



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

### **8. PROGRAMA ANUAL DE TRABAJO (PAT) PARA EL AÑO 2023**

#### **Antecedentes**

La transformación impulsada por el actual gobierno de la república significa retos que implican también una transformación estructural y organizacional del INAOE, una transformación que reconozca y vigorice las funciones para las cuales el instituto fue creado, es decir una vocación científica de relevancia internacional, un desarrollo tecnológico con pertinencia social tanto a nivel nacional como internacional, una formación de recursos humanos de alto nivel científico y tecnológico con vocación científica y formación tecnológica integral, y finalmente una vinculación con la sociedad desde el más alto nivel científico, pasando por la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y de recursos humanos, hasta la aplicación de los conocimientos y tecnología desarrollada que hagan de nuestro entorno una sociedad de bienestar para todos.

Así entonces el Plan Anual de Trabajo (PAT) para el año 2022 representa el inicio de una transformación en la vida del INAOE. Una transformación basada en el trabajo institucional por proyectos definidos bajo el Programa Institucional 2022-2024. El plan institucional 2020-2025 así mismo está referenciando al Plan Nacional de Desarrollo (PND), al Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI), y a los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES) definidos por CONACYT.

Bajo los nuevos criterios de CONACYT que nos llevan a alinear los planes institucionales al PND, PECITI, y PRONACES, los objetivos de INAOE se reacomodaron en 5, que se enlistan a continuación:

1. Fortalecer la cadena investigación científica-desarrollo tecnológico-vinculación para proyectar la innovación de alto valor científico-tecnológico y así reforzar la relevancia internacional e incrementar la pertinencia social nacional orientada a resolver los grandes problemas nacionales.
2. Reforzar y diversificar la generación de profesionales en ciencia y tecnología con una visión transversal de la ciencia y la tecnología para que coadyuven al desarrollo nacional y a la relevancia internacional.



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

3. Incrementar la vinculación institucional con el sector público y privado nacional para mejorar la transferencia de conocimiento, recursos humanos, y desarrollo tecnológico, que coadyuven a mejorar el uso de la ciencia y la tecnología tanto en el sector público como privado.

4. Consolidar e incrementar la infraestructura científica y de desarrollo tecnológico institucional para mejorar la vinculación con el sector público y privado que redunde en desarrollos científicos-tecnológicos de mayor nivel y propiedad intelectual, y

5. Mejorar la calidad en la generación, manejo y comunicación de la información relacionada con recursos materiales, presupuestales, organizacionales, de infraestructura científica y humana, para reforzar e incrementar los beneficios de la ciencia y tecnología a la sociedad mexicana.

Bajo estos nuevos criterios, los avances más significativos en el transcurso del primer semestre del año 2022, se resumen a continuación:

En referencia al objetivo 5 se han realizado las acciones siguientes:

a) Se continuó con la organización de la información que no estaba archivada de manera apropiada y accesible. Los archivos físicos correspondientes a la Dirección General (DG), desde el año 2006, ahora están completamente catalogados. También los archivos del Gran Telescopio Milimétrico (GTM) fueron concentrados en un solo lugar y catalogados completamente desde el año 2006. Se ha iniciado también con el rescate del acervo histórico de INAOE, el cuál será colocado en el museo de ciencia Guillermo Haro que se desarrolla dentro de INAOE con la asesoría de la Secretaría de Cultura del Estado de Puebla.

b) La planeación, administración y ejecución apropiada del presupuesto ahora se lleva de manera articulada con cada una de las cuatro coordinaciones. Cada mes se tiene una reunión con cada una de las coordinaciones, y con las direcciones de Investigación y Desarrollo Tecnológico, y de Administración y Finanzas, para revisar la evolución del gasto. Esto nos permite ir haciendo adecuaciones para usar el presupuesto de manera eficiente y oportuna.



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

Con el objetivo de disminuir el error humano en los procesos administrativo se ha iniciado una revisión y actualización de la herramienta SIA (Sistema Integral de Administración). El SIA nos permitirá automatizar los procesos de requisiciones de materiales, bienes, y servicios para completarlos en un plazo no mayor a dos semanas.

c) Se realizaron 7 reuniones entre la dirección general y los investigadores, tecnólogos, técnicos, y administrativos en general, con el objetivo de recibir preguntas, contestarlas, y definir acciones y tareas.

En referencia al objetivo 1 se realizaron las acciones siguientes:

1) Con la integración y articulación de la investigación y desarrollo tecnológico se reconoce el desarrollo tecnológico multidisciplinario que existe en INAOE en las cuatro coordinaciones (Astrofísica, Óptica, Electrónica, y Ciencias Computacionales), y que representa un enorme capital en cuanto al desarrollo de instrumentos científicos tanto de relevancia internacional, como de aplicación en la solución de los problemas nacionales. Resultado de esto es la iniciativa *“Plataforma para el desarrollo y fabricación de sensores y actuadores inteligentes aplicados en energía, salud, y seguridad iSensMEX”* liderada por INAOE y articulada con CIMAV, CIDESI, CIATEQ, CIDETEQ, y COMIMSA. Esta iniciativa articula capacidades desde investigación básica, desarrollo tecnológico, hasta innovación en materiales multi funcionales, dispositivos semiconductores para el diseño y fabricación de sensores y actuadores para sistemas e instrumentos médicos, medio ambiente, energía, y bio-seguridad. Dentro del INAOE se planea la incorporación de investigadores de Óptica, Electrónica, y Ciencias computacionales.

2) Con la articulación de la DIDT se abre la posibilidad de crear formalmente la Dirección de Formación Académica (DFA), y con ello entonces también aplicar la transversalidad y/o articulación transdisciplinaria en la formación de recursos humanos. Por lo tanto, se iniciarán los trámites pertinentes para registrar el cambio estructural ante la junta de gobierno. Ya como resultado preliminar de esto, en este primer semestre, se recibió la acreditación de la maestría en ciencias y tecnologías el espacio como posgrado de reciente creación en el PNPC. Esta acción está alineada con el objetivo número 2.



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

3) Como parte de la vinculación relacionada con los objetivos 3 y 4, el Gran Telescopio Milimétrico (GTM), sigue su evolución hacia la consolidación. En este primer semestre del 2022 se ha terminado la construcción del instrumento Toltec, el cual ha sido ya instalado y probado en el GTM.

4) En el año 2021 y primer semestre del 2022 se hicieron los procesos administrativos correspondientes a la adquisición de un microscopio electrónico, un implantador de iones, un "Rapid Thermal Annealer", y un "Wafer stepper", los cuales se instalarán en el laboratorio de fabricación de dispositivos semiconductores de INAOE, y servirán para reforzar e impulsar la plataforma nacional iSensMEX.

Finalmente quiero mencionar que los antecedentes y análisis que respaldan este PAT 2022 están reportados en el PAT 2021, pero también enfatizar que estamos en un proceso de transición basado en el CAR hacia uno nuevo basado en el nuevo programa institucional 2022-2024.

### **8.1. DIAGNÓSTICO**

Ya han transcurrido dos años y medio desde que el actual cuerpo directivo tomó posesión en marzo del 2020. Desde entonces se integró la dirección de investigación (DI) con la dirección de desarrollo tecnológico (DT) para crear la dirección de investigación y desarrollo tecnológico (DIDT). Con ello se da espacio a la creación de la dirección de formación académica (DFA) y su posterior formalización junto con la DIDT a través del Órgano de Gobierno.

La DIDT ha venido reorganizando la estructura de investigación y desarrollo tecnológico a través de reuniones semanales con los cuatro coordinadores de Astrofísica, Óptica, Electrónica, y Ciencias Computacionales.

Se ha detectado que es necesario mejorar la comunicación entre la comunidad de investigadores para que se promueva e inicie el trabajo multidisciplinario. Para ello se restablecieron los seminarios mensuales por coordinación, los seminarios institucionales donde se tienen invitados externos o en ocasiones los investigadores locales también participan. Además de ello se tienen los foros mensuales llamados "sinergia institucional" que también buscan dar a conocer el trabajo interdisciplinario y reforzar la colaboración entre investigadores de diversas coordinaciones.



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

El grupo de tecnólogos también está teniendo reuniones semanales para definir como se integran gradualmente a los proyectos que tenían contratados recursos humanos externos. Sin embargo, hemos observado que para articular de manera eficiente la investigación con el desarrollo tecnológico, los actuales 32 tecnólogos, no son suficientes. Para aprovechar al máximo las capacidades únicas de INAOE en diseño de circuitos integrados (chips), así como el diseño de circuitos y sistemas que se articulen con las de diseño y fabricación de sensores, y sistemas para aplicación en salud, energía, y seguridad.

Hasta ahora se tiene un grupo de cuatro tecnólogos dedicados específicamente al diseño de circuitos integrados.

La formación académica es la actividad que a lo largo de los años ha distinguido a INAOE por la gran cantidad de egresados, tanto a nivel de maestría como de doctorado, que se encuentran laborando en diversas universidades o centros públicos del país. También varios de los egresados trabajan en el extranjero como investigadores en universidades, centros de investigación, o empresas de alto nivel tecnológico. La generación de talento a nivel de maestría y doctorado ha sido llevada a cabo por los 8 programas PNPC tradicionales de las cuatro coordinaciones. Sin embargo, en los últimos 5 años ha surgido la necesidad del trabajo transdisciplinario y transversal, y de allí se crearon los posgrados en ciencias y tecnologías del espacio y ciencias y tecnologías biomédicas. En el primero intervienen investigadores de las cuatro coordinaciones, y en el segundo, investigadores de óptica, electrónica, y ciencias computacionales. El instituto cuenta con una maestría profesionalizante en Enseñanza de las Ciencias Exactas, dirigido a profesores de licenciatura, y dictados por investigadores de óptica, astrofísica, y externos.

Consideramos muy oportuno seguir trabajando en la consolidación de los posgrados en ciencias y tecnologías biomédicas y del espacio por estar relacionadas con las prioridades del estado mexicano. La primera de ellas con el sector de salud, y la segunda con seguridad relacionada con el medio ambiente.

La vinculación del INAOE con el sector público y privado se sigue sosteniendo mayoritariamente a través de la formación y capacitación de personal a nivel de diplomados, maestría, y doctorado, la cual se ha mantenido a una tasa promedio



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

de 55 maestros y 30 doctores al año en los últimos 5 años. Desde el inicio de la pandemia las actividades docentes se han trasladado de lo presencial a lo virtual. Hasta el momento la modalidad virtual ha funcionado sin problemas en lo referente a clases y exámenes. Las clases o desarrollos de tesis que requieren del trabajo presencial en los laboratorios han sido programadas de manera escalonada. Sin embargo, esto no ha sido suficiente y tenemos 20 estudiantes de doctorado rezagados y 54 de maestría que aún están dentro del periodo PNPC (ahora Sistema Nacional de Posgrados SNP) establecido para graduarse. El INAOE los está apoyando económicamente con recursos propios, pero no es suficiente, y por lo tanto es posible que tengamos rezagos o abandonos que nos lleven a incumplir con el reglamento del PNPC.

Otros aspectos de la vinculación incluyen los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico con el sector público, tales como los que se llevan con la SEMAR, SEDENA, Guardia Nacional, y el sector salud (proyectos de COVID, detección de bacteria E-coli). Los proyectos y convenios de colaboración científica, tanto a nivel nacional como internacional, son también parte de la vinculación a nivel internacional. Entre ellos seguimos resaltando el GTM y su colaboración la Universidad de Massachusetts (UMASS) y varios otros observatorios en diversos países. Es necesario resaltar que, en cuanto al GTM, se tiene garantizado el apoyo económico, por parte del gobierno mexicano, hasta el año 2023 (y parte del 2024). Hay fondos adicionales que provienen de NSF (National Science Foundation) y de UMASS. Sin embargo, es necesario ir definiendo una ruta para que el GTM se convierta legalmente en un ente autónomo que cuente con recursos presupuestales propios. Esta es una acción que INAOE irá analizando y proponiendo tanto a CONACyT como la SHCP. EL GTM deberá irse conformando como una entidad multi institucional e internacional, es decir, tener un cuerpo directivo multi institucional, y un presupuesto de operación compartido por diversas instituciones. De no lograrse la autonomía del GTM, el INAOE no podría sostener económicamente la operación del GTM.

En los antecedentes ya se hizo referencia a la consolidación de la infraestructura científica, que es parte del objetivo número 4, y a las actividades relacionadas con la mejora de la calidad en la generación, manejo y comunicación de la información (objetivo número 5).



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

La planta de investigadores, tecnólogos y técnicos académicos está envejeciendo. En este momento tenemos un promedio de edad de 56 años, con una edad mínima de 38 y una máxima de 87 años. Es necesario desarrollar un plan de jubilación atractivo para ir desocupando las plazas más altas (Titular C), y al mismo tiempo reconvertir una cantidad de ellas en plazas Titular A o Asociado C. Con ello se promovería el recambio generacional al mismo tiempo que se reduciría la acumulación de personal en la categoría Titular C, consiguiendo con ello el equilibrio en la distribución de plazas por categoría. Los directores generales de CIDE, CIESAS, CIBNOR, e INAOE conformaron una comisión de diálogo con CONACYT y SHCP. La comisión está analizando la situación en los 26 CPIs de CONACYT, y se propone llegar a una propuesta para la SHCP. Dicha propuesta implica la creación de un fondo que coadyuve a la jubilación atractiva, y dicho fondo tendría que ser creado con aportaciones de la SHCP y de los propios trabajadores. Aún no hemos llegado a una propuesta en concreto, pero esperamos que ocurra hacia el final del año 2021.

### **II. Objetivos**

Los objetivos del Programa Anual de Trabajo (PAT) se han actualizado de acuerdo con el Programa Institucional 2022-2024 aprobado por el Órgano de Gobierno en la primera reunión del año 2022.

#### **II.1. Fortalecer la cadena investigación científica-desarrollo tecnológico-vinculación para proyectar la innovación de alto valor científico-tecnológico y así reforzar la relevancia internacional e incrementar la pertinencia social nacional orientada a resolver los grandes problemas nacionales.**

Fortalecer la cadena investigación científica-desarrollo tecnológico-vinculación para proyectar la innovación de alto valor tecnológico y así reforzar la relevancia internacional y la pertinencia social para contribuir al bienestar social de la población mexicana.

En la ciencia vista como un todo integral, es decir investigación básica y aplicada, se debe procurar la articulación con el desarrollo tecnológico para enlazar todos los eslabones de la cadena ciencia-pertinencia social y relevancia internacional, y así darle aplicación en la solución de los problemas nacionales y los retos globales de la humanidad.



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

Para ello el INAOE tiene un gran potencial transdisciplinario dentro de sus cuatro coordinaciones, astrofísica, óptica, electrónica, y ciencias computacionales, el cual está estratificado desde investigación teórica, hasta el desarrollo tecnológico, pasando por la investigación experimental, y con algunos vínculos sociales con sectores gubernamentales y/o privados. Además de ello cuenta con acceso a recursos humanos, los cuales se forman en los diversos programas de maestría y doctorado, y una serie de laboratorios y talleres de investigación y desarrollo tecnológico. Sin embargo, a pesar de contar con todos estos eslabones científicos, tecnológicos, de generación de recursos humanos, de infraestructura científica y tecnológica, el INAOE no ha logrado aún enlazarlos óptimamente entre sí para conformar una cadena de valor completa que consolide la relevancia internacional y que le dé adecuada pertinencia social. Para lograr la consolidación de la cadena de valor el INAOE debe ser visto desde arriba con una perspectiva institucional transversal y con alcance nacional e internacional. Y debe articularse desde la base piramidal que la conforman sus laboratorios y técnicos asociados, sus tecnólogos, y sus investigadores. Por lo tanto, este objetivo tiene el fin de promover la articulación de la ciencia, con el desarrollo tecnológico, con la formación de recursos humanos, y finalmente vincularla pertinentemente con la sociedad sea esta internacional o nacional. Todo esto con una visión basada en proyectos institucionales alineados al PND, PECITI, y plan institucional 2020-2024 de CONACYT.

Este objetivo es relevante en cuanto busca generar el conocimiento, desarrollar la tecnología, y vincularla a solucionar las necesidades del sector público y privado en las áreas de energía, salud, agua, medio ambiente, y seguridad, así como aportar ciencia y tecnología para el bienestar de la humanidad en términos globales.

De acuerdo con la información disponible en el Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SIICyT) [<https://www.siicyt.gob.mx>] México ocupa, después de Brasil, el segundo lugar en número de publicaciones científicas. Sin embargo, en cuanto al número de patentes de acuerdo con el Banco Mundial [<https://data.worldbank.org/indicador/IP.PAT.RESD?locations=MX>] los residentes en el país solicitaron un total de 431 patentes en el año 2000, y de allí en adelante se ha ido incrementando hasta un total de 1,305 en el año 2019. Como comparación, Brasil solicitó 3,179 patentes en el año 2000 y 5,464 en el año 2019.



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

Estados Unidos solicitó 164,000 patentes en el año 2000, y 285,000 en el 2019. INAOE, por ejemplo, tiene un total de 26 patentes nacionales vigentes y 3 internacionales, de las cuales ninguna se ha comercializado o se ha otorgado en licenciamiento. Esto ha representado en los últimos diez años una erogación de cerca de 3 millones de pesos sin que haya retornado un beneficio económico al instituto o se haya reflejado en innovación. Las patentes en INAOE se han producido desde la perspectiva de productividad científica para la evaluación, pero no desde la perspectiva de ubicar un problema, proponer una solución, y proporcionar dicha solución a quien la necesita. Esto ha repercutido en una escasa y productiva vinculación con el sector público y privado. A pesar de ello, el INAOE tiene algunos ejemplos positivos de vinculación con el sector público (SENER, SEMAR, SEDENA) y privado. Sin embargo, es necesario mencionar que estos vínculos se han desarrollado con la contratación de personal ajeno al INAOE sin tomar en cuenta los recursos humanos internos. Con ello el instituto perdió la oportunidad de acumular conocimiento para su posterior replica o mejoramiento.

### **II.2. Reforzar y diversificar la generación de profesionales en ciencia y tecnología con una visión transversal de la ciencia y la tecnología para que coadyuven al desarrollo nacional y a la relevancia internacional.**

Educar, entrenar, y capacitar las nuevas generaciones de profesionales en ciencia y tecnología con una visión transversal de la ciencia y la tecnología comprometidas con el bienestar de la humanidad y la pertinencia social nacional.

El propósito de este objetivo es promover la formación y actualización de especialistas de alto nivel en investigación teórica, investigación aplicada, y desarrollo tecnológico, que coadyuven a la formación de cuadros de investigación y formación de recursos humanos en las universidades o centros de investigación, y que posteriormente se incrusten en la misma comunidad científica, en la comunidad universitaria, o en la creación de empresas mexicanas de alta tecnología que coadyuven al bienestar social. Para ello se propone dar formación complementaria, integral, y articulada de tal manera que el estudiante tenga una visión más amplia del uso social de los conocimientos adquiridos en INAOE.

Este objetivo es relevante en cuanto busca subsanar la falta de personal



## INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

altamente calificado para la investigación, el desarrollo tecnológico, y la formación académica que requiere el país en los sectores público y privado. Según el plan institucional de CONACyT [[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5595309&fecha=23/06/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5595309&fecha=23/06/2020)] México solo cuenta con 0.7 investigadores por cada mil habitantes, mientras que otros países, donde la ciencia y la tecnología se vincula efectivamente con la sociedad, tienen del orden de 10 científicos por cada mil habitantes. INAOE se encuentra ubicado en un polo académico con 5 universidades grandes e importantes, y más de tres centros de investigación preponderantes dentro de las diversas universidades. Esto ubica a Puebla como el segundo o tercer polo de generación de recursos humanos a nivel nacional, detrás de la ciudad de México o de la ciudad de Monterrey. Sin embargo, la mayoría de los egresados de Puebla y de INAOE, en particular, emigran a otros estados de la república, como Jalisco, Querétaro, Chihuahua o Nuevo León, donde se vinculan con el sector universitario o el industrial.

### **II.3. Incrementar la vinculación institucional con el sector público y privado nacional para mejorar la transferencia de conocimiento, recursos humanos, y desarrollo tecnológico, que coadyuven a mejorar el uso de la ciencia y la tecnología tanto en el sector público como privado.**

Incidir en el bienestar de la humanidad en general y de la sociedad mexicana para que la ciencia y la tecnología, así como los recursos humanos altamente capacitados, sean un motor para el desarrollo de la sociedad.

La vinculación en INAOE es vista como una acción bidireccional hacia el interior y hacia el exterior del instituto. Hacia el interior busca la articulación coherente de sus capacidades multidisciplinarias a diversos niveles (investigación teórica, investigación aplicada, desarrollo tecnológico, generación de recursos humanos), así como de su infraestructura de laboratorios y talleres. Hacia fuera busca vincularse y articularse con los diversos sectores sociales en la búsqueda de resolver problemas nacionales que requieran la aplicación de investigación y desarrollo tecnológico de mediano y alto nivel. La vinculación también considera el aspecto internacional, por lo que seguiremos apuntando a producir investigación de frontera, investigación aplicada, desarrollo tecnológico, y formación de capital humano de relevancia internacional.

En los dos objetivos anteriores se han mencionado tres de las funciones



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

sustanciales definidas en el decreto de creación del INAOE; investigación, desarrollo tecnológico, y formación académica. Sin embargo, para que dichas funciones adquieran relevancia social tienen que salir del nicho interno y vincularse con su entorno social, para convertirse en innovación. Hasta ahora el INAOE ha logrado vincular la función de generación de recursos humanos al proveer de maestros y doctores en ciencias a diversas universidades y centros de investigación. También lo ha hecho para el sector privado. Sin embargo, hacia el interior aún hace falta vincular el desarrollo de tesis con la cadena de investigación, tecnología y propiedad intelectual.

La insuficiente vinculación entre el sector científico-tecnológico con la sociedad en general se hizo evidente con la irrupción de la pandemia del COVID. En un periodo de aproximadamente 6 meses se tuvo que crear toda la cadena de enlace tecnología-sector productivo para diseñar y fabricar ventiladores de asistencia pulmonar. Pero este es apenas uno de los pocos vínculos de la ciencia y tecnología con la sociedad que requieren ser establecidos y consolidados.

Además del sector salud están los sectores de energía, seguridad, agua, medio ambiente, educación, y alimentos, por mencionar algunos, que también requieren de vinculación. El país ha estado inmerso en una estrategia, al menos durante los pasados 30 años, de reforzamiento de las capacidades científicas y tecnológicas de los investigadores y sus instituciones, pero no han aplicado esfuerzos paralelos similares en el entorno social para que la sociedad se apodere de la ciencia y la tecnología. De acuerdo con el índice de innovación global 2020 [wipo] publicado por la Universidad de Cornell y el World Intellectual Property Organization (WIPO), México ocupa el lugar número 32 entre los países catalogados como de ingreso medio per cápita debajo de China (16), India (27), Rusia(28), Brasil (29), y Malasia (30). Dentro de los países considerados de ingreso alto per cápita, Suiza aparece en primer lugar, seguido por Suecia (2), Estados Unidos (3), Reino Unido (4), Holanda (5), Dinamarca (6), Finlandia (7), Singapur (8), Alemania (9), y Corea del Sur (10). En total hay 49 países en el rango de ingreso alto per cápita, 37 en el rango superior medio, 29 en el rango medio inferior, y 16 en el rango de ingreso per cápita bajo. México se encuentra en el rango medio superior, pero no está dentro de los 10 primeros de ese rango. Tres son los parámetros utilizados para medir el índice de innovación; 1. la calidad de las universidades locales, 2. la cantidad de patentes solicitadas y registradas tanto a nivel nacional como internacional, y 3. y el número de citas que reciben las



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

publicaciones científicas y tecnológicas. Sin embargo, estos tres indicadores tienen valores diferentes dependiendo del rango de ingreso per cápita. Para los países de altos ingresos los tres indicadores tienen la misma importancia. Los países de ingresos altos se apoyan más en la internacionalización de sus patentes, además de que tienen un número mayor de patentes que los países de ingresos medios. Dentro de los países de alto ingreso las patentes llegan a tomar hasta el 40% de importancia, mientras que en otros países de ingresos medios a la calidad de las universidades le dan mayor importancia. En países con ingresos medios, como México, la calidad de las publicaciones y de las universidades tiene el mismo peso (48% en promedio), pero las patentes alcanzan solo un valor promedio del 4%. En este rango de países de ingreso medio China es una excepción y Malasia le sigue muy de cerca. En México el nivel de patentes solo llega al 1%.

La vinculación entendida como el enlace entre la investigación, el desarrollo tecnológico, y la sociedad tiene que desembocar en innovación para que tenga un impacto positivo en el desarrollo de la sociedad. Por lo tanto, la vinculación de INAOE debe enfocarse a la creación de innovación en el sector público o privado, y debe contener una visión humanista.

### **II.4. Consolidar e incrementar la infraestructura científica y de desarrollo tecnológico institucional para mejorar la vinculación con el sector público y privado que redunde en desarrollos científicos-tecnológicos de mayor nivel y propiedad intelectual.**

Actualizar y recuperar la competitividad nacional e internacional de la infraestructura científica, tecnológica, y de recursos humanos para influir positivamente en el bienestar de la humanidad y la sociedad mexicana.

INAOE ha transcurrido por diversas etapas de transformación desde su creación en 1971, las cuales pasan por la concepción del Gran Telescopio Milimétrico GTM en el año 1994, la extensión de sus actividades sustanciales hacia computación con la creación de la Coordinación de Ciencias Computacionales en el año 2001, la re-sectorización de INAOE bajo CONACyT en 2006, la consolidación del GTM ya como un observatorio en operación en 2018. Esto nos ha llevado a echar una mirada integral e institucional a la infraestructura de laboratorios científica y tecnológica de todo el INAOE. Y se redescubre el caso del laboratorio de innovación en dispositivos micro electromecánicos LiMEMs. Un laboratorio



## INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

precedido por el laboratorio de microelectrónica desarrollado en las postrimerías de los años 70's. El LiMEMs es único por su naturaleza en México y América Latina y representa una oportunidad para la ciencia y tecnología multidisciplinaria dentro y fuera de INAOE. En la coordinación de Óptica se encuentra una situación similar con laboratorios de biofotónica, comunicaciones ópticas, holografía, instrumentación óptica y metrología. En lo que concierne a Ciencias de la Computación se cuenta con laboratorios de robótica, reconocimientos de patrones, procesamiento de bioseñales, y tecnología del lenguaje. Todos estos laboratorios representan una gran oportunidad de conversión de ciencia en desarrollo tecnológico, y este a su vez en innovación para la solución de problemas nacionales e internacionales. Por ello, este objetivo se enfoca en consolidar estos laboratorios que coadyuvarán con soluciones de alto nivel tecnológico y promoverán la innovación. En cuanto a la planta de investigadores, tecnólogos, y técnicos académicos encontramos que la edad promedio está en 56 años, por lo que es necesario definir un plan de jubilación digno para los trabajadores de mayor edad, y al mismo tiempo ir renovando la planta de trabajadores con personal joven.

### **II.5. Mejorar la calidad en la generación, manejo y comunicación de la información relacionada con recursos materiales, presupuestales, organizacionales, de infraestructura científica y humana, para reforzar e incrementar los beneficios de la ciencia y tecnología a la sociedad mexicana.**

Acceder de manera inmediata a la información sustancial en ciencia, tecnología, formación académica, vinculación, administración, y finanzas que nos permita el análisis rápido y enfocado para la correcta toma de decisiones que redunden en beneficio de la sociedad.

La información es un elemento crucial para el análisis y la correcta toma de decisiones. La información es de naturaleza y niveles diferentes, por ejemplo, la referida a proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, la información con potencial valor social o patentable, los reportes técnicos de laboratorios, la información administrativa y financiera, así como toda la relativa a reportes usados en la evaluación individual o institucional. Por lo tanto, el propósito de este objetivo es la generación, administración, y comunicación de información mediante una plataforma digital, que elimine, en la medida de lo posible, el error humano, que sirva de herramienta en la toma de decisiones expedita y eficiente,



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

y que además transparente el uso de los recursos financieros, materiales, y humanos.

La administración y finanzas del instituto es una función consustancial para que las funciones sustanciales de investigación, desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos, y vinculación, puedan llevarse a cabo de forma eficiente. La administración de procesos e información, así como el desarrollo expedito y eficiente de procesos financieros son factores esenciales en la excelencia de todas las funciones de INAOE. Por lo tanto, este objetivo tiene como prioridad crear una plataforma de software, y estructura operativa intercomunicada, que apoye en los procesos administrativos, financieros, y de reportes de evaluación. Se incluye también la gestión y procuración de un presupuesto anual apropiado para llevar a cabo las funciones del instituto. Se pretende así, digitalizar la mayoría de los procesos para reducir el uso de papel, tener acceso a la evolución de cualquier proceso, así como a la información en tiempo real. Se incluye dentro de este objetivo la creación de la Oficina de Información y Archivos (OIA), quien tiene la función de crear, administrar, y operar todos los archivos de INAOE, tanto los físicos como los digitales. La reducción de pasivos es otro objetivo que persigue la actual administración. Hoy en día los pasivos totales del INAOE corresponden a diferentes categorías, tales como; demandas mercantiles, pagos de finiquitos por jubilación, juicios laborales, etc. La meta para el año 2025 es no tener ya ningún pasivo en el balance administrativo de INAOE.

### **III. Estrategias y acciones específicas para cada objetivo**

**III.1 Estrategia 1** derivada del objetivo 1: articular y desarrollar las capacidades de investigación, desarrollo tecnológico y vinculación hacia el interior y exterior con relevancia internacional y pertinencia social, que contribuya a la generación de nuevo conocimiento y a su aplicación en el sector universitario, científico, gubernamental, y productivo.

**III.2. Estrategia 2** derivada del objetivo 2: Desarrollar los nuevos posgrados multidisciplinarios y consolidar los existentes para que contribuyan a la diseminación y aplicación de la ciencia y la tecnología y disminuyan el rezago de la capacidad científico-tecnológica de la sociedad.



## INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

**III.3. Estrategia 3** derivada del objetivo 3: Establecer los vínculos con el sector público y privado, tanto nacional como internacional, para innovar en soluciones de alto nivel científico-tecnológico, y que al mismo tiempo impulsen el desarrollo del sector productivo mexicano y disminuyan la dependencia tecnológica del país.

**III.4. Estrategia 4** derivada del objetivo 4: Identificar las fortalezas y debilidades tanto de infraestructura física de laboratorios como de capacidades humanas para desarrollar un programa de fortalecimiento alineado con el plan institucional que coadyuve a reducir la dependencia científico-tecnológica del país.

**III.5. Estrategia 5** derivada del objetivo 5: Agilizar el acopio, administración, y disseminación digital de la información para eliminar el error humano en la medida de lo posible, y con ello tomar decisiones apropiadas, que permitan dar acceso a información de alto valor científico y tecnológico a la sociedad mexicana.

## IV. Metas e indicadores relacionados con cada objetivo

**Meta 1:** Integrar y crear la estructura de la Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico

### Parámetro 1:

Definición de funciones y estructura de la DIDT;

1. Oficina de Enlace y Apoyo al Personal de Investigación (EAPI) a cargo de ingreso, ratificación o promoción laboral (CDI, CDE, CEI); el Sistema Nacional de Investigadores (Módulo de Acreditación, Incorporación de ayudantes de investigadores Nivel III y Eméritos, apoyo en caso de fallas técnicas con el servidor, etc.); trámites migratorios; constancias laborales o cartas de adscripción; contratación de personal (postdoctorantes o personal por honorarios) de recursos fiscales; asuntos de Cátedras CONACYT; o el apoyo para el proceso de Estímulos al Desempeño Académico (EDA).

2. Oficina Central de Proyectos (OCP) a cargo de la generación de cartas de postulación institucional para participar en convocatorias de proyectos; apoyo en la formalización de inicio de proyectos (CAR, cuenta de banco, etc.);



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

seguimiento de requerimientos de compras y servicios; pagos a personal de honorarios y postdoctorantes a través de proyectos; enlace con el CONACYT y otros organismos de financiamiento de proyectos; seguimiento del proceso de entrega de reportes técnicos; apoyo para solicitudes de prórroga de proyecto, alta de becarios, incorporación de participantes en proyectos y finiquitos.

3. Oficina de Propiedad Intelectual y Transferencia Tecnológica (OPITT) a cargo de asuntos relacionados con solicitudes de patente; seguimiento procesos de otorgamiento de patentes; pagos y servicios relacionados con la Propiedad Intelectual y Transferencia Tecnológica y el IMPI; así como el proceso de firma de convenios con instituciones externas al INAOE.

4. Vinculación y Gestión de Proyectos a cargo de iniciativas de proyectos, colaboración o participación en proyectos con instituciones externas al INAOE; tareas de vinculación; presentación del INAOE hacia el exterior; seminarios institucionales, incluido el de Sinergias Internas.

5. Oficina de Laboratorios y Talleres, Seguridad en el Trabajo y Manejo de Desechos (OLSED) a cargo de asesoría en temas de seguridad en el trabajo, higiene, protección al medio ambiente, protección civil, manejo de residuos peligrosos (lo que incluye el apoyo a la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene y la Dirección General en lo establecido mediante normas mexicanas NOM-035, NOM-030, NOM-052, etc.) y temas de metrología e infraestructura para nuestros laboratorios y talleres.

6. Administración General de Cómputo (AGC) a cargo de asuntos relacionados con equipos de cómputo, servicio de correo electrónico, asesoría en TICs, licencias de software, internet, servidores, servicio de nube (OwnCloud), telefonía, cámaras de vigilancia.

7. Crear y consolidar el centro de integración tecnológica que incluye ingeniería, sistemas computacionales, sistemas y circuitos integrados, taller de óptica, y las unidades de metrología LabEC, LIEE, y LSA.



## INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

### Parámetro 2:

Realizar los trámites conducentes ante el Órgano de Gobierno, CONACyT y SHCP para la formalización de la Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico dentro de la estructura orgánica aprobada para el INAOE.

**Meta 2:** Consolidar la planta de investigadores, tecnólogos y técnicos académicos, a un total de 132 investigadores, 36 tecnólogos, y 81 técnicos académicos.

### Parámetro 1:

Revisión y actualización del Estatuto de Personal Académico (EPA), así como parte de los criterios de evaluación para el ingreso, permanencia y promoción.

### Parámetro 2:

Análisis de las condiciones de jubilación y diálogo con CONACyT y SHCP que coadyuve a una jubilación digna que a su vez permita la renovación de la planta de investigadores, tecnólogos, y técnicos académicos.

### Parámetro 3:

Crear el estatuto de personal tecnólogo que facilite la interacción con los investigadores y que respalde el proceso de ingreso, evaluación, y permanencia.

**Meta 3:** Equilibrar y elevar la producción científica, medida por el número de publicaciones científicas, entre la comunidad de INAOE, a un número por arriba de 1.6 publicaciones anuales por investigador.

### Parámetro 1:

Analizar las condiciones de trabajo y desempeño de los investigadores para entender el origen de la producción científica desequilibrada entre coordinaciones e investigadores, y proponer acciones que equilibren y eleven la producción científica.

### Parámetro 2:

Analizar la posibilidad de que los tecnólogos puedan incrementar la producción científica mediante colaboración con los investigadores.



## INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

**Meta 4:** Definir el número de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico por investigador, planificarlos, y someterlos para que estén articulados con el PND, PECITI, y PRONACES coadyuvando a la relevancia internacional y a la pertinencia social nacional.

Parámetro 1:

Realizar reuniones con los investigadores de las cuatro coordinaciones para definir los proyectos con posibilidades de ser enviados como propuestas.

Parámetro 2:

Realizar reuniones con los tecnólogos para definir los proyectos de desarrollo tecnológico a ser enviados a convocatorias a para posible colaboración con otras instituciones.

Parámetro 3:

Definir y poner en marcha el plan de trabajo con CIMAV, CIDESI, CIDETEQ, CIATEQ, y COMIMSA para la *“Plataforma para el desarrollo y fabricación de sensores y actuadores inteligentes aplicados en energía, salud y seguridad – iSensMEX”*.

**Meta 5:** Iniciar el proceso de formalización de la autonomía legal, presupuestal, y administrativa del Gran Telescopio Milimétrico (GTM) hacia el año 2024.

Parámetro 1:

Restablecer las conversaciones entre los tres socios, CONACYT, INAOE, y UMASS para definir una ruta y plan hacia el 2024.

Parámetro 2:

Consolidar el plan de trabajo local que garantice la seguridad, suministro de insumos, y personal de trabajo para el GTM de acuerdo con el financiamiento FORDECyT y plan de trabajo acordado en el mismo convenio.

Parámetro 3:

Garantizar las condiciones administrativas para que las aportaciones presupuestales provenientes de UMASS se reciban en tiempo y forma.

Parámetro 4:



## INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Definir y consensuar un plan de colaboración científico-tecnológico entre INAOE y GTM que promueva la investigación, el desarrollo tecnológico, y la formación académica a largo plazo a nivel nacional e internacional.

**Meta 6:** Iniciar el proceso de formalización de la Dirección de Formación Académica (DFA).

Parámetro 1:

Definición de funciones y estructura de la DFA;

**Meta 7:** Iniciar el proceso de registro o validación de los posgrados de INAOE ante el nuevo Plan Nacional de Posgrados (PNP).

Parámetro 1:

Verificar el registro de la maestría en Ciencias y Tecnologías Biomédicas.

Parámetro 2:

Analizar, junto con los posgrados de los otros 25 CPIs, la posibilidad de compartir y convalidar cursos interinstitucionales.

### V. Epílogo

Con la revisión de la nueva ley de ciencia y tecnología, la publicación del PECITI 2020-2024, así como el desarrollo del nuevo Programa Nacional de Posgrados (PNP), y el cambio en la evaluación de los CPIs, que pasa del anterior CAR (Convenio de Administración por Resultados) a una evaluación institucional basada en proyectos, este PAT 2022 incluye ya algunos elementos preliminares. Lo más relevante es la alineación del Programa institucional 2022-2024 del INAOE con el PND, PECITI, y PRONACES, dejando atrás la planeación y evaluación basada en el CAR y PNPC. Por lo tanto, este PAT 2022 es un plan de transición que recoge aún resultados de los planes anteriores e intenta incorporar los nuevos hacia el 2022.

La transición requiere de adecuaciones en la estructura del instituto que se verán reflejados en los procesos de evaluación, en la forma de organización y planeación de la investigación, el desarrollo tecnológico, la formación de recursos humanos, y la vinculación institucional, y por ende en el presupuesto y ejercicio de éste. Son retos muy grandes que no solo incluyen la reestructuración y organización del instituto, sino de un trabajo amplio, abierto, y de largo aliento de comunicación, concientización, y consenso con la comunidad de trabajadores del instituto.



## **INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

Uno de los retos más grandes, pero no el único, es establecer la ruta para que el GTM alcance la autonomía administrativa, operacional, y presupuestal hacia el año 2024.

La renovación de la planta de investigadores, tecnólogos, y técnicos académicos, es otro de los grandes retos que no solo se reducen al ámbito académico, sino al de las negociaciones con CONACyT y la SHCP.

Finalmente, y ya como inicio de la transición quiero mencionar el esfuerzo interinstitucional realizado por INAOE, como institución líder, junto con CIMAV, CIDESI, CIDETEQ, CIATEQ, y COMIMSA, para articular y complementar sus capacidades humanas y de infraestructura de laboratorios para establecer la *“Plataforma para el desarrollo y fabricación de sensores y actuadores inteligentes aplicados en energía, salud y seguridad – iSensMEX”*. Una iniciativa que reúne la investigación básica en materiales y dispositivos semiconductores, la articula con el desarrollo tecnológico, y la lleva hasta la innovación para vincularla en la solución de problemas nacionales relacionados con salud, energía, y seguridad. Esta plataforma iniciará actividades en el año 2022, y allí probaremos la capacidad de trabajar articuladamente con más de 77 investigadores de estos 6 CPIs, y la utilización articulada de laboratorios que juntos suman un valor mayor a los 2 mil millones de pesos.