

ÁREA DE CRIOGENIA, LABORATORIO DE DETECTORES DEL ICN

E. Campos Méndez ¹, M. Martínez Montero ²

¹Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

²Departamento de Física de Altas Energías, Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México.

¿Qué se hace en el laboratorio de detectores?

Se desarrollan distintas colaboraciones, en las que podemos destacar los experimentos DAMIC (DARk Matter In CCDs) y CONNIE (COherent Neutrino Nucleus Interaction Experiment). Ambos experimentos emplean dispositivos llamados CCDs (Charged Coupled Devices) de calidad científica. Bajo ciertas condiciones pueden funcionar como detectores de partículas. Actualmente, se cuenta con un banco de pruebas para caracterizar las CCD's. Esta caracterización nos ayudará a determinar la respuesta de las CCD's a diferentes tipos de radiación (α , β , γ y neutrones).

CCD's

Un CCD es un dispositivo semiconductor de silicio en la parte superior de un capacitor MOS (Metal-Oxido-Semiconductor) permite acumular carga ionizada en un patrón espacial y mantenerla ahí hasta el momento de ser leída. Cuando fotones u otras partículas penetran en el silicio de la CCD, éstos liberan portadores de carga, que son arrastrados por un campo eléctrico hacia un conjunto de electrodos en la cara superior de la CCD. Posteriormente la carga es desplazada píxel a píxel por medio de una secuencia de pulsos aplicada a los electrodos hasta llevarla a un amplificador, donde es digitalizada. La secuencia de cargas leídas se traduce en una imagen. [1].

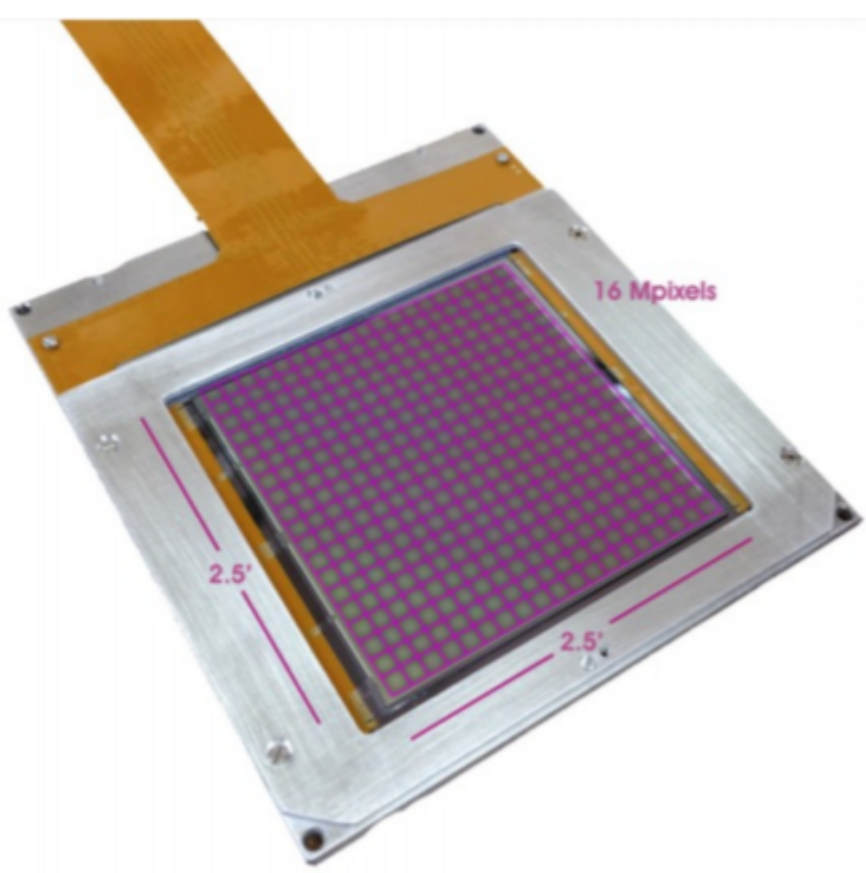


Fig. 1: CCDs de calidad científica, Imagen de [2]

¿Cómo funcionan como un detector de partículas?

Las partículas a detectar chocan con los núcleos de silicio que permite la ionización, las cargas son desplazadas en dirección z y colectadas por las compuertas de las CCD.

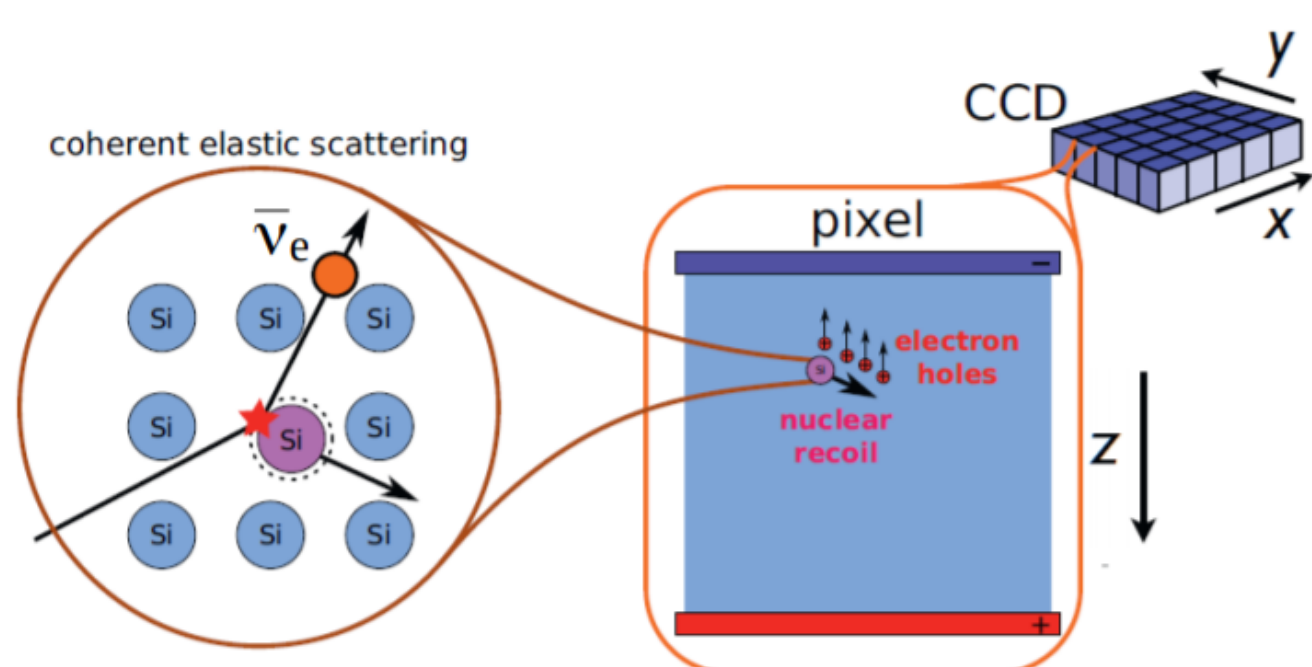


Fig. 2: Imagen de [2]

¿Qué obtenemos de una CCD?

El banco de pruebas posee sistemas electrónicos de adquisición de datos diseñados para la lectura de los dispositivos del CCDs, a través de estas señales, con ayuda de los sistemas de adquisición, se pueden almacenar en una computadora las imágenes de la superficie de la CCD.

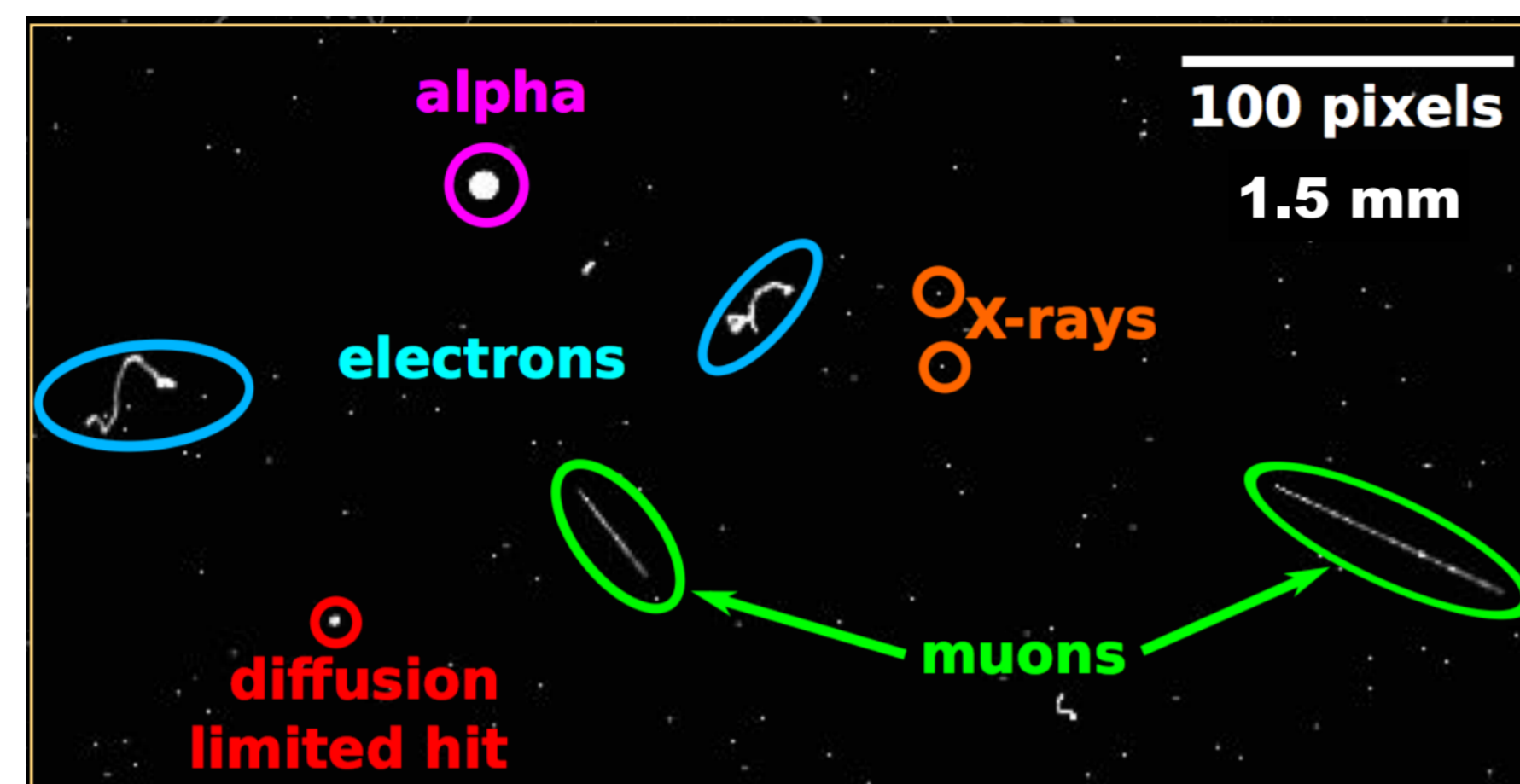


Fig. 3: Imagen de una CCD donde se muestran los patrones de algunas partículas. Imagen de [3]

¿Cómo se caracterizan las CCDs?

Las CCDs deben operar a bajas temperaturas (<100 K) y para lograrlas debe hacerse dentro de una cápsula hermética conectada a una bomba de vacío, que extrae todo el aire y genera un vacío constante en su interior. Ya en el interior de la cápsula, la CCD se encuentra conectada a una cabeza de enfriamiento que es parte de un equipo refrigerador y ambos se encargan de disminuir la temperatura de la CCD. Por otra parte, el sistema de adquisición de datos de las CCDs integra una fuente de alimentación que suministra la energía necesaria para alimentar a la CCD y a la tarjeta de adquisición de datos Low Threshold Acquisition "LTA" (desarrollada en conjunto por el Fermilab, la Universidad Nacional de Asunción y la Universidad Nacional de Cuyo) que a su vez se comunica con la computadora cuya función es controlar todos los sistemas y adquirir todos los datos provenientes de los equipos que integran el Banco de Pruebas.

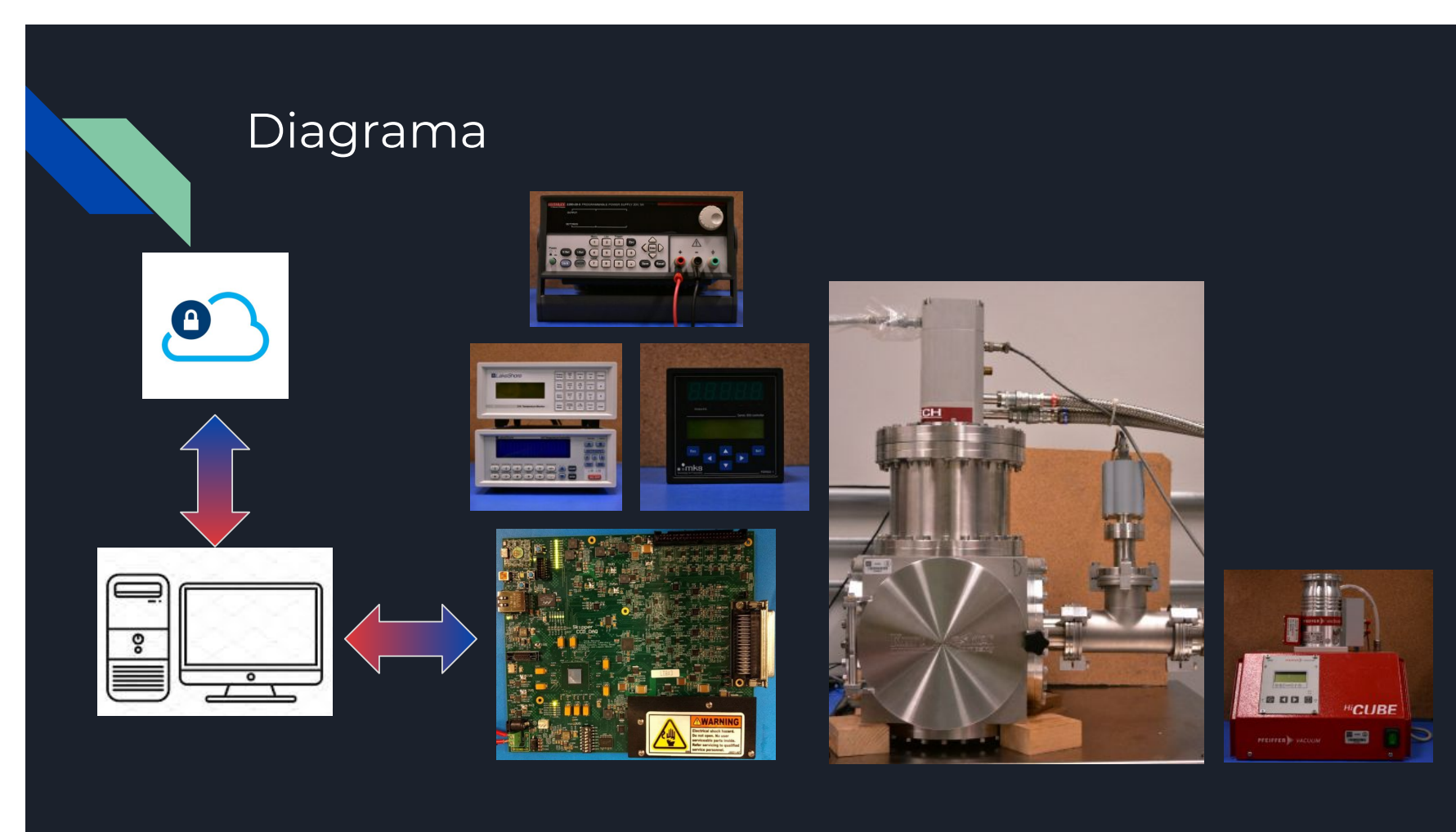


Fig. 4: Diagrama del Banco de Pruebas.

Materia Oscura

Se cree que la materia oscura está compuesta por partículas débilmente interactuante (Weakly Interacting Massive Particles) y que corresponde al 80% de la materia del universo. También se cree que tiene un papel central en la evolución de las estructuras de diferentes escalas en el universo.

La materia oscura no interactúa con los campos electromagnéticos por lo que no refleja, emite ni absorbe la luz, por lo que su detección es un reto para la física experimental. Se ha inferido su existencia por los efectos gravitatorios que genera sobre la materia común.

El experimento DAMIC es uno de los experimentos que están actualmente tratando de detectar la materia oscura con masa más ligera que el rango en el cuál la mayoría de experimentos están buscando. DAMIC está en el SNOLAB (Sudbury Neutrino Observatory LAB) en Sudbury, Canadá.

Las intenciones de este experimento es dar un gran paso en la exploración de las partículas de la materia oscura.

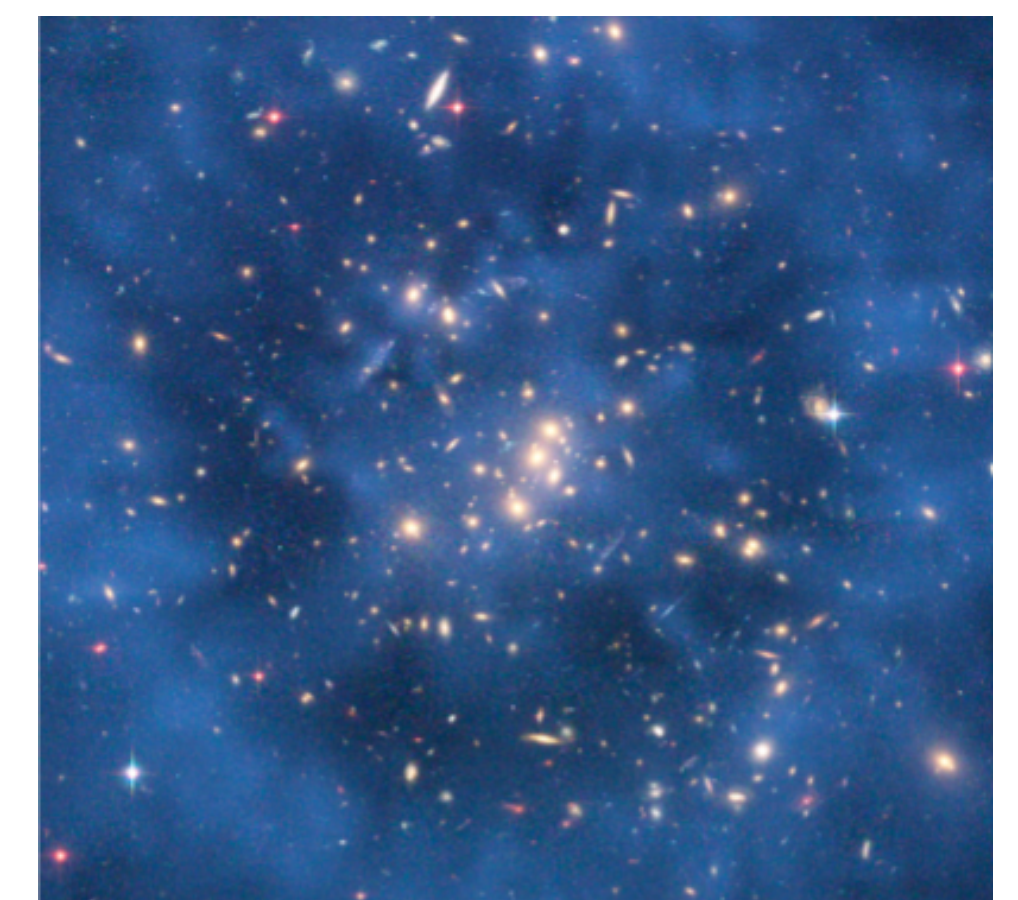


Fig. 5: Foto tomada por el telescopio Hubble.

Neutrinos

Los neutrinos son partículas elementales que interactúan solo con la gravedad y con la fuerza de interacción débil. El modelo estándar predice la dispersión elástica coherente del neutrino con el núcleo (CEvNS). Como su nombre sugiere CEvNS es el proceso en el que el neutrino se dispersa de un núcleo en una forma coherente y elástica. Esta dispersión hace que el núcleo se mueva muy poco por este motivo es muy difícil detectar este fenómeno. Este canal de detección fue descubierto recientemente, en el 2017 por la colaboración COHERENT. [4]

El experimento CONNIE busca detectar los antineutrinos generados en el reactor nuclear Angra 2, en la Central nuclear Almirante Álvaro Alberto en Angra dos Reis, Brasil.

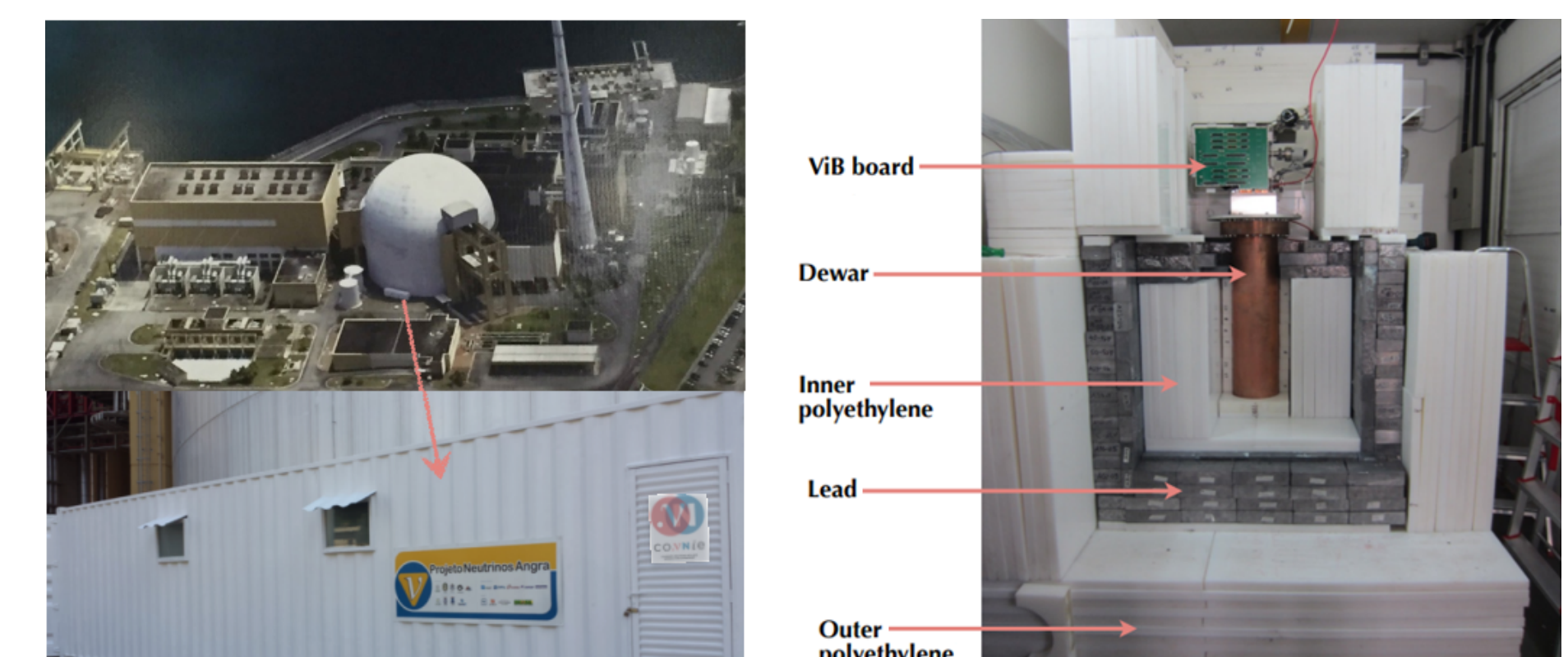


Fig. 6: Trailer donde está el experimento en la planta Angra II y los distintos componentes que protegen a las CCDs. Imagen extraída de [5].

Referencias

- [1] What is CCD?, 07 2021.
- [2] Alexis A. Aguilar-Arévalo. Neutrino physics at a reactor with the CONNIE experiment, Conf. Neutrinos in Colombia 2021, 07 2021.
- [3] B. Kilminster. DAMIC Probing 10 orders of magnitude of dark matter masss using CCDs, 11 2020.
- [4] D. et al. Akimov. Observation of coherent elastic neutrino-nucleus scattering. *Science*, 357(6356):1123–1126, Aug 2017.
- [5] CONNIE, el experimento con antineutrinos en la frontera de la física, 01 2018.
- [6] Alexis Aguilar-Arevalo et al. Search for light mediators in the low-energy data of the CONNIE reactor neutrino experiment. *JHEP*, 04:054, 2020.

Información de Contacto:
Campos Méndez Ethan
ethancampos@ciencias.unam.mx

