

## Resumen ejecutivo del Plan de Trabajo para la Dirección General del INAOE 2016-2021

Edmundo Antonio Gutiérrez Domínguez  
Tonantzintla, Pue., a 12 de enero de 2016.  
edmundo@inaoep.mx

*“El INAOE danza a las orillas del universo; de lo astronómico a lo atómico”*

### Visión

El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) debe funcionar como una institución nacional con cuatro áreas integradas entre sí, y cruzadas por la cadena funcional “investigación-educación-vinculación” (IEV). La cadena funcional IEV debe enlazar la investigación básica con la aplicada incorporando a la educación a través de tesis de maestría y doctorado. Estos eslabones deben enlazarse con la vinculación dándole salida a las tesis y proyectos de investigación como solución a los problemas nacionales definidos en el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) 2014-2018. De esta forma se genera y forma capital humano de alto valor científico con la capacidad de insertarse en el mercado laboral, sea este del sector productivo de alto valor tecnológico e innovativo, el mercado de la educación, o la investigación. Bajo esta visión se integran las cuatro áreas del INAOE (Astrofísica, Óptica, Electrónica, y Cs. Computacionales), reforzándose así la misión del INAOE que incluye no solo la generación de conocimiento y la formación de capital humano, sino la de vinculación efectiva con la sociedad a nivel nacional.

### Diagnóstico

El INAOE tiene tres funciones fundamentales establecidas en su decreto de creación, que son; la investigación, la educación, y la vinculación. Estas tres funciones que son parte de la cadena funcional IEV han sido parcialmente desarrolladas de manera desarticulada entre si, y con éxito aislado en algunas de ellas. No obstante es necesario puntualizar que, desde la perspectiva de la globalización y de la *Sociedad y Economía del Conocimiento* (SEC), el INAOE cuenta con el mayor contenido potencial y relevante de las Tecnologías Científicas de la 4ª (Nano y bio-tecnologías) y 5ª (Producción con Tecnologías de la Información) revoluciones industriales. Ese contenido potencial de tecnología y ciencia requiere ser enlazado (vinculado) en el interior del INAOE, y proyectado hacia el exterior de tal manera que tenga un impacto nacional mas allá del regional. Basado en el enorme potencial latente del INAOE, brevemente descrito en las líneas anteriores, se realiza el análisis de los tres eslabones de la cadena funcional IEV.

En cuanto a la **investigación**, los investigadores de INAOE, ya sea en forma individual o grupal, han demostrado su capacidad como científicos. Capacidad que ha sido certificada al situarse como uno de los mejores centros CONACyT en cuanto a la producción científica promedio medida a través de las publicaciones científicas y proyectos se refiere (2 o mas artículos al año por investigador en promedio). Sin embargo, existe una disparidad en cuanto a la producción científica, ya que la producción tiende a centrarse en un cierto núcleo de investigadores, mientras que otros investigadores tienden a rezagarse por debajo del promedio. A esto debemos añadir una rígida departamentalización que inhibe la colaboración

interdisciplinaria, una incertidumbre en su equipamiento y una amplia carencia de laboratorios de docencia<sup>1</sup>. Aunado a esta situación el número de estudiantes promedio vinculados por proyecto de investigación tiende a ser de 0.5 a 1.9 dependiendo del área de trabajo. Esto ha traído como consecuencia un desarrollo desigual de la investigación básica y aplicada, con lo que se ha debilitado la transferencia entre la investigación básica y el desarrollo tecnológico, lo cuál reduce el potencial de investigación y vinculación del INAOE al desaprovecharse la capacidad de transferencia o conversión de la investigación básica en investigación aplicada. Otro efecto adverso, a pesar de los excelentes números en cuanto al indicador de artículos promedio generados en INAOE, se observa en los procesos de evaluación y promoción, que inhibe el desarrollo de investigadores que se encuentran aislados o rezagados. Finalmente, al igual que en publicaciones, el INAOE requiere de desarrollar una nueva visión más competitiva en sus contrataciones y buscar líderes. Con este fin, se deben definir líneas estratégicas de tal forma que las contrataciones se racionalicen en la visión institucional, transparentándolas y normándolas -definiendo procedimientos y objetivos. Nuevos esquemas, como el de cátedras, responden a esa nueva visión de liderazgo y transparencia por lo que se evitara limitarlas internamente.

La formación de recursos humanos es indudablemente uno de los cimientos más importantes del futuro del país y depende críticamente de la visión del hoy. El futuro es bastante claro y ya lo discutimos en la visión y excede claramente la visión limitadamente académica actual. Sin embargo, las perspectivas educativas serán crecientemente centradas en el alumno y por ende cambiantes, flexibles y eficientes. En el eslabón de la **educación** el INAOE ha venido siendo un referente en cuanto a que sus egresados se han establecido en diversas universidades y centros de investigación de México. Algunos de ellos también se han establecido en el sector industrial dentro y fuera de México. Sin embargo, debido a diversas causas tales como el incremento en el número de programas de posgrado, la disminución en la vocación por la investigación, y otros factores de orden económico y social, el número de estudiantes se ha reducido, en promedio, a menos de un estudiante por investigador, cuando lo deseable es que cada investigador tuviese un mínimo de estudiantes de maestría y doctorado que permitiese darle continuidad a la investigación básica y aplicada, y consecuentemente redunde en una vinculación efectiva a través de la transferencia de capital humano, tecnología, y resolución de los problemas nacionales. Es difícil pensar el posgrado nacional del siglo XXI sin los detonantes de las décadas 80-90. La Óptica no sería el segundo campo de las ciencias exactas sino hubiese sido por el éxito del posgrado nacional. En particular por el PRONAPOE (Programa Nacional del Posgrado en Optoelectrónica) que integro a los posgrados del CIO y del INAOE, con sus escasas matriculas y profesorado, en un vigoroso programa capaz de ofertar no solo especialidades completas de una óptica como especialidad independiente; con opciones académicas y tecnológicas que se abren innovadoramente a las ingenierías y su amplia oferta estudiantil. También es muy importante reconocer la creación de la Coordinación de Cs. Computacionales, que contribuyó, y lo sigue haciendo, a la formación de capital humano, la investigación, y considerablemente a la vinculación. La reducción en el número de talento joven que acude a los programas de posgrado del INAOE se ha paliado con el ingreso de un número considerable de estudiantes extranjeros. Esto si bien es una medida de internacionalización aplaudible, y que debe mantenerse y reforzarse, también es necesario redoblar los esfuerzos

para atraer mas talento mexicano joven con alta vocación por la investigación, el desarrollo tecnológico, y su vinculación correspondiente. La atracción de talento joven a los programas de posgrado del INAOE está íntimamente ligado al eslabón de la vinculación, el cuál analizo a continuación.

En el eslabón de la **vinculación** es necesario mencionar que ésta debe ser una función que vaya mas allá de la divulgación, la publicidad, el *marketing* y la transferencia tecnológica. Proyectos como la serie Garfio de la Secretaria de Marina le han ganado un lugar distinguido y notorio en el entorno nacional. Pero al igual que la investigación esta debe trascender sus primeros productos e ir mas allá de la divulgación, la publicidad, y la transferencia tecnológica y enfocarse en respuestas conjuntas e integrales con toda y cada una de las actividades (Investigación y desarrollo y formación de capital humano) del INAOE. La vinculación debe ser una función que integre hacia el interior las capacidades multidisciplinarias de Astrofísica, Óptica, Electrónica, y Cs. Computacionales, y que las proyecte, de manera integral e institucional, hacia fuera del INAOE. La vinculación que se ha establecido hacia fuera de INAOE ha sido resultado de esfuerzos individuales o grupales donde se han explotado las capacidades científicas y tecnológicas del INAOE solo de manera aislada inhibiendo así el enorme potencial interdisciplinario de las cuatro áreas. Como ya se mencionó con anterioridad, la cadena funcional que une la investigación, tanto básica como aplicada, con la educación y la vinculación, no se ha realizado en su plenitud, y por lo tanto esta labor también debe ser parte de la función de vinculación: explorar el potencial y enlazarlo. La disfuncionalidad de la cadena IEV ha impactado, de manera negativa, la percepción que el talento joven tiene de los programas de posgrado del INAOE. Esta percepción también ha sido un factor importante que ha hecho que el talento joven acuda a otros programas de posgrado que le resultan mas atractivos en función de su perspectiva laboral, sea ésta en el sector educativo, el de investigación, o el productivo.

Mención especial merecen los **megaproyectos** o proyectos institucionales realizados en INAOE, los cuales principalmente se refieren al Gran Telescopio Milimétrico (GTM), el HAWC (High Altitude Water Cherenkov), y el Laboratorio de Innovación en MEMs (LiMEMs).

El GTM (<http://www.lmtgtm.org/?lang=es>) es el megaproyecto emblemático, no solo del INAOE, sino de la comunidad científica de México, tanto por los potenciales alcances científicos y tecnológicos, como los presupuestales (del orden de 1800 millones de pesos invertidos en un lapso de 20 años). El GTM es un proyecto que ha desarrollado instrumental científico, tales como cámaras de detección de radiación energética compuesta de arreglos de bolómetros, crio-electrónica, procesamiento de señales, comunicaciones, sistemas electro-mecánicos, etc. El laboratorio de superficies esféricas en el campus mismo de INAOE es un ejemplo adicional del desarrollo tecnológico con alto potencial. En la actualidad el GTM cuenta con capacidad de observación limitada en las longitudes de onda de 1.1 y 3.0 mm para una antena con un radio de 32 metros. Se han generado 32 publicaciones desde el año 2010 relacionadas con pruebas y observaciones en 1.1 y 3.0 mm (según se reporta en la pagina web del GTM). Las especificaciones originales hacen referencia a una antena movable de 50 metros de diámetro y con capacidad de observación astronómica en longitudes de onda 0.85-4.0 mm. Aún queda pendiente por concluir el radiotelescopio para que cuente con 50 metros de diámetro, y sea capaz de observar en la longitud de 0.85 mm. Este es un reto científico/tecnológico que debe

superar las limitaciones de la rugosidad de la superficie de los paneles, y desarrollar el instrumental de 0.85 mm, el cuál requiere de especificaciones críticas para eliminar el alto nivel de ruido en dicha longitud de onda, así como la incertidumbre introducida por la resolución de la antena. Esta situación abre una oportunidad para la investigación y el desarrollo tecnológico multidisciplinario (Astrofísica, Óptica, Electrónica, y Cs. Computacionales) orientado a obtener resultados relevantes en un lapso no mayor a dos años en las longitudes de onda 0.85, 1.1, y 3.0 mm.

El Hawc (<http://www.hawc-observatory.org/>) es también un proyecto enfocado hacia la investigación fundamental de la emisión de rayos gamma de alta energía (Tera electronVolts) provenientes del espacio exterior. Un proyecto que arrancó hace casi cinco años, con el soporte de CONACyT, the National Science Foundation (NSF), y el US Department of Energy (DOE), y la participación de la UNAM, la BUAP, y otras 12 instituciones mexicanas, además de otras 19 en Estados Unidos, y una de Japón. Formalmente inaugurado en marzo de 2015, aún continúa en desarrollo. Este proyecto tiene un financiamiento de 15 millones de dólares. El Hawc ha generado a partir del 2013 12 artículos científicos en los cuales se acredita trabajo a científicos mexicanos en 8 de ellos. También se han generado tesis doctorales acreditadas a universidades de Estados Unidos. Este proyecto opera directamente en las laderas del volcán sierra negra en el estado de Puebla.

El LiMEMs [<http://www-elec.inaoep.mx/Inn/estructura/LIMEMS.php>] (Laboratorio de Innovación en MEMs) es un proyecto institucional dentro de la Coordinación de Electrónica construido con donaciones de equipo proveniente de la empresa Motorola (valor estimado de 3 millones de dólares), complementado con una inversión de 15 millones de pesos provenientes de proyectos de CONACyT. El desarrollo e instalación del LiMEMS inició desde 2007 con la construcción del edificio y las instalaciones de apoyo requeridas. El cuarto limpio, que cuenta con especificaciones de pureza de ambiente libre de partículas clase 10, fue completamente diseñado y montado por investigadores de INAOE. En el 2010 se inauguró con la puesta en funcionamiento parcial de sus capacidades. El LiMEMs es un laboratorio orientado hacia la investigación en propiedades de materiales y dispositivos semiconductores, y a la investigación aplicada en la fabricación de sensores y circuitos integrados para aplicaciones múltiples en diversos campos disciplinarios (medicina, medio ambiente, energía, comunicaciones, óptica, y cómputo). Desde el 2010 ha generado colaboraciones interinstitucionales con 4 universidades mexicanas, un centro de investigación, dos universidades en Estados Unidos y Europa, así como con una empresa en Estados Unidos. Se han desarrollado 5 tesis de maestría y 3 de doctorado, y se han publicado del orden de 25 artículos y 20 conferencias. Para completar su capacidad al 100% se requiere de una inversión de 1 millón de dólares.

## **Estrategia**

El objetivo principal de este plan de trabajo es reforzar la institucionalidad del INAOE al integrar de manera coherente el trabajo y desarrollo, tanto en investigación básica y aplicada como en educación y vinculación, de las cuatro coordinaciones (Astrofísica, Óptica, Electrónica, y Cs. Computacionales), e incorporar el GTM, Hawc, y LiMEMs dentro de la cadena funcional IEV. Este es un esquema de Investigación y Desarrollo y Formación de Capital Humano por objetivos, necesariamente interdisciplinarios, sin que en ninguno de ellos exista supeditación en

sus funciones. Se prevé la posibilidad de algún otro proyecto institucional en caso de ser necesario. Es también necesario reconocer que todo proyecto de investigadores del INAOE es del INAOE, que el INAOE debe extender su apoyo al mantenimiento de su infraestructura. De allí que la institucionalidad ya no será un atributo de los administradores, sino de todos los investigadores del INAOE. Por lo tanto se establecerán reglas claras para su uso y acceso, además de su mantenimiento.

Se parte del reconocimiento de las **fortalezas** en la investigación medida por los indicadores de artículos y proyectos de investigación, el desempeño promedio en la **educación** medido por la cantidad de estudiantes por investigador y la eficiencia terminal, y la cierta debilidad en la **vinculación** medida por el impacto insuficiente en la solución de problemas nacionales. Y se identifica al enlace entre estos tres eslabones como una **debilidad\***, así como a la tendencia a la baja en la educación y la vinculación. *\*Para confirmar esta aseveración al final de este documento se anexan unos ejemplos concretos del potencial interdisciplinario.* Para conseguir la institucionalización del INAOE se proponen los siguientes pasos:

1.- Se realizará un análisis institucional para considerar la posible reorganización de la estructura directiva del INAOE, con la integración de una Dirección de Investigación y Posgrado (DIyP), y una segunda Dirección de Vinculación (DV). La tercera dirección seguirá siendo la Dirección de Administración (DA). Esto se hará sin supeditar la formación de capital humano a la investigación y viceversa, y sin afectar el buen rendimiento hasta ahora realizado en la formación de capital humano y generación de conocimiento. Esta reestructuración tiene el objetivo fundamental de reforzar y aumentar la productividad científica y de formación de capital humano aprovechando el potencial multidisciplinario.

La DIyP tendrá la función de establecer el enlace entre investigación y educación. La DIyP tiene también la función de explorar de manera continua el avance de la ciencia y la tecnología, de tal manera que los planes de investigación y educación se adapten a su evolución continua. Bajo la DIyP estarán los departamentos de asuntos escolares, proyectos de investigación, e infraestructura de investigación, y recursos bibliográficos. Un objetivo fundamental aquí es incrementar la generación y formación de capital humano.

La DV coadyuvará al establecimiento de la cadena funcional investigación-educación-vinculación hacia el interior, y hará el enlace hacia el exterior. La DV contempla también el monitoreo continuo de las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico dentro de las cuatro coordinaciones. Esto permitirá, de manera dinámica y adaptiva, aprovechar al máximo las capacidades multidisciplinarias. Bajo la DV estarán los departamentos de divulgación y relaciones públicas, y el de desarrollo tecnológico, así como el enlace con el sector productivo.

La Dirección General (DG) tendrá la función de diseñar y proyectar el presupuesto basado en los planes de crecimiento del INAOE en su cadena funcional EIV. Tendrá también la función de gestionar en tiempo y forma los recursos financieros, materiales, y humanos para el INAOE. La DG será la responsable de dirigir y coordinar internamente, junto con la DIyP, la DV, y la DA, la cadena funcional EIV, así como darle proyección nacional al INAOE al mismo tiempo de seguir cultivando las colaboraciones internacionales.

La DA, definitivamente, tendrá la función de asistir y apoyar administrativamente a la DIyP, DV, y DG, a través de actualizar y mejorar sus herramientas y métodos administrativos.

## 2.- Ajustes en los procesos de comunicación y toma de decisiones.

La Dirección General (DG) implementará un plan de comunicación semestral público y abierto a toda la comunidad de INAOE. La comunicación incluirá un reporte con los resultados científicos, educativos, y de vinculación junto con el estado financiero. La evolución de las fortalezas y debilidades y un plan para incrementar las fortalezas y reducir las debilidades será incluido. Este mecanismo reforzará la toma de decisiones institucionales.

## 3.- Ajustes en la administración.

La DA requiere mejorar sus procesos administrativos (compras, finanzas, contabilidad, atención a investigadores y estudiantes, etc). Se propone el diseño y puesta en práctica de una plataforma (programa de cómputo) que coadyuve, a la captura de información vía un menú con iconos, de la producción científica (artículos, conferencias, cursos, dirección de tesis, proyectos, etc), de tal manera que el investigador vaya introduciendo la información de acuerdo a como se va generando, y que el sistema de manera periódica y automática genere los reportes requeridos. La misma plataforma puede aplicarse para los demás procesos administrativos. Se propone también capacitar al personal administrativo para que coadyuve en la mejora de la eficiencia de todos los procesos administrativos.

## 4.- Reforzamiento de la cadena funcional IEV.

La DV implementará un plan de difusión, divulgación, y colaboración con universidades en México que permita atraer talento joven a posgrados relacionados con las áreas de INAOE. Esto podría hacerse dentro de los programas de posgrado del INAOE, o podrá hacerse bajo convenio de colaboración interinstitucional que permitan compartir recursos humanos e infraestructura de investigación y educación. También deberá impulsar la colaboración continua con el sector gobierno, donde residen oportunidades directamente con diversas secretarías de estado (Sedesol, Energía, Salud, Sagarpa, Semarnat, SEP, etc), o a través coordinada con el CONACyT. El sector productivo en México, y la sociedad en general serán también los objetivos a vincular de la DV.

## 5.- Equilibrar el desempeño de la producción científica de la planta de investigadores, y su participación en la educación y la vinculación.

Esto implica un plan de integración de investigadores rezagados o que trabajan de manera aislada para que se incorporen a equipos de trabajo. Esto será importante para los investigadores jóvenes o de ingreso reciente para los cuales será apropiado asociarlos con investigadores senior o grupos de investigación ya establecidos, y dado el caso y la evidencia, el desarrollo de liderazgos jóvenes. De esta manera la transición e integración a INAOE será mas rápida y efectiva. Este plan, apoyado con el programa de cátedras del CONACyT, deberá llevar al INAOE a una población de investigadores mas homogénea en cuanto al rendimiento, con lo que se buscará la promoción hacia los niveles mas altos del SIN y el desarrollo de proyectos más relevantes al país. En este rubro será necesario considerar la edad de la población de investigadores, y desarrollar mecanismos que permitan la incorporación de investigadores jóvenes, y ofrezcan opciones atractivas para el personal académico de mas de 65 años.

## 6.- Incorporación institucional de megaproyectos y proyectos.

Proveer la condiciones para que el GTM, en un plazo no mayor a dos años, reporte resultados científicos acordes con su capacidad actual como instrumento científico. Se plantea el aprovechamiento de las capacidades tecnológicas multidisciplinarias del GTM, tales como en el área de comunicaciones (LTE, red compartida-SCT), prospección y seguridad en el rango cercano a los TeraHertz, imagenología aplicada a neurofisiología apoyada conjuntamente con sistemas de láseres (óptica), bolómetros (electrónica) fabricados en el LiMEMs, y procesamiento de imágenes (cs. Computacionales). Se promoverá también la formación de radio astrónomos en INAOE que coadyuven a la operación del GTM y a la generación de resultados científicos.

Seguir promoviendo la investigación interinstitucional e internacional del Hawc con la idea de reforzar la investigación básica e incrementar la presencia de INAOE a través de publicaciones científicas. Promover al mismo tiempo la participación, en la medida de lo posible, de otras áreas del INAOE dentro de este proyecto.

La omnipresencia de la electrónica (conjuntada con la óptica y la computación) detrás de los instrumentos científicos, detrás de los sistemas de cómputo mismos, detrás de los sistemas de comunicaciones, y detrás de muchas aplicaciones que nos encontramos en la vida diaria, la convierte en un área de enlace natural para integrar de manera coherente las capacidades multidisciplinarias del INAOE. En ese mismo marco, pero desconocida al país, pero presente en las prioridades de desarrollo de todos los países desarrollados, la Fotónica esta presente en cualquier equipo de uso diario, por lo que se buscara su integración y desarrollo al nivel tecnológico y científico. El LiMEMs es un laboratorio que cuenta con la capacidad de integrar diversos materiales para la fabricación de sensores de diversos tipos (térmicos, magnéticos, mecánicos, ópticos, químicos, etc), y muy pronto también contará con la capacidad de integrar circuitos, comúnmente conocidos como "chips". El potencial para ciencia básica y aplicada de este laboratorio reside en la flexibilidad que tiene para incorporar materiales y dispositivos que incorporan electrónica y óptica cuántica, la cuál es la culminación de la mecánica cuántica en cuanto al uso de materiales nano-estructurados. Aquí el INAOE tiene capacidades multidisciplinarias de investigación teórica (básica) y aplicada en las coordinaciones de Óptica y Electrónica. (Una propuesta que integre electrónica, fotónica integrada microrrobótica no tiene competencia en el país). No solo para explorar el uso de materiales para la creación de nuevos dispositivos, sino para integrarlos en un chip, y procesar la información generada usando los métodos desarrollados en la coordinación de Cs. Computacionales. La propuesta en cuanto al LiMEMs es convertirlo en el laboratorio que integre las capacidades multidisciplinarias del INAOE, y le de salida a soluciones requeridas por el GTM (bolómetros), crear un programa nacional de enseñanza y capacitación de electrónica integrada que de servicios de integración y prototipos a universidades y centros de investigación, y que comparta sus capacidades para la investigación a nivel nacional también.

## \* Ejemplos concretos de la capacidad multidisciplinaria.

En la Coordinación de **Cs. Computacionales** se tienen, como algunos ejemplos emblemáticos, los proyectos de investigación CONACyT siguientes:

CC1.- *“Algoritmos y arquitecturas para extracción de información en grandes volúmenes de datos”*, con aplicación potencial en astronomía, análisis de bio-señales, seguridad, y ciudades inteligentes.

CC2.- *“Algoritmos de marcas de agua para comunicaciones secretas”*, con aplicación potencial obviamente en seguridad, comunicaciones, y medicina remota.

CC3.- *“Caracterización de usuarios en redes sociales: hacia un enfoque multimodal y multidominio”*, con aplicación potencial en ciudades inteligentes y seguridad.

CC4.- *“Fortalecimiento del laboratorio de robótica: robótica de servicio e interacción humano computadora”*, con aplicación potencial en monitoreo tri-dimensional de señales neuro-fisiológicas, caracterización de antenas de radiofrecuencia y sensores tri-dimensionales.

CC5.- *“Agricultura de precisión por análisis multiespectral utilizando vehículos aéreos no tripulados”*, con potencial interacción multidisciplinaria con el grupo de microelectrónica que diseña sensores.

CC6.- *“Fortalecimiento de la línea de neuroimagenes”*, con potencial interacción con el grupo de sensores de microelectrónica, y con óptica en imagenología del cerebro”.

CC7.- *“Nuevas alternativas de análisis e interpretación para neuroimagen óptica funcional”*, con potencial interacción también con el grupo de sensores de microelectrónica y con óptica.

CC8.- *“Monitoreo de tráfico en tiempo-real para semáforos inteligentes basado en mobile phone sensing”*, este proyecto tiene una interacción potencial muy fuerte con sistemas de monitoreo y control de calidad y volumen en la distribución de redes de agua potable.

CC9.- *“Video vigilancia automática: hacia un sistema genérico de análisis inteligente de videos”*, otro proyecto mas con potencial interacción con proyectos que tienen que ver con procesamiento de señales y aplicaciones en ciudades inteligentes.

En la Coordinación de **Óptica** se tienen los proyectos de investigación siguientes:

O1.- *“Espectroscopía infraroja funcional; observando el cerebro in-vivo-situ”*, con potencial interacción con investigación y desarrollo tecnológico en electrónica y Cs. Computacionales.

O2.- *“Desarrollo de Técnicas Ópticas No Invasivas para la Medición de Flujo Sanguíneo (Continuación)”*, con potencial interacción con investigación y desarrollo tecnológico en electrónica y cs. Computacionales.

O3.- *“Manipulación masiva de nano y macropartículas”*, con potencial interacción con investigación sobre descontaminación de agua potable que se lleva acabo en el grupo de microelectrónica.

En la Coordinación de **Electrónica** se tienen, como algunos ejemplos, los proyectos siguientes:



E1.- *“Diseño de circuitos de baja tensión para monitoreo de señales biológicas”*, con potencial interacción con los grupos de cs. Computacionales y óptica que realizan investigación orientada hacia la medicina. Aquí se tiene el primer ejemplo de capacidad de integración en silicio (“chip”) de una solución de aplicación específica que podría desarrollarse completamente en INAOE.

E2.- *“Metamateriales: Teoría, simulación, experimento, y aplicación”*, este proyecto es un primer intento de transferir ciencia básica en ciencia aplicada, y tiene un potencial alto de interacción disciplinaria con el laboratorio LiMEMs.

E3.- *“Multirate signal processing for software radio”*, este es un proyecto con un potencial muy alto para aplicarse en comunicaciones de la banda de los 700 MHz, una banda que recientemente ha sido liberada por la SCT.

E4.- *“Microscopía electrónica para la caracterización de materiales nano-estructurados, nano-cristalinos y orgánicos para aplicaciones en nano-tecnología y en generación de energías renovables”*, este es un excelente ejemplo que puede interaccionar de manera coherente con cs. Computacionales y Óptica.

E5.- *“Desarrollo de un sistema bio-inalámbrico para análisis de las frecuencia de radiación de las células cancerígenas en MAMA”*, un proyecto con un potencial muy alto de interacción con el grupo de microelectrónica que desarrolla bolómetros, y con el grupo de cs. Computacionales que desarrolla procesamiento de señales, y medicina en general.

En la Coordinación de **Astrofísica** también existen proyectos con un alto potencial de interacción con electrónica, óptica, y cs. computacionales.

A1.- *“Space qualified Opto-Electronics: Planning a Mexican contribution to ISSIS on board the World Space Observatory-Ultraviolet (WSO-UV)”*, un área donde se tiene experiencia y reputación internacional en crio-electrónica. Otra oportunidad brillante para incorporar algunos desarrollos del laboratorio LiMEMs.

A2.- *“Fabricación de una cámara de bolómetros superconductores operando a temperaturas criogénicas para detección de radiación a 3mm de longitud de onda para aplicaciones astrofísicas en telescopios (Sub-) milimétricos”*, en el LiMEMs se han fabricado bolómetros y arreglos de bolómetros, lo cuál representa una gran oportunidad para que INAOE desarrolle tecnología propia. También, en otro sentido, esta cámara puede tener aplicaciones de muy alto valor en medicina.

A3.- *“Sistema de hardware de procesamiento de datos de arquitectura abierta reconfigurable Roach para instrumento de detección de ondas milimétricas a 250mKelvin”*, este proyecto también representa una potencial interacción entre cs. Computacionales y electrónica (diseño de circuitos).

***En resumen se puede identificar claramente una tendencia hacia aplicaciones orientadas a la medicina, el medio ambiente, la energía, y la instrumentación electrónica con aplicaciones científicas. La integración institucional de esta tendencia desarrollada, hasta ahora de manera inconexa, resultará en un reforzamiento del eslabón de la vinculación, lo cual contribuirá definitivamente al objetivo de proponer soluciones para los problemas nacionales (científico/tecnológicos) definidos en el PECiTI, manteniendo e incrementando al mismo tiempo la capacidad de producción de artículos, y la atracción de talento joven mas interesado en proyectos con vinculación directa. Los megaproyectos o proyectos institucionales, bajo esta visión y plan de trabajo, contribuirán a la integración e incorporación, a nivel de investigación, desarrollo tecnológico, generación de capital humano, y vinculación, de las cuatro áreas del INAOE.***

1 Los laboratorios de Óptica son de la década de los 80 y en ese momento eran 3 doctorales, hoy son mas de 33. En electrónica, LiMEMs salvó la situación de una infraestructura de los 70s, pero debemos recordar que es un proyecto específico; nuevas áreas requieren espacios. Los laboratorios de Computo están en espacios improvisados.