de ingresos y salidas para minimizar el ruido e interferencias
- Fusibles activos para protección
- Control de HV con DAC de 12 bits (0.24V de resolución en HV)*
- Módulo GPS Integrado*

- Desarrollada por La universidad Nacional de Asunción UNA Paraguay, CONIDA Perú, USFQ ESPOCH Ecuador Giovanni Secchia, Juan Vega, Luis Otiniano, Mario Audelo, Dennis Cazar Ramírez

Mejoras de la nueva versión

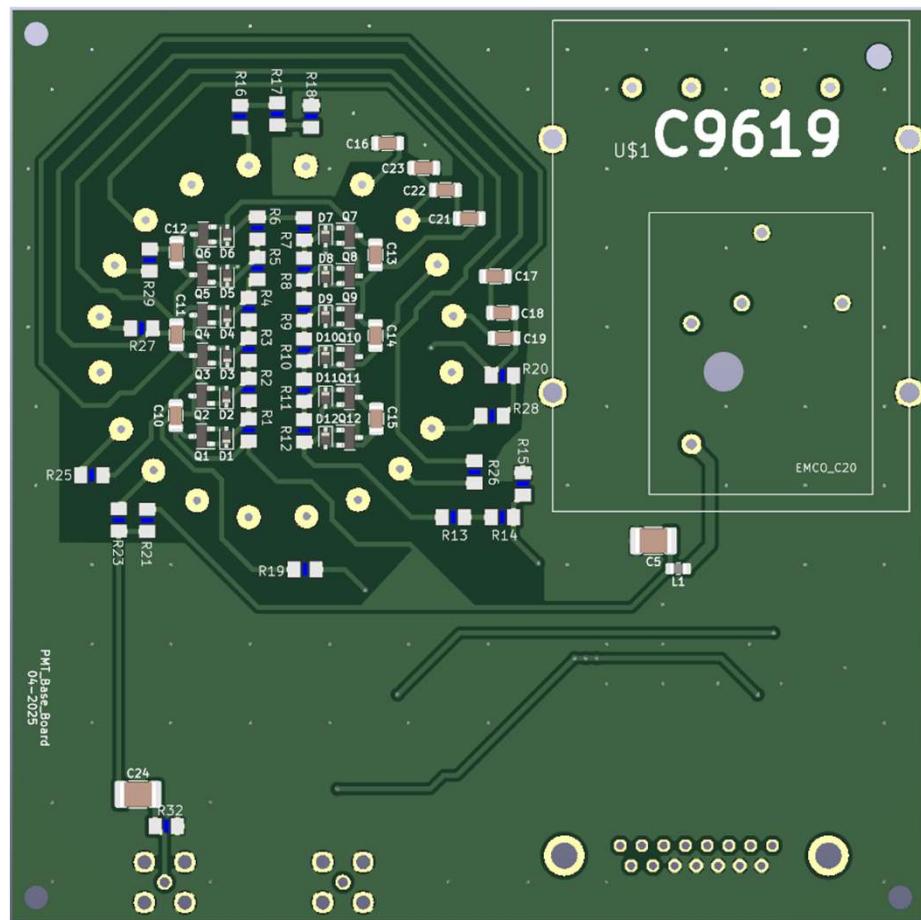


Contenido

- **Descripción del sistema**
 - Medio detector
 - Fotomultiplicador
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada
- **Un poco de historia**
 - DAQ basada en Nexys
 - DAQ basada en RedPitaya
 - Firmware y Software
- **DAQ basada en RedPitaya versión 2**
 - Tarjeta Interfase
 - Tarjeta Polarizada

Tarjeta polarizadora PMT

- Fuente de Alto voltaje integrada
- Sensor de temperatura LM36
- 2 canales de salida
- Espacio para la fuente Hamamatsu (dejando la posibilidad de EMCO)
- Integración socket PMT

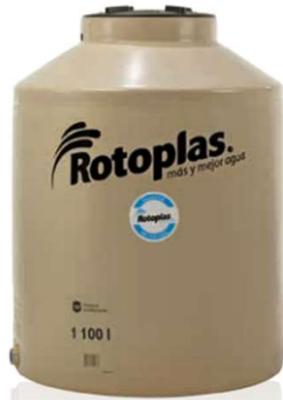




ONE RING TO RULE
THEM ALL

Descripción desarrollo actual: Tipos de tanques Tanque de PVC comercial

- Ventajas:
 - Bajo costo, fácilmente accesibles
- Adaptaciones necesarias:
 - Revestimiento externo (chova)
 - Revestimiento interno (Tyvek)
 - Adaptación de la tapa para alojar PMT

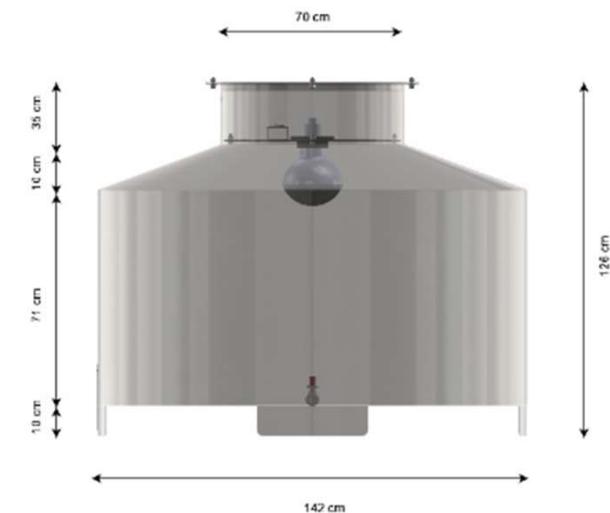
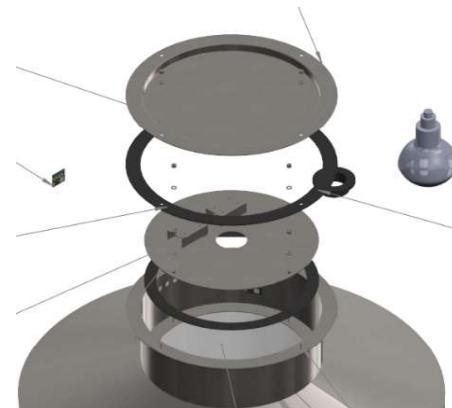


Capacidad (lts)	Diámetro (cm)	Altura (cm)
1100	110	140
2500	155	160

Descripción desarrollo actual: Tipos de tanques

Tanque de Acero Inox

Características
Capacidad 1000 lts
diámetro 140cm
Altura 70cm

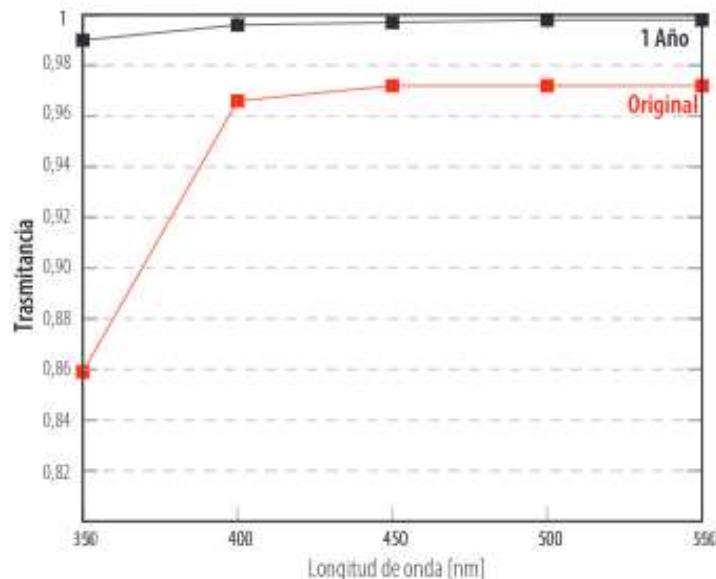
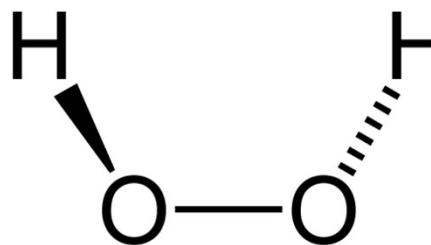


- Ventajas:
- Completamente aislado de la luz
- Pintura interna epóxica (No Tyvek)
- Instalación PMT y DAQ integrado
- Resistente a climas extremos

Diseño mecánico realizado en la ESPOCH
<https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.3130>

Tratamiento del agua

- Filtrado de partículas con filtro comercial
- Tratamiento shock con peróxido de hidrógeno (Agua oxigenada al 50% 10mg/l)

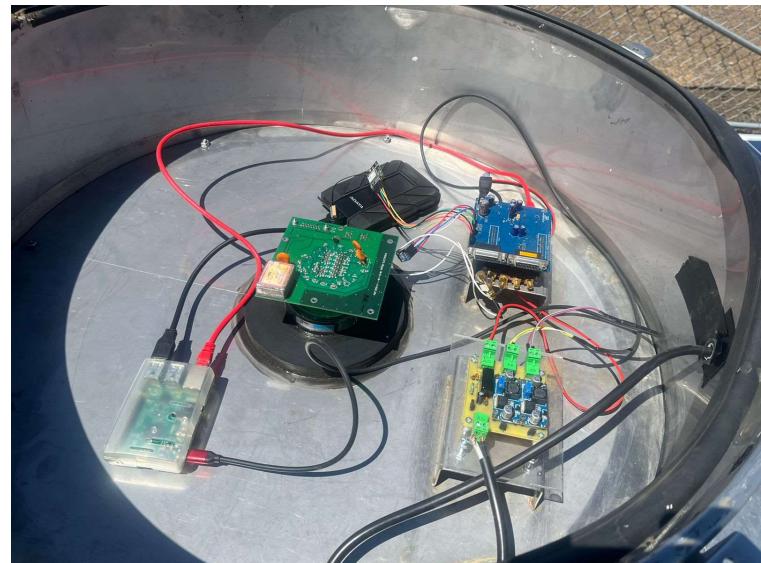


Ventajas:

- Método económico
- Transmitancia cercana a 1

Requerimientos

- Alimentación: DC 12 V @3 A
- Control via: PC o Raspberry.
- Comunicación:
- SSH via LAN RedPitaya-PC
- SSH via Wifi a PC.
- Almacenamiento de datos:
 - PC o Raspberry con disco SSD (USB 3).
 - Mapeo NFS RedPitaya-PC



- Ventajas:
 - Velocidad de transmisión 50MB/s (approx. 10KHz de rate)
 - SSD funciona en altura