



**ALICE**

**Catálogo de Infraestructura 2014 de la  
Red Temática Mexicana Científica y  
Tecnológica para ALICE-LHC**

# Índice

<b>1 BIENVENIDA</b>	<b>3</b>
<b>2 CÓMPUTO EN RED ALICE</b>	<b>4</b>
2.1 Centro de cómputo Tochtli-ICN . . . . .	4
<b>3 ELECTRONICA EN RED ALICE</b>	<b>6</b>
3.1 Laboratorio de Electrónica Avanzada . . . . .	7
3.2 Laboratorio de Diseño e Impresión de Tarjetas Electrónicas . . . . .	9
<b>4 INSTRUMENTACIÓN EN RED ALICE</b>	<b>11</b>
4.1 Laboratorio de Radiología . . . . .	12
4.2 Laboratorio de Instrumentación . . . . .	14
4.3 Laboratorio de Instrumentación . . . . .	15
4.4 Laboratorio de Partículas . . . . .	17
4.5 Laboratorio del Grupo Experimental Nuclear y de Altas Energías . . . . .	19
4.6 Laboratorio de Detectores . . . . .	22
4.7 Laboratorio de Detectores . . . . .	29

# 1 BIENVENIDA

La física experimental Altas Energías, es una de las áreas más jóvenes que se están desarrollando en México. Además, es fuente de desarrollo en tecnología de frontera, debido al hecho de que en ésta área, cada experimento nuevo debe cumplir con el requisito de ser mejor que uno anterior, para alcanzar mayor y mejor precisión de sus mediciones. Por lo anterior, los grupos participantes en los experimentos de Altas Energías, requieren de la última tecnología del mercado y en la mayoría de los casos, no existe lo que se requiere, en consecuencia es necesario investigar y desarrollar sus propios instrumentos de medición, para conseguir mediciones cada vez más precisas.

La Temática Mexicana de Científica y Tecnológica para ALICE-LHC, es un grupo que lleva prácticamente dos décadas participando en el experimento ALICE (A Large Ion Collider Experiment), y para tener una contribución significativa, los grupos participantes de esta red, han formado sus laboratorios de tal manera que se pueden complementarse entre estos y así poder competir con los grupos internacionales.

El trabajo desarrollado para ésto ha dado grandes frutos, ya que dentro de los laboratorios se desarrollan desde un circuito electrónico simple, hasta tarjetas con electrónicas ultrarápida y de multicapas, la cual no es comercial, pero si es requerida para nuestras mediciones. También se desarrollan prototipos de detectores, y que finalmente conducen a diseños de nuevos detectores, los cuales se han puesto a funcionar dentro del experimento ALICE, como el caso del VZERO.

Por otro lado, pero asociado a las mismas necesidades de hacer mediciones nuevas y de mejor precisión, para entender nuestro universo, surge el desarrollo de análisis masivo de los datos colectados. Esto lleva a lo que hoy se conoce como GRID, donde también se tiene contribuciones significativas e importantes en sus diferentes aspectos.

Este catálogo pretende presentar los laboratorios mexicanos en ésta red y los detectores que esta comunidad ha desarrollado y que seguramente seguirá creciendo, evolucionando y modernizando, ya que los productos se van volviendo obsoletos.

## 2 CÓMPUTO EN RED ALICE

### 2.1 Centro de cómputo Tochtli-ICN

- **Misión**

Apoyar los experimentos de FAE en México. Inicialmente el cluster fue construido para apoyar al experimento ALICE al mismo tiempo reemplazo un cluster anterior para el experimento Pierre Auger. También apoya al proyecto HAWC desde el inicio de la colaboración. El cluster está configurado como nodo GRID y tiene la misión adicional de apoyar el desarrollo de GRID en México. El acceso al equipo está abierto a los miembros de las actividades apoyadas.

- **Logros**

Apoyo al trabajo de investigación de ALICE, Auger y HAWC. Fue el primer nodo GRID para ALICE en América Latina y nodo de apoyo para proyectos GRID en México. Primer sitio en América Latina apoyando a la colaboración Auger. La UNAM recientemente puso en operación de un importante centro de cómputo

La UNAM recientemente inició la operación de un importante centro de cómputo Tier-2 para ALICE. La creación de este centro establece un paso hacia adelante en el apoyo a la ciencia en México.

- **Equipo** Los recursos de cómputo de ALICE en la UNAM se encuentran distribuidos en 2 centros de recursos:

Tier-2 SUPERCOMPUTO-UNAM ubicado en DGTIC que aporta a la Grid de ALICE:

- Cómputo: 1024 core Intel Xeon E5-2690 v2 @2.60GHz, 4GB de memoria por core.
- Almacenamiento: 580 TB.
- Sistema de colas: Torque. Servicio dedicados para servicios GRID.

Los recursos integrados en el cluster principal del ICN que suman hasta 544 core compartidos, estos se distribuyen para ALICE de la siguiente manera:

**Análisis Local:**

- Cómputo: 96 cores Intel Xeon E5-2690 v3 @ 2.60GHz con 4 GB de memoria por core.
- Almacenamiento: 30TB para análisis local.

**Recursos de GRID:**

- Cómputo: 48 cores Intel Xeon X5550 @ 2.67GHz con 1.5 GB de memoria por core.

**Recursos compartidos:**

- Cómputo: Hasta 400 cores Intel Xeon X5550 @ 2.67GHz con 1.5 GB de memoria por core.

**• Contacto**

Dr. Lukas Nellen ([lukas@nucleares.unam.mx](mailto:lukas@nucleares.unam.mx))

**Centro de cómputo Tochtli-ICN**

Instituto de Ciencias Nucleares

Universidad Nacional Autónoma de México

México, D.F.

### **3 ELECTRONICA EN RED ALICE**

Queremos descubrir y medir con precisión fenómenos que ocurren, si acaso, con una probabilidad muy, muy pequeña. Esto nos obliga a producir una gran cantidad de datos, la gran mayoría de los cuales no da información de los fenómenos tan poco frecuentes que nos interesan.

Es necesario entonces seleccionar cuanto antes la información potencialmente útil y dedicar los recursos disponibles a su almacenamiento y análisis. Esta es una labor muy difícil. Los grandes experimentos en el LHC tienen más de 100 millones de canales electrónicos y deben de medir colisiones que ocurren cada 25 nano-segundos. De estos 40 millones de intentos por segundo de crear física nueva, los límites actuales de lectura, almacenamiento y análisis de los datos, permiten retener sólo unos 100 por segundo.

Por lo tanto hay que rechazar rápidamente millones y millones de intentos, asegurándose que los que realmente son interesantes sean los que conservemos. Esto se logra con electrónica altamente sofisticada.

### 3.1 Laboratorio de Electrónica Avanzada

- **Misión**

Investigar, diseñar e instrumentar sistemas electrónicos y automatización de procesos para su aplicación en diversos campos tanto científicos como tecnológicos. Se contempla el modelado teórico práctico de sistemas electrónicos aplicados a diversas áreas como la robótica, la física de altas energías, la óptica cuántica, entre otras. Además del desarrollo e instrumentación de los elementos de control, electrónica y mecánica para la automatización de procesos.

- **Logros**

En los últimos años se han desarrollado trabajos de investigación que han dado como resultado diversos sistemas, instrumentos y tarjetas para diferentes aplicaciones. Se han desarrollado sistemas de adquisición de datos, sistemas de control, sistemas de comunicaciones ópticas y de red para la manipulación de los robots, sistemas de automatización y disparo para calibrar detectores de partículas de alta energía, etc. Los sistemas antes mencionados han sido diseñados y construidos con tecnología de vanguardia permitiendo a nuestros colaboradores realizar experimentos e investigaciones de frontera. En este laboratorio se realizó el diseño y construcción de la electrónica del detector de rayos cósmicos ACORDE, parte del experimento ALICE que está en el programa del LHC del CERN. El diseño e instrumentación de la electrónica frontal del experimento BATATA. Este laboratorio es multidisciplinario y se han desarrollado instrumentos empotrados en tarjetas electrónicas tal es el caso de la denominada MINILAB-I que consta de un osciloscopio de 10MHz de dos canales, un generados de onda arbitraria de 10MHz y un generador de patrones digitales de 50MHz. Tarjetas electrónicas que controlan tanto robots articulares de tres grados de libertad como robots industriales tipo cartesiano. Para educación se desarrollaron dos tarjetas, una es de interfaz USB y la otra es para la enseñanza de electrónica digital avanzada.

- **Equipo** Se cuenta con equipo de medición especializado para la caracterización de dis-

positivos electrónicos, tales como: 1 Analizador de estados lógicos 800MHz state/400MHz timing, 1 Osciloscopio digital de 500MHz, Generadores de funciones desde 16MHz hasta 100MHz, 1 Fuente de alto voltaje, Microscopio óptico especializado para montaje de componentes superficiales. También se cuenta con el equipo y material indispensable para el diseño de tarjetas electrónicas con dispositivos electrónicos de última generación, por ejemplo, la estación de soldadura fina.

- **Contacto**

Dr. Sergio Vergara Limón ([svergara@ece.buap.mx](mailto:svergara@ece.buap.mx))

**Laboratorio de Electrónica Avanzada**

Facultad de Ciencias de la Electrónica

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Av. San Claudio S/N Ciudad Universitaria Edificio 109A primer piso

Colonia Jardines de San Manuel,

72570 Puebla, Puebla.

México

## 3.2 Laboratorio de Diseño e Impresión de Tarjetas Electrónicas

- **Misión**

Diseñar, e imprimir tarjetas electrónicas que resuelvan problemas científicos y tecnológicos específicos utilizando las técnicas más avanzadas.

- **Logros**

En el área de física de altas energías se ha realizado, en colaboración con el Laboratorio de Instrumentación y Sistemas Electrónicos controladores para un bus VME, módulos parciales para un ADC VME, y módulos prototipos para otro ADC de 400 MHz específico para leer PMTs. En otras áreas de la física se ha realizado un controlador con lock-in para adquisición de datos en foto-acústica, un registrador GPS usado en una boya para estudios de biología marina, módulos para un prototipo Holter de uso en el área médica, un convertidor UART-USB, un controlador electrónico de puertas para la industria bancaria y el grabado de una placa de carbón para una celda combustible usada en el área de energías renovables.

- **Equipo**

Se cuenta con todo el equipo necesario para diseñar e imprimir tarjetas electrónicas de varias capas.

- Fresadora y perforadora (LPKF Protomat s42) con cámara y mesa de vacío
- Prensa (LPKF Multipress S)
- Sistema de metalización (LPKF Proconduct y LPKF MiniContact)
- Recubrimiento con resinas y máscaras (LPKF Promask y LPKF Prolegend)
- Horno de aire Codoco (Unox, XA006)
- Lámpara UV (LPKF, 300-247)

- **Contacto**

Ing. Jose Bante Guerra ([jbante@mda.cinvestav.mx](mailto:jbante@mda.cinvestav.mx))

**Laboratorio de Diseño e Impresión de Tarjetas Electrónicas**

Departamento de Física Aplicada

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N

Km. 6 Antigua Carretera a Progreso 97310, Mérida, Yucatán. México

## 4 INSTRUMENTACIÓN EN RED ALICE

Los detectores que se usan en ALICE tienen que ser cada vez más precisos, cada vez más resistentes, pero también más delicados. Además tienen que integrarse con otros detectores y con los sistemas de electrónica y adquisición de datos dentro del experimento ALICE. Normalmente no existen, sino que tienen que ser desarrollados específicamente para cada propósito. Este es un proceso que necesita tiempo; en general, varios años.

Por lo tanto es vital para la Red ALICE tener laboratorios donde se desarrolle instrumentación, se diseñen detectores, se construyan prototipos, se puedan probar, descartar, mejorar características. Afortunadamente varios grupos en nuestro país han incursionado con éxito en esta área e incluso empiezan a aplicar las tecnologías desarrolladas a otros campos más allá de la Red ALICE.

## 4.1 Laboratorio de Radiología

- **Misión**

Se estudia la obtención de imágenes con rayos X mediante el uso de detectores de silicio. En particular se han utilizado detectores de silicio de franjas como los usados en el Sistema de Trayectorias Internas de ALICE. Se busca generar aplicaciones de las tecnologías de uso corriente en Física Experimental de Altas Energías.

- **Logros**

Se han generado las primeras imágenes de biopsias de mama proporcionadas por un hospital local. Se dio inicio al tratamiento de imágenes mamográficas. Una de estas fotos tratadas fue publicada en el libro: Biología, autores: Curtis, Barnes, Schnek, Massarini; Séptima edición, Editorial Panamericana.

- **Equipo**

Generador Mirosorce X ray Bede: El sistema consiste de dos unidades: Cabezal y Controlador. El cabezal es un cilindro de metal que contiene al tubo de rayos X, óptica del haz de electrones, protección de seguridad, óptica de rayos X, obturador y conductos de enfriamiento. El controlador es un gabinete de 19 pulgadas que proporciona una interfase entre el usuario y una fuente de alto voltaje. Es usada para activar y controlar las funciones del cabezal. El controlador contiene la fuente de alto voltaje así como circuitos controlador por microprocesador.

Unidad Haskris de enfriamiento, modelo R033. Fabricado por Bede Scientific Inc: Características eléctricas 115 V a 60 Hz. En operación para enfriar el tubo Microsource X ray. Es un sistema de agua recirculada que proporciona control de temperatura continua mediante un fluido refrigerante (R134a).

Mesa óptica Newport: Sistema de control de vibraciones Newport proporciona una plataforma para dispositivos sensibles a las vibraciones. En nuestro caso para el tubo de rayos X Bede Microsource. Frecuencia de resonancia vertical menor que 1.1 Hz a 80 psi. Frecuencia de resonancia horizontal menor que 1.5 Hz. Intervalo de carga recomendado 300 a 3,600 Kg.

- **Contacto**

Dr. Gerardo Herrera ([gherrera@fis.cinkestav.mx](mailto:gherrera@fis.cinkestav.mx))

**Laboratorio de Radiología**

Departamento de Física

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.

Av. IPN 2508 Col. San Pedro Zacatenco 07300 México D.F. México

## 4.2 Laboratorio de Instrumentación

- **Misión**

Se estudia el desempeño de detectores usados en experimentos de Física de Altas Energías. Se caracterizan dispositivos de detección de radiación. En particular detectores de centelleo y nuevos materiales plásticos para uso en detectores. Se diseña electrónica de adquisición de datos.

- **Logros**

Se estudió aquí el detector ACORDE (A COsmic Ray DEtector) para el experimento ALICE del Gran Colisionador de Hadrones que fue utilizado para la alineación y calibración de la Cámara de Proyección Temporal(TPC), del Sistema Interno de Rastreo(ITS), del Calorímetro PHOS, entre otros. Actualmente se diseña el sistema de adquisición de datos del Sistema ADD para el detector ALICE del LHC.

- **Equipo**

CAEN: VME 8010 - VME 64 Low Cost crate, 21 slot J1/J2, (5V 60A, +12V 6A, -12V 8.9A).

- **Contacto**

Dr. Gerardo Herrera ([gherrera@fis.cinkestav.mx](mailto:gherrera@fis.cinkestav.mx))

**Laboratorio de Instrumentación**

Departamento de Física

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.

Av. IPN 2508 Col. San Pedro Zacatenco 07300 México D.F. México

---

### 4.3 Laboratorio de Instrumentación

- **Misión**

Este laboratorio tiene como misión contar con los materiales e instrumentos necesarios para desarrollar proyectos de Altas Energías de manera experimental en lo que se refiere a estudios de, detección, aceleración y medición de las partículas cargadas o radiación ionizante. Para ello en el laboratorio se construyen detectores de diferentes clases (centelladores, gas) y se utilizan otros de silicio. Estos detectores se utilizan para el estudio y análisis de otros sistemas de detección para la realización de proyectos de investigación. Asimismo los estudios van en la dirección de la aplicación de sistemas a Física Médica, en particular a la imagenología digital. El laboratorio también tiene la finalidad de construir sistemas de aceleración de partículas y circuitos electrónicos para el estudio de muestras biológicas en colaboración interdisciplinaria con otros departamentos.

- **Logros**

En el laboratorio se desarrollaron prototipos de detectores de centelleo que fueron esenciales para el diseño final de construcción de un sistema de trigger para ALICE-LHC, uno de los 4 experimentos del CERN. El sistema, llamado V0A, es un detector centellador circular cuyas tareas son principalmente el dar la señal de disparo para los demás sistemas que componen ALICE, también eliminar el ruido de señales no provenientes de colisiones de haces, contribuye al cálculo de la multiplicidad y la centralidad de la colisión. En el mismo experimento en el laboratorio se diseñaron y se construyeron las cajas para la electrónica y los fotomultiplicadores del V0A. Otro de los logros ha sido el diseño y construcción de un sistema electrónico de lectura de muestras de ADN para analizar posible infección del VPH (virus de papiloma humano). Esta colaboración ha rendido sus frutos pudiendo integrar un proyecto en conjunto con la finalidad de proponer un sistema rápido y económico de detección de este virus en hospitales. De este trabajo ya obtuvimos en 2013 la aceptación de una patente mexicana No. 310715 "Dispositivo de-

teor de Fluorescencia”. Además se ha construido la primera etapa de un acelerador de 4kV el cual fue presentado en 2013 en un congreso internacional<sup>1</sup>. Aplicando detectores que sirvieron de prototipos para el VOA se construyó un sistema básico PET (Positron Emission Tomography) para iniciar con investigaciones en esta área, de esto ya se obtuvo una tesis de maestría de un estudiante.

- **Equipo**

El laboratorio cuenta con equipo de uso general para realizar prácticamente cualquier tipo de investigación en las áreas mencionadas. Entre los instrumentos se cuenta con osciloscopios, fuentes de voltaje y de alto voltaje, medidores como multímetros, amperímetros, sensores de temperatura, generadores de onda, de radiofrecuencias, instrumentos electrónicos con tecnología VME, CAMAC y NIM así como unidades lógicas, convertidores análogo y tiempo a digital, amplificadores. Además de los utensilios básicos como cables, herramientas, conectores, soldadores. Se cuenta también con equipo de cómputo y software para el análisis y programación con el fin de hacer simulaciones o estudios de los datos detectados.

- **Contacto**

Dr. Luis Manuel Montaña Zetina ([lmontano@fis.cinvestav.mx](mailto:lmontano@fis.cinvestav.mx))

**Laboratorio de Instrumentación y Física Médica**

Departamento de Física

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.

Av. IPN 2508 Col. San Pedro Zacatenco 07300 México D.F. México

---

<sup>1</sup>Proceedings of the XIV Workshop on Nuclear Physics and VIII International Symposium on Nuclear and Related Techniques WONP-NURT2013, february 5-8, 2013, Havana, Cuba.

---

#### 4.4 Laboratorio de Partículas

- **Misión**

Este laboratorio atiende necesidades de docencia e investigación de estudiantes y profesores de la FCFM. Fue creado en 1997, como parte del Programa Integral de Fortalecimiento Institucional de la BUAP (PIFI).

- **Logros**

Entre 1997 y 1998, en este laboratorio se construyeron y se hicieron pruebas de los primeros prototipos de Detectores Cerenkov de Agua del grupo FCFM-BUAP para el Observatorio Pierre Auger.

En 2003-2005 se realizaron pruebas de caracterización de los módulos de detectores de centelleo del sistema ACORDE (A Cosmic Ray detector for the ALICE-LHC Experiment del CERN).

En 2008-2010 se desarrolló el diseño, construcción y pruebas de funcionamiento del Piano Cósmico, un aparato que produce destellos de luz y emite sonidos cada vez que de partículas con carga eléctrica impactan detectores de centelleo. El piano cósmico tiene la finalidad de mostrar a estudiantes de la lic. en física los principios básicos de registro y procesamiento de datos en experimentos de partículas.

Se han obtenido el Título de Propiedad de dos patentes:

- Piano Cósmico: Con No. de registro **MX/a/2010/008735**.
- Contadora Lógica de Partículas: Con No. de registro **MX/E/2012/010292**.

Donde para ambas patentes los autores son: A. Fernández Tllez, G. Tejada Muñoz

- **Equipo**

El Laboratorio de Partículas ha recibido apoyo de este programa federal y de la BUAP para compra de equipo de medición, entre los que se encuentran: osciloscopios, sistemas

de adquisición y procesamiento de datos, material centellador, sensores ópticos (PMTs) y equipo de computo.

- **Contacto**

Dr. Arturo Fernández ([afernand@cfm.buap.mx](mailto:afernand@cfm.buap.mx))

**Laboratorio de Partículas**

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Av. San Claudio S/N Ciudad Universitaria Edificio 109A primer piso Colonia Jardines de San Manuel, 72570 Puebla, Puebla. México

---

## 4.5 Laboratorio del Grupo Experimental Nuclear y de Altas Energías

- **Misión**

Desarrollar instrumentación y detectores de radiación ionizante que respondan a las necesidades de diversos experimentos y colaboraciones en las que participa el grupo. Se han hecho desarrollos en detectores gaseosos, de estado sólido y de centello. Desarrollo de sistemas de adquisición de datos que son usados en experimentos y colaboraciones en las que el grupo participa. Aplicaciones de la instrumentación desarrollada en áreas diferentes a la Física Nuclear o de Altas Energías (GENAE).

- **Logros**

Desarrollo y comprobación experimental de modelos fenomenológicos de producción y atenuación (quenching) de luz en materiales centelladores. Desarrollo de modelos fenomenológicos que sirven para calibrar detectores de centello y son utilizados por otros grupos internacionales. Diseño y Construcción de detectores sensibles a la posición que han sido usados en medidas de secciones eficaces de dispersión elástica en colisiones nucleares de iones pesados a baja energía.

Diseño y construcción de detectores sensibles a la posición que están siendo usados en introspección de monumentos arqueológicos. Participación en el desarrollo e instrumentación del detector de anillos cherenkov (RICH) del espectrómetro AMS que será enviado a la estación espacial internacional y el calorímetro CREAM que se coloca en la alta atmósfera mediante vuelos en globos aerostatitos programados por la NASA, EEUU.

Diseño y construcción del detector V0A, que es parte del sistema de disparo (nivel 0) del calorímetro ALICE en el colisionador LHC del CERN.

Diseño y construcción de los primeros prototipos de detectores de agua Cherenkov del observatorio de fotones cósmicos de alta energía HAWC. El GENAE liderean el grupo de desarrollo e instrumentación de los detectores Cherenkov del observatorio HAWC.

- **Equipo**

- 3 Creates NIM
- 10 módulos NIM que permiten realizar discriminación, coincidencia de señales NIM rápidas y generación de compuertas lógicas NIM.
- 5 módulos NIM que permiten realizar el formado de señales eléctricas. Con esos módulos se cubre el rango de 50 nano a 5 micro segundos de tiempo de formación de pulsos.
- 6 módulos NIM de retraso de tiempo con los que se cubre un rango de retraso entre .5 nano hasta 10 micro segundos.
- 8 módulos NIM que nos permiten hacer operaciones lógicas como or, and, copia de señales y ajuste de diferentes niveles NIM-ECL-TTL.
- 3 módulos NIM que nos permiten tomar conteos con una resolución de hasta 1 micro segundo.
- 2 Create con controladores, estándar CAMAC.
- 10 módulos CAMAC, que permiten digitalizar, tiempo, carga y voltaje.
- 2 Create con controladores, estándar VME.
- 6 módulos VME que permiten digitalizar, tiempo, carga y voltaje.
- 1 cámara de usos múltiples para la prueba de detectores a diferentes presiones y atmósfera de gas.
- 3 laboratorios de 3x4 mt. para la instalación, pruebas y construcción de detectores.
- Taller mecánico para la elaboración de partes mecánicas, incluye Torno y Fresadora.
- 3 computadoras de escritorio con software necesario para el desarrollo de sistemas de adquisición de datos.

Acceso a:

- Campana de evaporación para hacer depósito 2 máquinas fresadoras de control numérico CNC.

– Fuentes de partículas Alfa, Beta y gamma.

- **Contacto**

Dr. Arturo Menchaca ([menchaca@fisica.unam.mx](mailto:menchaca@fisica.unam.mx))

**Laboratorio del Grupo Experimental Nuclear y de Altas Energías**

Instituto de Física

Universidad Nacional Autónoma de México

Circuito de la Investigación Científica s/n Ciudad Universitaria, Col. Copilco el Bajo,

04519, México D.F., México

## 4.6 Laboratorio de Detectores

- **Misión**

La misión del laboratorio de detectores en física de Altas Energías es propugnar el desarrollo de una infraestructura científica de primer nivel, así como la formación de recursos humanos de excelencia y de cooperación científica multidisciplinaria en torno a la investigación en problemas de frontera relacionados con la producción y detección de partículas y radiación. Con tal fin se impulsa las actividades de vinculación, divulgación y promoción de la ciencia, en torno a las siguientes líneas temáticas: Física Hadrónica y de iones pesados; Física de Astropartículas y Cosmología; Aceleradores, Detectores de partículas, Radiación, Diseño e Instrumentación de electrónica de altas frecuencias para aplicaciones en Detectores y Técnicas de producción de Modelos en 3D para piezas mecánica precisión especializadas mediante el uso de inyección plástica para las diferentes aplicaciones mecánicas en detectores.

- **Logros**

Actualmente se ha diseñado y fabricado detectores de partículas de tipo GEM (Gas Electron Multiplication) en CAD (Diseño Asistido por Computadora) y CAM (Diseño asistido por Manufacturación) mediante la utilización de una cadena de producción de tarjetas electrónicas LPKF que actualmente cuenta el laboratorio de detectores. Para la caracterización de este detector se ha utilizado electrónica modular NIM y CAMAC, un preamplificador de Carga y un Osciloscopio MSO 3032 Tektronix para la obtención de curvas de ganancia de diversos detectores GEMs. Se han manufacturado de Detectores GEM utilizando la maquina PROTOMAT. Esta máquina es una impresora de circuitos impresos y de la cual se encarga de hacer los agujeros de diversos diámetros. Este proyecto tiene la finalidad de hacer la detección y estudio de partículas subnucleares, que servirá de apoyo para la generación de detectores mexicanos que se utilizarán en el detector de ALICE en el VHMPID (Very High Momentum Particle Detector). Otro de los logros obtenidos es la caracterización tarjetas multicapa (4capas) diseñada para electrónica rápida asociada al proyecto del Telescopio de BATATA (Buried Array Telescope at Auger) que será in-

---

stalado en Malargüe - Argentina. Para su caracterización se utilizó electrónica modular NIM y Módulo de adquisición CAMAC PCI (serie CC2 -Wiener) con interfaz al Módulo QADC. Una de las adquisiciones que actualmente tiene el laboratorio es la máquina impresora de 3D FORTUS 200mc para el manufacturado de piezas mecánicas especializadas de precisión en 3D necesario para los requerimientos mecánicos en experimentos de física de altas energías.

- **Diseño y Manufactura**

El conjunto de técnicas en CAD y CAM, diseño asistido por computadora, han experimentado un notable progreso en los últimos años, hasta el punto que pueden considerarse suficientemente maduras y aplicarse en forma rentable a lo largo de todo el proceso de diseño y fabricación de un producto. De hecho, cuando las técnicas en CAD y CAM se contemplaban de forma global e integrada, el proceso se vuelve verdaderamente efectivo. Las diversas técnicas existentes en el Laboratorio de Detectores se basan en un esquema de desarrollo completo de un producto, desde la idea inicial hasta la disponibilidad rápida de un prototipo físico a través de dos líneas de Producción de Tarjetas electrónicas LPKF y de piezas mecánicas en una impresora 3D y Centro de maquinado de 4 ejes.

- **Línea de producción de tarjetas LPKF**

Las aplicaciones más habituales del CAD/CAM en electrónica para la construcción de PCB's incluyen:

- Librerías de componentes normalizados.
- Diseño de placas de circuito impreso.
- Análisis, verificación y simulación de los diseños.
- Programación de control numérico para el mecanizado o montaje de placas.

- **Equipo**

Cadena de producción de tarjetas electrónicas LPKF. El sistema consiste de las siguientes unidades:

- Protomat S42 LPKF es una máquina que plotea el archivo GERBER File de la tarjeta electrónica sobre placas fenólicas de cobre en doble cara.
- Protoplace LPKF es una máquina que coloca encapsulados electrónicos SOIC, SON, SOP, MSOP, HLQFP, SSOP, SOT89, STSSOP, VSOP mediante el uso neumático y mecatrónico.
- Protoplace BGA es una máquina que coloca y retira encapsulados electrónicos BGA.
- ZelPrint LPKF es una máquina cuya función es producir un estampado de mascarillas antisoldantes y tintas para títulos de componentes electrónicos mediante el uso de la técnica de serigrafía.
- MulPress LPKF es una máquina que utiliza una técnica neumática para contraer las placas fenólicas de cobre que posteriormente se convertirá en una tarjeta multicapa (4capas).
- Contac RS LPKF es una máquina que mediante el uso de una mezcla química produce la conducción metálica entre los agujeros de las diferentes interfaces de la tarjeta electrónica ( 2 y 4 capas).
- Protoflow PKF es una máquina que mediante la regulación digital controla la temperatura para la mejor adhesión de los elementos electrónicos y secado del barniz protector en las tarjetas electrónicas en un rango de 10C a 320C.

Línea de producción de piezas mecánicas. Es el campo donde más uso se ha hecho y sobre todo por la industria automovilística y aeroespacial. Las aplicaciones más habituales del CAD/CAM en mecánica incluyen:

- Librerías de piezas mecánicas normalizadas.
- Modelado con NURBS y sólidos paramétricos

- Modelado y simulación de moldes.
- Análisis por elementos finitos.
- Fabricación rápida de prototipos.
- Generación y simulación de programas de control numérico.
- Generación y simulación de programación de robots para CNC.
- Planificación de procesos.
- Traductores de formatos neutros (IGES, STEP).

**Cadena de producción de piezas mecánicas.** Producción técnica de Modelos en 3D Manufacturados. El sistema consiste de las siguientes unidades:

- Impresora de 3D FORTUS 200mc para la manufacturación de piezas mecánicas especializadas de precisión necesarias para experimentos de física de altas energías. El diseño de piezas es similar al diseño de tarjetas electrónicas, es decir, utiliza un software llamado SOLIWORKS para el diseño de piezas en 3D la cual produce un CAM y CAD. La impresora modelo FORTUS 200mc construye piezas en plástico ABSPLUS con una resolución de 0.007pul - 0.010pul.
- Estación para remover material soporte. Este equipo utiliza líquido químico que al combinarse con agua jabonosa el soporte soluble se disuelve, lo cual favorece a que obtengamos un prototipo de una manera fácil, rápida y sobre todo seguro de que no se dañe o quiebre.
- Una pieza importante y elemental fue la adquisición de un centro de maquinado Bridgeport GX VMC HARDINGE con cuatro ejes de posicionamiento, éste equipo cumple con las certificaciones ISO 9001;2008 y AS9100 usados en la industria aeroespacial, automotriz, mecatrónica, médica, óptica, entre otras. En el Instituto de Ciencias Nucleares está siendo empleado para la manufactura de piezas mecánicas especializadas de precisión necesarias para el área experimental del Laboratorio de Detectores.

**Instrumentación Electrónica** El equipo electrónico para trabajar con instrumentación electrónica en el Laboratorio de Detectores, se enlista a continuación:

Equipo Tektronix

- Osciloscopio 7154-1GHz.
- Osciloscopio 2024C-200Hz.
- Osciloscopio 3032-300MHz.
- Osciloscopio 3014-100MHz.
- Generador de funciones AFG 3252-240MHz.
- Fuente de voltaje - 3 salidas independientes de 3A c/u.

Equipo Agilent

- Analizador Lógico 16822A.

Equipo de Potencia

- Fuente de voltaje ARRAY 3631 de 3 salidas independientes 3A c/u.
- Fuente de voltaje INSTEK GPS 3303 de 3 salidas independientes 3A c/u.

Equipo CAEN

- Power supply 4 channel 6KV-N472.
- Universal multichannel power supply system - SY 2527.
- Universal multichannel power supply system - SY 3527.
- 12 channel HV power supply boards - A173X POS.
- 12 channel HV power supply boards - A173X NEG.
- NIM linear power supply - N8315.
- NIM-TTL-NIM adapter N89.
- Dual time N93BD.

- 
- Dual delay units N108.
  - Single delay units N108
  - Quad linear fan in fan out N401.
  - Triple 4-fold logic unit/majority with veto N405.
  - 8/16 channel leading edge discriminator N841.
  - Changer sensitive pre-amplifier.
  - CAMAC to NIM power adapter.
  - CAMAC 16 channel scaler.
  - CAMAC 8 channel peak sensing ADC.

#### Equipo WIENER

- NIM serie 6000 Chassis/UEL 6020.
- CERN/CE CAMAC CRATE 7U.
- 6U VME64X 195-X mini crate serie.
- WIENER NIM crate - UEN 03 bin.
- WIENER NIM minicrate CAMAC SCSIC 10 slots.
- PCO to CAMAC system-CC32, PCIADA.
- CC-USB CAMAC controller with USB interface.

#### Equipo FLUKE

- Multímetro serie 179.
- Multímetro de banco serie 8846.
- Multímetro serie 289.

#### Equipo ISEG

- Fuente de poder HPp80356 8kV/36mA.

- Fuente de poder t2dp030 405 2kV/4mA.

#### Equipo WELLER

- Estación de soldar serie 1500.

#### Equipo ESTEREOMICROSCOPIO

- National Estereomicroscopio.

#### Equipo de Gases

- Flujómetro de presión 2053022-01-000 CONCOA.
- Manómetros de presión 2053022-01-000 CONCOA.

#### Equipo de Óptica

- Espectrómetro HR 2000 + con modulo y software.

#### Equipo de Computo

- 10 equipos de computo DELL, HP para diseño electrónico y adquisición de datos.

#### • **Contacto**

Dr. Guy Paic ([guypaic@nucleares.unam.mx](mailto:guypaic@nucleares.unam.mx))

#### **Laboratorio de Detectores**

Instituto de Ciencias Nucleares

Universidad Nacional Autónoma de México

Av. Universidad No. 3000 04510, México D.F., México

## 4.7 Laboratorio de Detectores

- **Misión**

Desarrollar materiales sensibles al paso de partículas cargadas o neutras para desarrollo del área de física experimental de altas energías. Se diseñan y construyen detectores del área de altas energías con los requerimientos específicos.

- **Logros**

Se desarrolló una técnica para la obtención de plástico centellador y con la facilidad de definir la geometría desde el momento de la polarización del material. Se han logrado geometrías diversas y con porcentajes de dopantes variables, permitiendo hacer ingeniería en la obtención de los materiales.

- **Equipo**

El laboratorio cuenta con equipo de computo y tarjetas de adquisición para hacer una primera prueba de detectores de radiación. Tarjetas contadoras de pulsos, convertidores de tiempo a digital y contamos con material para fabricar plásticos centelladores.

- **Contacto**

Dr. Ildelfonso León ([leon@uas.uasnet.mx](mailto:leon@uas.uasnet.mx))

**Laboratorio de Detectores**

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas

Universidad Autónoma de Sinaloa

Ciudad Universitaria Culiacán, Sinaloa México

## Bibliografía

- [1] B Alessandro et al., “ALICE: Physics Performance Report, Volume II”, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 32 1295, 2006.