



# [NC]

## NOTICIO

### XXVIII



INDEPENDENCIA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE MÉXICO



VISTA DENTRO DE LA CÁMARA DE VACÍO EN UN PROCESO DE DEPOSITO DE MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE UN FILTRO ÓPTICO

EDICIÓN / JULIO - SEPTIEMBRE DE 2021

**INSTRUMENTACIÓN ASTRONÓMICA ÓPTICA**

PARA EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS MANUFACTURADA POR EL IAUNAM

**EDIFISE**

UN PASO EN LA BÚSQUEDA DE UNA CIENCIA Y TECNOLOGÍA LOCAL

**INTERFEROMETRÍA**

PARA LA DETECCIÓN DE EXO-PLANETAS

**DISEÑOS DE FILTROS ÓPTICOS**

EN LA ASTRONOMÍA



LOMA DEL BOSQUE 115 COL. LOMAS DEL CAMPESTRE  
C.P. 37150 LEÓN, GUANAJUATO, MÉXICO  
TEL. (52) 477. 441. 42. 00  
WWW.CIO.MX

# DIRECTO RIO

**DIRECTOR GENERAL**  
DR. RAFAEL ESPINOSA LUNA  
DIRECCION.GENERAL@CIO.MX

**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN**  
DR. ALEJANDRO MARTÍNEZ RÍOS  
DIRECCION.INVESTIGACION@CIO.MX

**DIRECTOR DE FORMACIÓN ACADÉMICA**  
DR. RAÚL ALFONSO VÁZQUEZ NAVA  
DIRECCION.ACADEMICA@CIO.MX

**DIRECTOR DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**  
DR. BERNARDINO BARRIENTOS GARCÍA  
DIRECCION.TECNOLOGICA@CIO.MX

**EDITORA EJECUTIVA**  
ELEONOR LEÓN TORRES

**EDITORES CIENTÍFICOS**  
CHARVEL MICHAEL LÓPEZ GARCÍA, NATIELY HERNÁNDEZ SEBASTIÁN, FERNANDO ARCE VEGA

**DISEÑO EDITORIAL**  
LUCERO ALVARADO RAMÍREZ

**COLABORACIONES**  
ZACARÍAS MALACARA HERNÁNDEZ, BARTOLOMÉ REYES RAMÍREZ, CARLOS MARES CASTRO,  
DULCE MURIAS, MARIJA STROJNIK SCHOLL, JOSÉ DE LA LUZ HURTADO, CARLOS PÉREZ SANTOS,  
SALVADOR CUEVAS CARDONA

**IMÁGENES**  
ARCHIVO FOTOGRÁFICO DEL CIO, IMAGE BANK

# EDITORIAL

## ***Apreciadas y apreciados lectores del NOTICIO:***

Estamos finalizando el tercer trimestre del año con renovados bríos al saber vacunados contra el COVID-19 a un alto porcentaje de la población mexicana y de varias regiones de nuestro planeta; sin embargo, está sucediendo lo que ninguna persona bien informada o de buena voluntad desea, que en varios países el grado de vacunación es tan bajo que sólo 6 de cada 100 de sus habitantes han sido inoculados. Por simple sentido práctico, por solidaridad y por empatía, toda la población debiera de tener acceso a la opción de vacunación, pues de prolongarse la situación actual se pudieran generar mutaciones inesperadas en el virus SARS-CoV-2 que, según las y los letrados en el tema, existe la posibilidad de volverse resistente a cualquiera de las distintas propuestas de vacunación hasta ahora formuladas, corriendo el riesgo de dejar sin gran utilidad tanto esfuerzo colectivo y haciendo de las patentes respectivas documentos obsoletos, cuando es ahora que deben ofrecerse libremente y así acabar con la pandemia y sus afectaciones en todos los ámbitos del quehacer humano.

Las migraciones de personas de sus países de origen, anhelando mejores opciones, sin duda será una situación en ascenso, mientras se sigan ignorando las causas que las motivan. Los países desarrollados han sabido atraer talento humano de todos los rincones del mundo, despojándolos de su bien más preciado: su personal altamente calificado, por la falta de oportu-

nidades en sus países de origen. Como nunca antes, nos debe quedar claro que el apoyo a las humanidades, investigación científica, tecnológica y de innovación ya no son opciones de inversión, sino que son tareas que exigen su inmediata y prioritaria atención en cualquier nación comprometida con sus habitantes. Acabemos con la pandemia y reduzcamos los efectos del cambio climático; la opción es simple, practiquemos acciones colaborativas y propositivas ante retos comunes, en unidad, como humanidad. Pero antes, hagámoslo como sociedad mexicana.

Agradecemos a nuestras colaboradoras y colaboradores internos y externos, por sus contribuciones a éste número temático, dedicado al ser y quehacer en torno a una de las áreas que dieron origen a nuestra institución: el desarrollo de tecnología e innovación desde el CIO, enfocado a la Astronomía Óptica. En éste número encontrarán narraciones que van desde las aportaciones que se realizan en nuestro Taller Óptico, como sustento de diversas colaboraciones con instituciones nacionales, como el INAOE y la UNAM, así como internacionales. Este número es un testimonio de la importancia del trabajo colaborativo, que potencia y trasciende sus alcances e impactos social, científico, tecnológico y académico, imprimiendo a todo ello, el sello del Centro de Investigaciones en Óptica, A. C.; el distintivo CIO.

Continuemos disfrutando de nuestro trabajo, teniendo como objetivo principal el bienestar de nuestra sociedad y su sólido desarrollo, basados en el lema que guía e inspira nuestro quehacer institucional: *EL TRABAJO TODO LO VENCE*.

## NOTICIO

En el CIO realizamos investigación básica, tecnológica y aplicada que incrementa nuestro conocimiento y nos permite resolver problemas tecnológicos y aplicados vinculados con la óptica. En particular en las áreas de: pruebas no destructivas, holografía y materiales fotosensibles, visión computacional e inteligencia artificial, óptica médica, instrumentación, infrarrojo, materiales fotónicos inorgánicos y orgánicos, nanomateriales, láseres y aplicaciones, espectroscopía, fibras ópticas, sensores, optoelectrónica, cristales fotónicos, comunicaciones y dinámica de sistemas complejos. Este trabajo se realiza por investigadores del CIO o en colaboración con empresas e instituciones académicas nacionales y extranjeras. NotiCIO es una publicación trimestral que tiene como objetivo dar a conocer a una audiencia amplia los logros científicos y tecnológicos del CIO para ayudar a que éstos sean comprendidos y apreciados por su valor para los ciudadanos, para nuestro país y para el mundo. El CIO pertenece al Sistema de Centros Públicos de Investigación Conacyt del Gobierno Federal. Mayor información sobre el CIO puede obtenerse en el sitio [www.cio.mx](http://www.cio.mx)



CIOmx

Centro de Investigaciones  
en Óptica A.C.

@CIOmx

# INDICE

4

EDITORIAL

10

DEPÓSITOS DE PELÍCULAS DELGADAS PARA COMPONENTES ASTRONÓMICAS

18

EDIFISE: UN PASO EN LA BÚSQUEDA DE UNA CIENCIA Y TECNOLOGÍA LOCAL

25

COLABORACIÓN DEL CIO CON EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS, 2021

33

DISEÑOS DE FILTROS ÓPTICOS EN LA ASTRONOMÍA

38

INTERFEROMETRÍA PARA LA DETECCIÓN DE EXO-PLANETAS

42

FABRICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN ÓPTICA EN EL TALLER ÓPTICO

53

RECuento DE LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS ÓPTICOS PARA ASTRONOMÍA EN EL CIO

58

INVITADOS EXTERNOS

67

PUBLICACIONES ARBITRADAS



# DEPÓSITOS DE PELÍCULAS DELGADAS

PARA COMPONENTES ASTRONÓMICAS

BARTOLOMÉ REYES

## *Breve reseña sobre la Astronomía en el mundo*

La astronomía es un área fascinante dado que captura nuestra imaginación y curiosidad. Es una ciencia que estudia la estructura y la composición de los astros, su localización y las leyes de sus movimientos. Desde tiempos primordiales se practicó para saber sobre nuestra evolución. Todas las culturas del mundo han desarrollado algunas teorías sobre el origen del universo, la creación de la tierra, cosmos y galaxias. La humanidad ha tornado su mirada al cielo buscando respuestas en las estrellas, cosmos, planetas y la tierra misma. Consecuentemente, se han realizado grandes descubrimientos al respecto por la comunidad científica e incluso por aficionados, tales como movimientos de los planetas, galaxias, fuerzas de gravedad, estructuras internas de estrellas, supernovas entre otras.



### Breve reseña de la astronomía en México

La astronomía en México ha sido desarrollada mucho antes del descubrimiento de América. Existen evidencias que los mayas ya habían desarrollado grandes avances en el tema, como lo fue el calendario solar, fechas importantes como el eclipse lunar y solar. Conocían con gran exactitud las revoluciones sinódicas de los planetas Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Calcularon los períodos de la Luna, del Sol y de estrellas. También los conquistadores españoles trajeron avances referentes a la astronomía. Consecuentemente, durante el transcurso del tiempo, hubieron ilustres mexicanos que practicaron actividades astronómicas durante todas las épocas de la historia. Como resultado del avance, el primer observatorio profesional dotado de telescopio se instaló en 1878 en el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) en el castillo de Chapultepec, 14 años más tarde se trasladó a Tacubaya, Ciudad de México. En 1942 se inauguró el Observatorio Astrofísico de Tonantzintla, gracias a los esfuerzos de Luís Enrique Erro (1897-1955). Posteriormente, se desarrolló el Gran Telescopio Milimétrico (GTM, [www.lmtgtm.org](http://www.lmtgtm.org)) que es un proyecto binacional México-EEUU, encabezado por el INAOE en México, y por la Universidad de Massachusetts (UMass) en EEUU. Éste es el mayor proyecto científico realizado en México en cualquier campo del conocimiento, hasta la fecha, con un presupuesto total de 120 millones de dólares. La participación de México con más de un 75%, lo convierte además en la principal iniciativa astronómica nacional para la nueva década. Más recientemente, en los últimos 15 años, personal científico y técnico del área de Taller Óptico del CIO ha trabajado en el desarrollo de sistemas ópticos espectrográficos muy especializados para

importantes telescopios del mundo, como el Gran Telescopio de Canarias, GTC, de España, uno de los más grandes telescopios del mundo, y el Telescopio robótico Liverpool del Reino Unido por mencionar algunos.

### Recubrimientos de películas delgadas

La historia de películas delgadas ha existido desde hace miles de años. Los egipcios ya aplicaban láminas muy finas de oro para adornar sarcófagos, santuarios y coronas. Actualmente, un artesano puede conseguir las láminas de oro alrededor de 0.05um de espesor. En general, el recubrimiento de películas se usa para varias cosas que pueden ser desde el embellecimiento de los materiales, hasta la mejora en su rendimiento, esto va a depender de su aplicación.

En el ámbito de la óptica, el recubrimiento de películas delgadas consiste en recubrir algún material en específico, combinar materiales, ya sea en capas alternadas o con mezcla de materiales para producir nuevas propiedades ópticas y eléctricas no encontradas en la naturaleza, con el fin de modificar propiedades de dichos materiales usados como sustrato o lente. Para esto se tiene que controlar los parámetros como espesor, temperatura, nivel de vacío (presión atmosférica), entre otros factores para la fabricación de la película. Con esto se pueden lograr excelentes porcentajes de reflectancia o transmitancia (que refleje o transmita el mayor porcentaje de luz), dependiendo de la necesidad. Para lograr una máxima transmitancia, reflectancia de un material, es importante partir de un diseño, y esto se logra con software especializados en el área o con modelos matemáticos. Con el conocimiento y software adecuado, se puede lograr la combinación de materia-

les en capas alternadas o evaporadas simultáneamente sobre un sustrato, dando origen a nuevas propiedades ópticas y eléctricas de los materiales, permitiendo así el diseño de dispositivos ópticos o electroópticos.

Para lograr llevar a cabo los recubrimientos, existen técnicas tradicionales que permiten el control de la evaporación de capas delgadas, como

son: la evaporación térmica, el cañón de electrones, métodos de pulverización (catódica, radio frecuencia, reactiva, etc.), depósito de vapor químico, evaporación por pulsos láser. Recientemente se han desarrollado nuevas técnicas como: depósito de capas moleculares, asistencia de iones, evaporación por plasma, evaporación de capas atómicas, etc. Actualmente se ha llegado a la etapa de auto-

FIGURA 1. LENTE RECUBIERTA DEL PROYECTO MEGARA

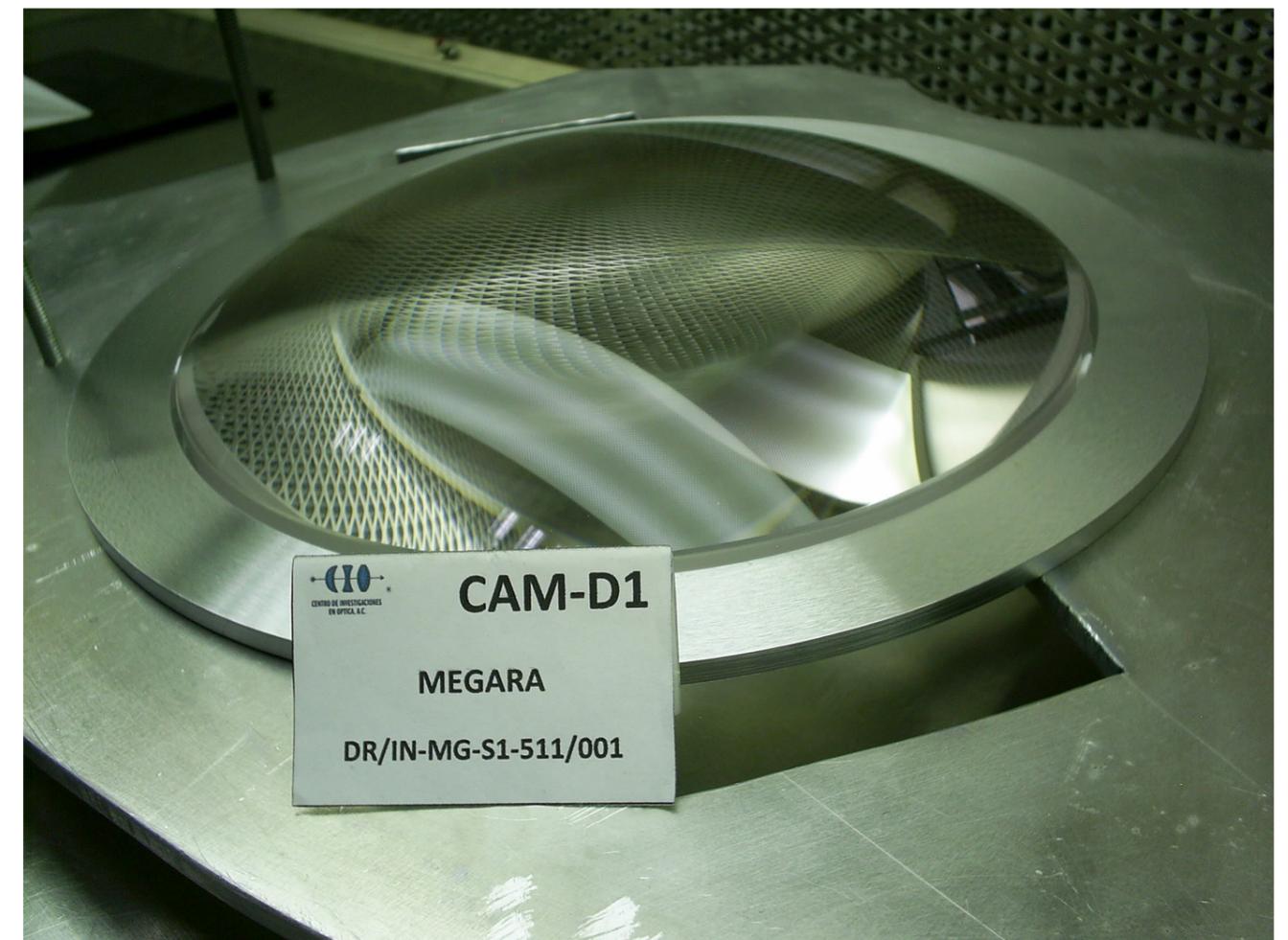




FIGURA 2.LENTE RECUBIERTA DEL PROYECTO WEAVE



FIGURA 3.ESPEJO ZERODUR RECUBIERTO DEL PROYECTO WEAVE

matización total del proceso de fabricación de determinados dispositivos ópticos. Con esto se logra un mejor control, teniendo resultados excelentes para cada necesidad.

### ***Recubrimiento de películas delgadas en óptica para astronomía***

En el laboratorio de películas delgadas del CIO se llevan a cabo recubrimientos de componentes ópticos para uso astronómico. Se han recubierto lentes cóncavos, convexos de muy alta transmitancia (>99.5%) y espejos de muy alta reflectancia (>98%). Los recubrimientos en el laboratorio de películas se han llevado a cabo con estricto control en limpieza, descontaminación del medio, cuidado en la limpieza de la montura para las ópticas, limpieza de las ópticas dentro de una mesa de flujo laminar. Para asegurar la buena adherencia de los materiales a la óptica, se calienta dicha óptica a una temperatura de 250 grados de manera controlada. Para lograr el recubrimiento de ópticas

grandes, se cuenta con una evaporadora de uso comercial cuyo tamaño de campana es de 1m<sup>3</sup>. En esta evaporadora se han recubierto desde sustratos de 0.5 pulgadas hasta óptica de 80 cm de diámetro. De los proyectos que se mencionan abajo, algunas de las ópticas fueron muy difíciles de trabajar, como el fluoruro de calcio. En especial, este material ha requerido el calentamiento controlado de hasta 72 horas para alcanzar los 250 grados. Por mencionar algunos proyectos realizados, se han recubierto de películas delgadas de muy alta calidad y gama de materiales para el brazo rojo del espectrómetro Fibre-fed Robotic Dualbeam Optical Spectrograph (FRODOSpec), para el telescopio robótico inglés, Liverpool Telescope, el espectrómetro Equalized and Diffraction-limited Field Spectrograph Experiment (EDIFISE), el espectrómetro Multi Espectrómetro en GTC de Alta Resolución para Astronomía (MEGARA), para el Gran Telescopio de Canarias, en la figura 1 se muestra una lente de dicho proyecto. También se han re-

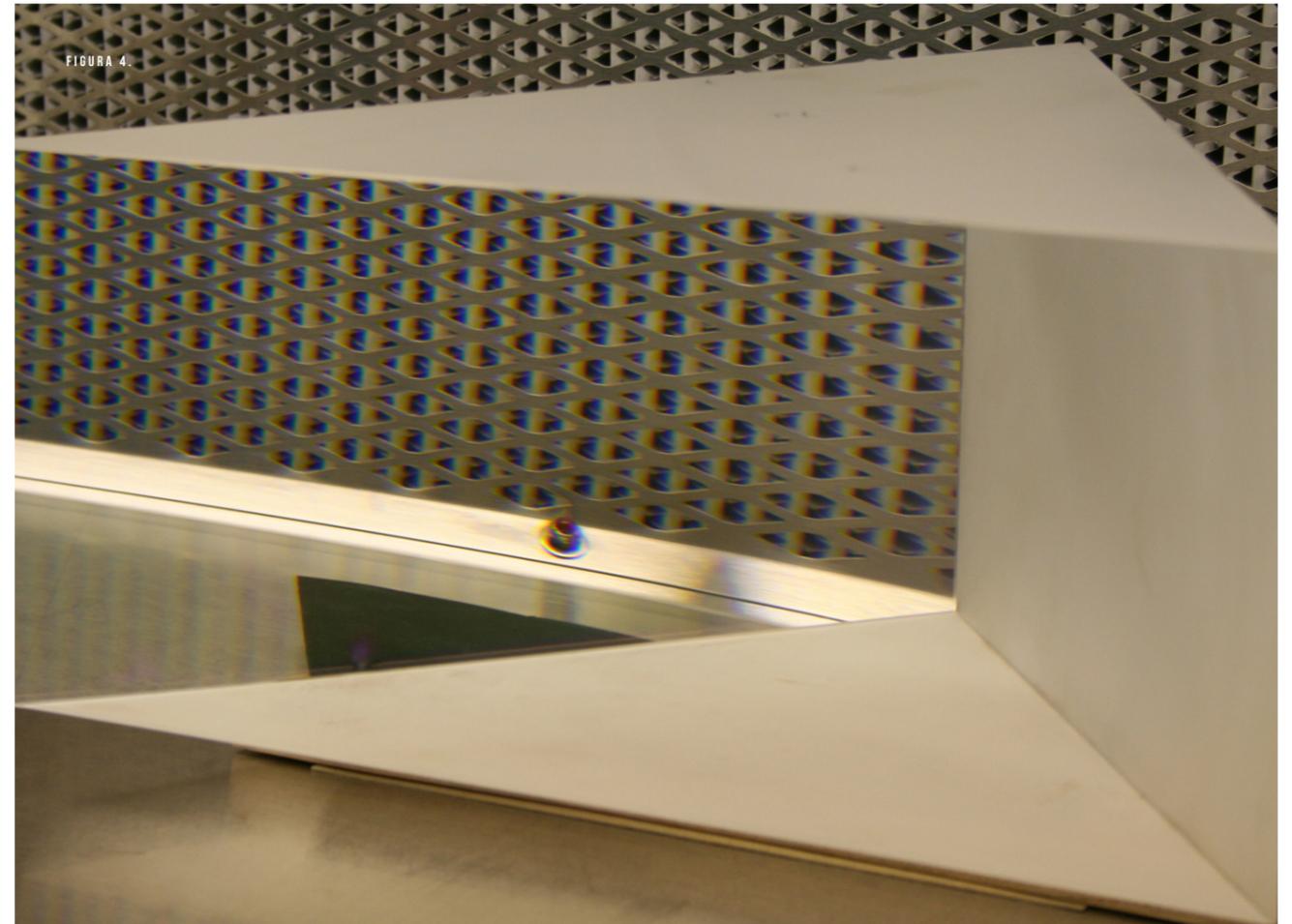


FIGURA 4.



FIGURA 5.

FIGURA 4. PRISMA QUE SE RECUBRIÓ PARA EL PROYECTO HORS

FIGURA 5. PRISMA QUE SE RECUBRIÓ DEL PROYECTO SCORPIO

cubierto el espectrógrafo William Herschel Telescope, Enhanced Area Velocity Explorer (WEAVE), este espectrógrafo tiene un tamaño de 4.2 m, el cual se instaló en Islas Canarias, en la figura 2 se muestra una de las lentes recubierta. En la figura 3 se muestra el recubrimiento del espejo ZERODUR, como parte de la componente óptica del proyecto WEAVE. También se han recubierto prismas cuyos lados rondan alrededor de 30 cm, del proyecto HORS. Este fue una solicitud del Instituto de Astrofísica de Canarias. En la figura 4 se muestra uno de los prismas mencionados.

Recientemente, se recubrieron ópticas de alta gama para el espectrógrafo Spectrograph and Camera for the Observation of Rapid Phenomena in the Infrared and Optical (SCORPIO) que se instalará en Chile. En la figura 5 se muestra uno de los prismas del proyecto SCORPIO. En cada uno de ellos se presentaron y se resolvieron retos tecnológicos de ingeniería.

En conclusión, este tipo de recubrimientos requieren técnicas muy especializadas para lograr la máxima calidad posible y así tener una visualización nítida en su aplicación. El avance que ha mostrado la astronomía, cada día se requiere nuevos retos para cubrir las necesidades de dicho campo. Durante el avance de la tecnología, surgen necesidades astronómicas de explorar en el espectro de infrarrojo cercano y mediano y para ello se requiere de métodos y diseños vanguardistas, nuevos tipos de materiales de evaporación para cubrir dicha necesidad. 



**EN EL CIO FOMENTAMOS Y GENERAMOS CONCIENCIA ACERCA DEL USO RESPONSABLE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA. SIGUE ESTAS RECOMENDACIONES:**

**· APAGA LA LUZ**

**CUANDO TERMINE TU JORNADA LABORAL  
O CUANDO TE AUSENTES DE LA OFICINA**



**· DESCONECTA EQUIPOS QUE NO ESTÉN EN USO,  
POR EJEMPLO HORNOS DE MICROONDAS,  
CARGADORES DE CELULAR, IMPRESORAS,  
COPIADORAS Y CAFETERAS**

**· ACTIVA EL MODO “AHORRO DE ENERGÍA”**

**EN MONITORES Y CPU'S**



**· APAGA LA COMPUTADORA,  
EQUIPOS ELÉCTRICOS Y LA LUZ AL CONCLUIR  
TU JORNADA, EN FINES DE SEMANA, DÍAS  
FESTIVOS Y DURANTE LAS VACACIONES**



**AHORRA ENERGÍA**

**DE MANERA RESPONSABLE**

# EDIFISE

UN PASO EN LA BÚSQUEDA DE UNA CIENCIA Y TECNOLOGÍA LOCAL

ZACARÍAS MALACARA

En el año 2008, la Dirección de Tecnología e Innovación del Centro de Investigaciones en Óptica, A. C. (CIO), recibe la solicitud, por parte del Instituto de Astrofísica de Canarias, de una cotización para el diseño y construcción de un espectrógrafo estelar de nueva tecnología. ¿Qué puede tener de singular esta petición, cuando unas semanas antes ya se había concluido la fabricación del brazo rojo para el espectrógrafo FRODOSPEC de Liverpool y la Cámara de verificación para el telescopio de Canarias? Es cierto, ya desde 1960, el grupo había construido un espectrógrafo estelar para el telescopio de un metro de Tonanzintla y había participado en la construcción del espectrógrafo nebuloso para el mismo telescopio junto con la empresa

Person Optics. Lo novedoso, radicaba en este caso, que se pedía además de la construcción, el diseño óptico-mecánico y el diseño y aplicación de las películas anti reflejantes.

La solicitud del Instituto de Canarias propuso el proyecto denominado EDiFiSE (Equalized and Diffraction-limited Field Spectrograph Experiment), un espectrógrafo que incluye un sistema avanzado de óptica adaptativa, el uso de pseudo-rendijas de fibra óptica ecualizadas, un detector de alta sensibilidad, bajo ruido y alta resolución seguido de la electrónica de captura de diseño original basado en arreglos lógicos programables en campo (FPGA). El espectrógrafo, a ser construido en el Instituto de Canarias, requería de un es-



fuerzo amplio y multidisciplinario, por lo que decidieron comisionar al CIO toda la responsabilidad del diseño y la construcción de las componentes ópticas. Correspondía al CIO el decidir el diseño y la configuración de los elementos ópticos, los criterios de optimización y seleccionar los elementos y materiales ópticos. Ellos preferían dedicar su esfuerzo al sistema de óptica adaptativa y programar los FPGA's con sus complicados algoritmos.

Si bien la tabla de especificaciones era breve, el cumplir con ellas impuso un esfuerzo poco común. El número de elementos ópticos fue alto, por lo que la especificación de las películas anti-reflejantes debía ser también muy especial. El diseño requirió varias rondas de optimización, consultan-

do cada vez con el proveedor la disponibilidad de vidrios a precios accesibles.

La manufactura del instrumento se cumplió en tiempo y en forma. El taller óptico al frente de Carlos Pérez y José de la Luz Hurtado trabajaron con ahínco, sin producir los desperdicios usuales en proyectos de esta magnitud. Todas las componentes se probaron en el excelente laboratorio de pruebas. Por primera vez, se realizó el diseño de los barriles mecánicos para el montaje de los elementos ópticos a cargo de Armando Ruiz Márquez. El taller mecánico fabricó cada uno de los accesorios de montaje. El Dr. Gonzalo Páez y la Dra. María Strojnik se hicieron cargo del diseño de las películas anti-reflejantes. Octavio Pompa con su perso-

nal realizaron los depósitos de películas delgadas. Finalmente, la parte óptica del espectrógrafo fue entregado totalmente en tiempo y forma. Ninguno de los participantes en el CIO se retrasó en la entrega. No hubo quejas por el desempeño final.

### Reflexiones

La manufactura de instrumental de alta precisión le da una fortaleza notable al equipo que forma parte de una institución dedicada a la investigación básica y aplicada. Para lograr este espectrógrafo, se requirió del trabajo concurrente de las diferentes habilidades logradas por los responsables del diseño óptico; de la fabricación y las pruebas ópticas; el diseño mecánico y su fabricación; el diseño y la fabricación de las películas delgadas. Hemos avanzado en la integración de habilidades para la consecución de la manufactura de instrumentos científicos.

El objetivo propuesto desde la fundación del CIO para promover la creación de compañías con tecnología óptica queda aún pendiente después de cuarenta años. Este objetivo no se ha cumplido. Hace falta integrar otras habilidades, que incluyen el diseño de producto, el diseño industrial, la comercialización, los estudios de mercado, las ventas y más. La reciente pandemia ha desnudado la realidad de los centros de investigación. Aún no estamos preparados para una respuesta inmediata dirigida a resolver las necesidades nacionales o del mercado. No hemos intentado la producción masiva de vacunas propias, ni la producción de aparatos biomédicos, camas de hospital o consumibles sanitarios propios.

Lograr una total independencia científico tecnológica es un objetivo irrealizable para cualquier país en la actualidad. Los grandes proyectos

científicos, como lo son los espectrógrafos astronómicos, telescopios y aceleradores nucleares son multinacionales. Pocos intentos se hicieron por enfrentar la pandemia bajo la perspectiva multinacional iberoamericana. La escasez actual de chips electrónicos es una llamada de atención para todos aquellos que ignoraron las posibles contingencias futuras. No podemos quedar al margen de los desarrollos científicos, se debe buscar la participación con otros países. No se ha mencionado el gasto de nuestro país por el pago de vacunas en divisas, pago que no se había contemplado antes de la pandemia. México tiene que participar en el avance científico tecnológico para al menos no depender totalmente de las veleidades de los países que invirtieron grandes recursos en ciencia y tecnología y ahora, con su ventaja, manipulan la oferta de sus resultados científicos-tecnológicos. Ahí buscaremos reducir la dependencia nacional en otros países. ▀

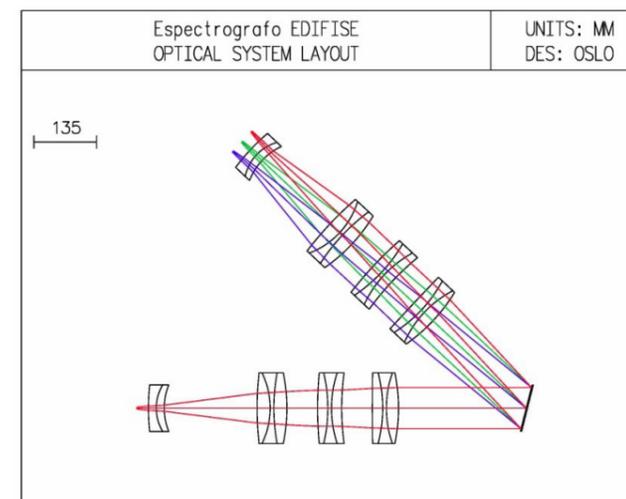


FIGURA 1. ESQUEMA ÓPTICO DE EDIFISE

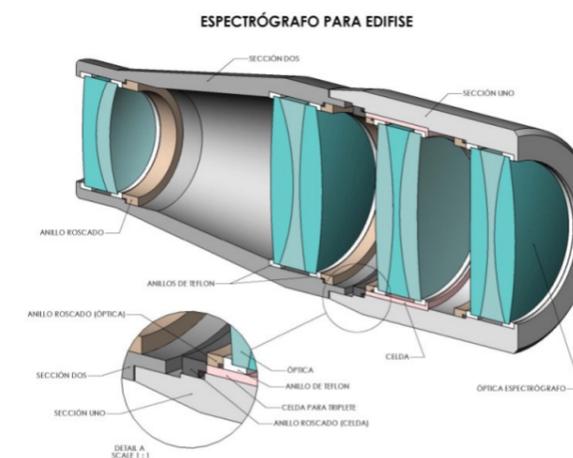
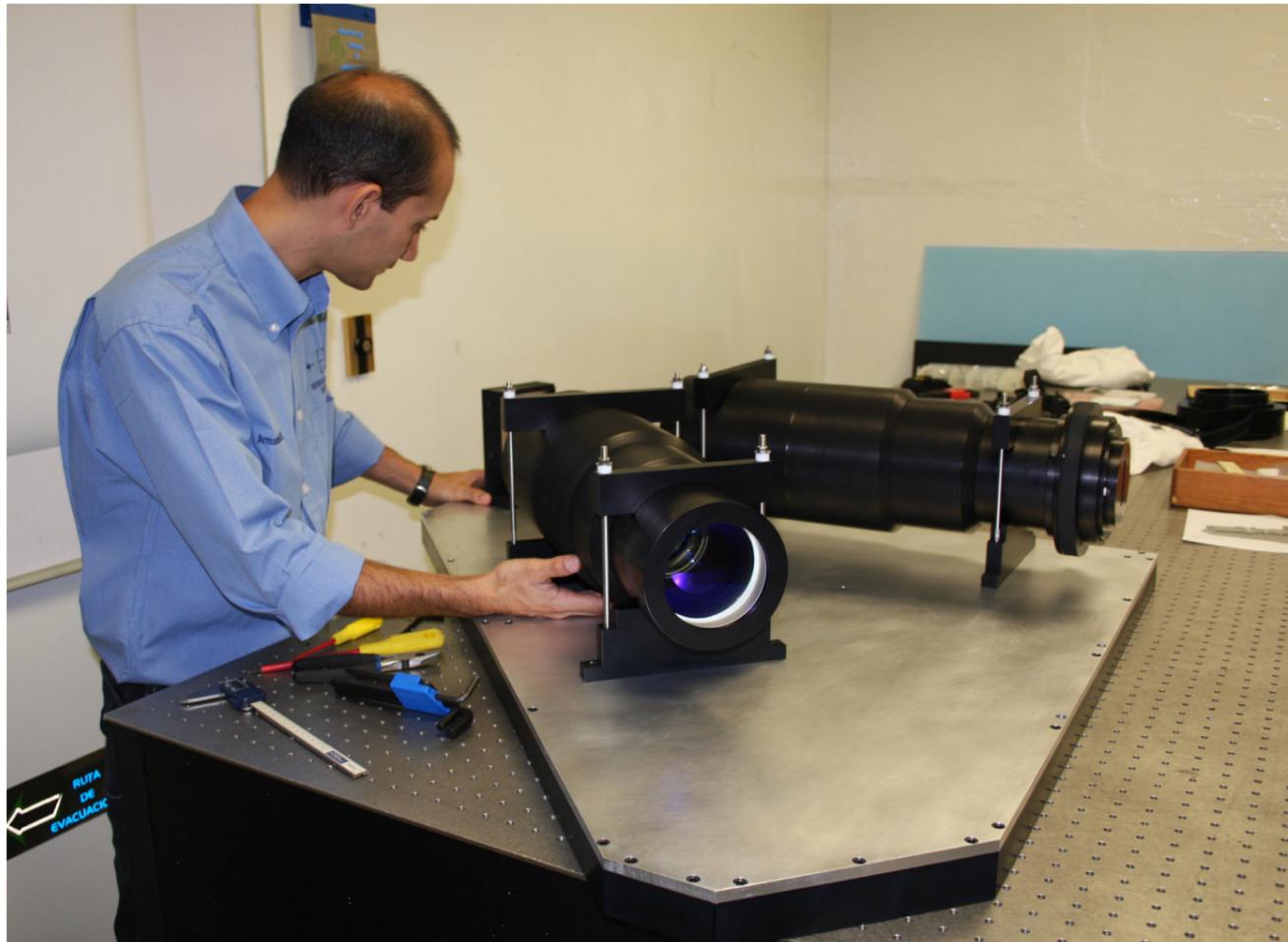


FIGURA 2. CORTE DE UNA DE LAS LENTES DE EDIFISE



FIGURA 3. ORGULLOSOS ARTISTAS JUNTO CON EDIFISE



# COLABORACIÓN DEL CIO

CON EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS, 2021

CARLOS MARES

EL TELESCOPIO SOLAR EUROPEO (EST) ([HTTP://WWW.EST-EAST.EU](http://www.est-east.eu))



El Instituto de Astrofísica de Canarias, IAC, está desarrollando un banco de Óptica Adaptativa Multi-Conjugada (MCAO) solar, con el propósito de demostrar en laboratorio soluciones de algunos de los principales problemas relacionados con la MCAO solar que se aplicarán al Telescopio Solar Europeo (EST). El IAC solicitó un proyecto al Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. (CIO) para la realización de algunas actividades relacionadas con lo anterior. El proyecto fue

*“Manufactura de componentes ópticas para el banco demostrador de la óptica adaptativa multiconjugada (MCAO) del EST (Telescopio Solar Europeo)” desarrollado por el Centro de Investigaciones en Óptica, A.C., en el periodo diciembre del 2019 a abril”.*

En este proyecto se solicitó al CIO la fabricación de varios componentes como: lentes, dobletes y prismas, con estrictas tolerancias que han impulsado al taller óptico a desarrollar técnicas de fabricación y control de procesos que aseguren el cumplimiento de los requerimientos solicitados, como lo son: superficies pulidas que tengan un resultado final de  $1/40$  de  $\lambda$  de valor rms (raíz media cuadrática) en el frente de onda, dicho valor está relacionado con la calidad óptica del sistema. Otra parte también muy importante del proyecto fue el desarrollo de las películas delgadas, sobre todo para los divisores de haz, en los cuales se tenía que asegurar una transmitancia y reflectancia muy específica para garantizar el correcto funcionamiento del sistema óptico.

En este proyecto fue necesario realizar adecuaciones en maquinaria y equipo del taller óptico, así como la realización de herramientas para las operaciones de generado, esmerilado, pulido, recubrimientos, cementado y pruebas ópticas.

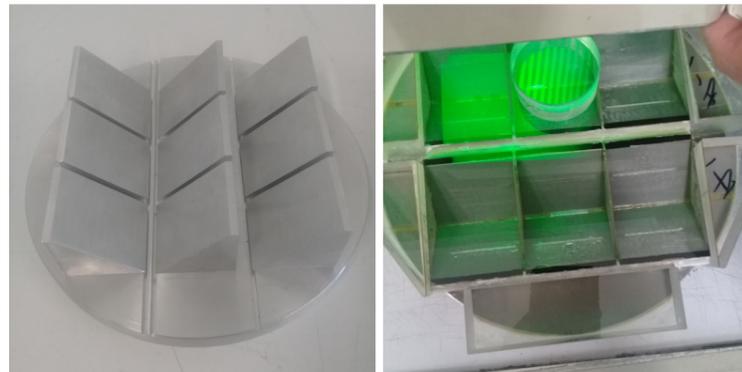


FIGURA 1. MULTIBLOQUEO DE PRISMAS

La etapa de fabricación más importante fue la de figurado y pulido de los componentes ópticos, en la cual requirió lograr calidades ópticas muy estrictas, contando con el apoyo del Tec. José de la Luz Martínez Negrete.



FIGURA 2. PULIDO DE COMPONENTES ÓPTICOS

La aplicación de recubrimientos a los componentes ópticos requirió del diseño de elementos mecánicos para su sujeción, así como del diseño y depósito de películas delgadas de características especiales.



FIGURA 3. APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ÓPTICOS

Otro proceso crítico en la fabricación de los componentes ópticos, fue la del cementado de los dobletes y de los prismas; para ello fue necesario realizar una serie de adecuaciones al área de trabajo y de varios equipos, así como la capacitación de personal, contando con el apoyo del Ing. Carlos Pérez Santos, para lograr las elevadas especificaciones de calidad requeridas.



FIGURA 4. CEMENTADO DE COMPONENTES ÓPTICAS

Las pruebas ópticas de todos los componentes ópticos, se realizaron empleando el interferómetro Wyco que se tiene en el taller óptico, donde se verificó el cumplimiento de la calidad óptica solicitada por el IAC.

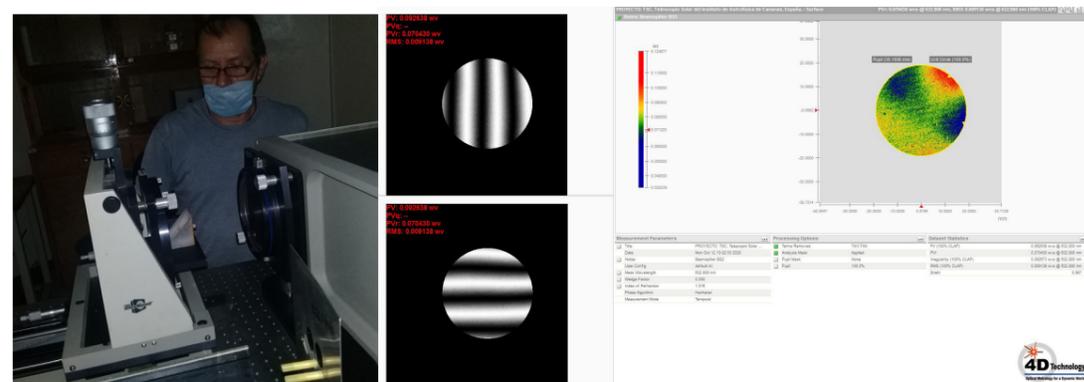


FIGURA 5. MEDICIÓN DE LOS COMPONENTES ÓPTICOS

Una vez terminados los componentes ópticos y las monturas, se realizó el ensamble y la verificación del correcto funcionamiento de todos los elementos.

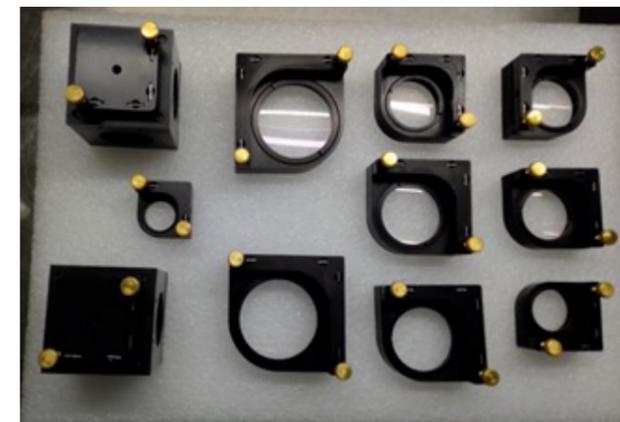


FIGURA 7. COMPONENTES ÓPTICOS TERMINADOS

En este proyecto también se contó con el apoyo del taller mecánico del CIO, para la fabricación de los herramientas utilizados durante la fabricación de los componentes ópticos, en la preparación de la maquinaria y en la fabricación de las monturas para los mismos componentes ópticos.

Este proyecto fue entregado, obteniéndose los resultados esperados por parte del IAC, lo cual resulta satisfactorio para el CIO el contribuir en un proyecto de la importancia del Telescopio Solar Europeo. ▀

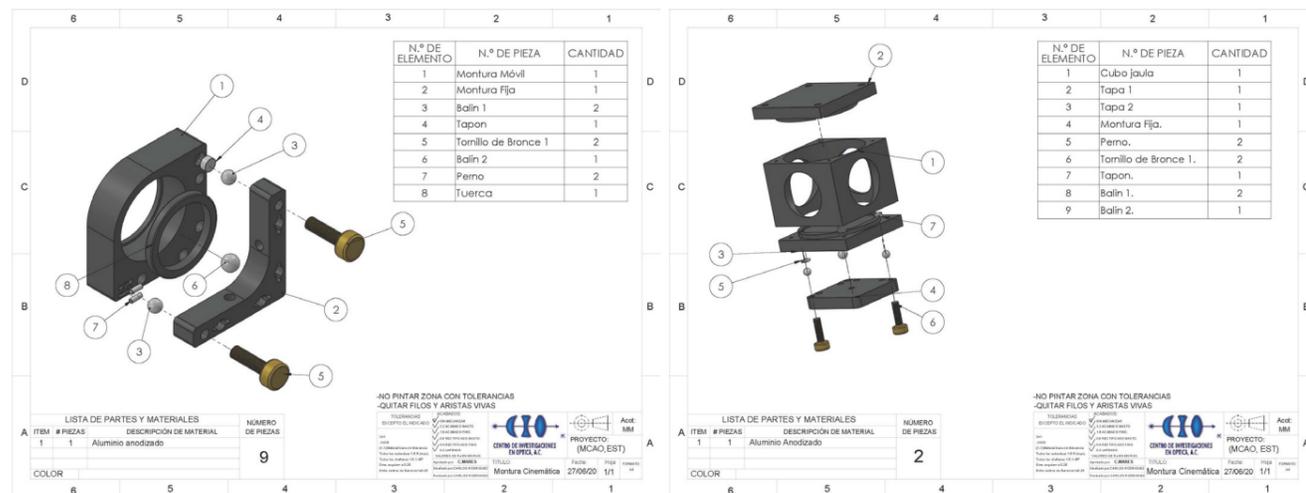


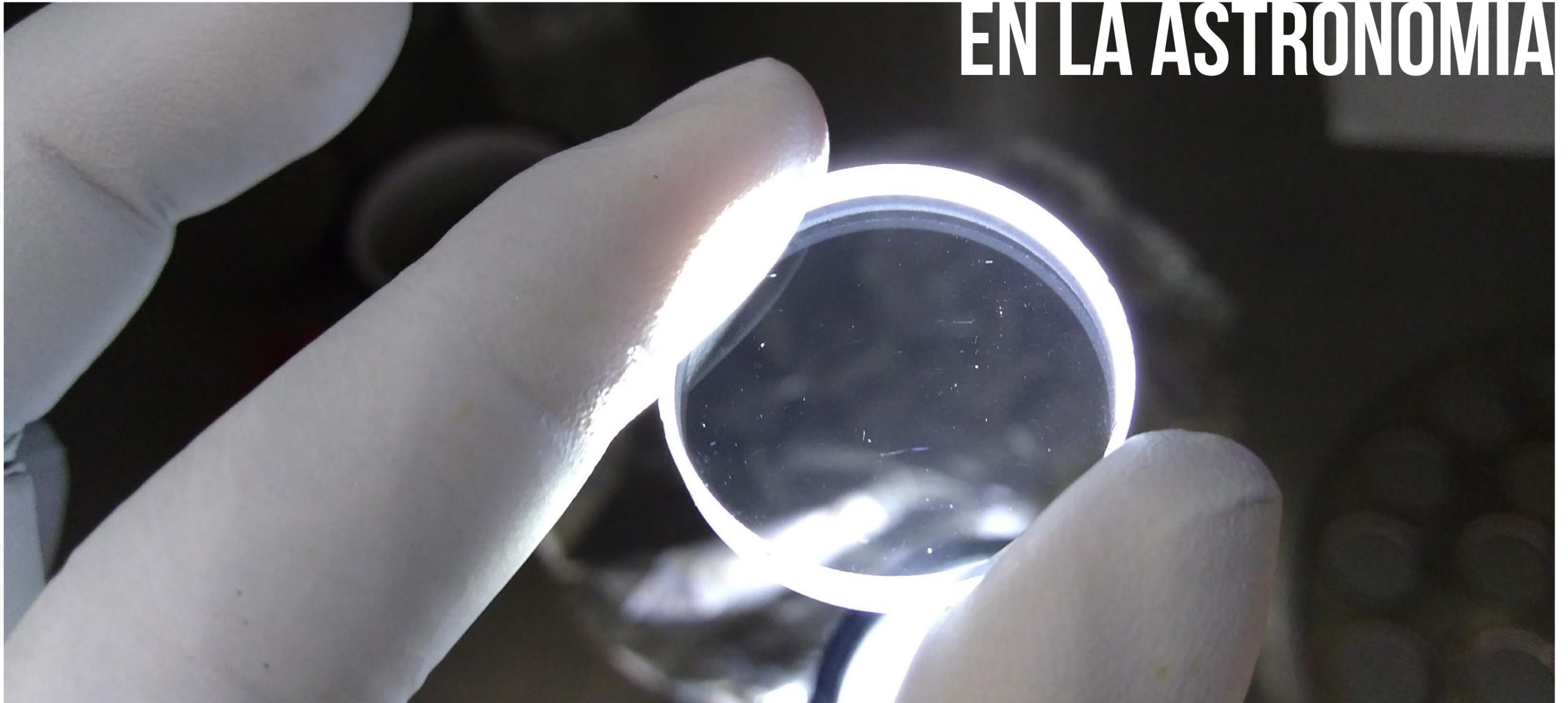
FIGURA 6. DISEÑOS DE MONTURAS



---

DULCE MURIAS

# DISEÑOS DE FILTROS ÓPTICOS EN LA ASTRONOMIA



Los filtros ópticos son dispositivos que consisten en una estructura que alterna recubrimientos ópticos con espesores precisos (regularmente del orden de la longitud de onda de la perturbación con la que interacciona) sobre un sustrato que puede ser vidrio, metal, semiconductor, plástico, etc. A medida que la luz atraviesa el filtro óptico, su dirección cambia conforme pasa de una capa a la siguiente, lo que genera interferencias internas. Esto se debe a las diferencias entre los índices de refracción de los materiales que se emplean, sus espesores, el orden de las capas y el número total de ellas en la estructura. La configuración de las capas da como resultado un filtro óptico que manipula diferentes longitudes de onda de luz de diferentes formas. Dependiendo de la longitud de onda y el tipo de filtro óptico, la luz puede reflejarse en el filtro, transmitirse a través de él o ser absorbida por él, para uno o más ángulos de incidencia y para diferentes polarizaciones de luz. En la *figura 1* podemos observar una representación gráfica de un filtro que solo transmite a partir de los 550 nm aproximadamente y rechaza las longitudes de onda más cortas.

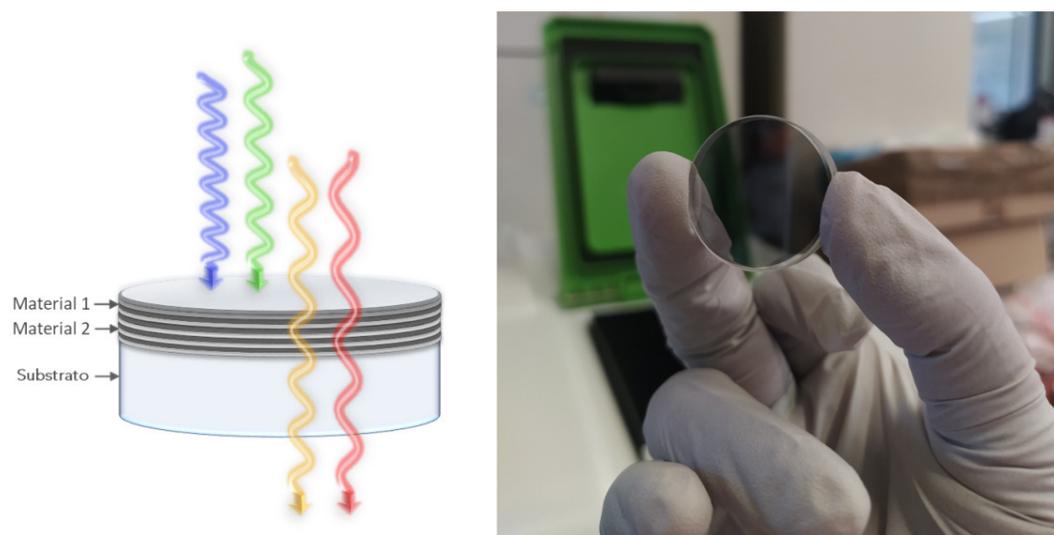


FIGURA 1. FILTRO PASA ALTAS

El principal objetivo del Laboratorio de Películas Delgadas del Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. (CIO) es el diseño y fabricación de recubrimientos de películas delgadas de precisión y filtros ópticos para diversos usos y aplicaciones científicas. Varias de las colaboraciones más importantes han sido en proyectos astronómicos, por ejemplo, el recubrimiento de las componentes ópticas del instrumento MEGARA (Multi-Espectrógrafo en GTC de Alta Resolución para Astronomía) para el

Gran Telescopio de Canarias de 10.4 m. Otra de las colaboraciones importantes, fue el recubrimiento de dos divisores de haz para el Telescopio Solar de Canarias, el cual será el mayor telescopio europeo. Recientemente, el último proyecto en el que se trabajó fue el recubrimiento óptico de 6 prismas para el instrumento SCORPIO (Spectrograph and Camera for the Observation of Rapid Phenomena in the Infrared and Optical) para el telescopio de 8.1 m del Observatorio Gemini Sur ubicado en Chile.

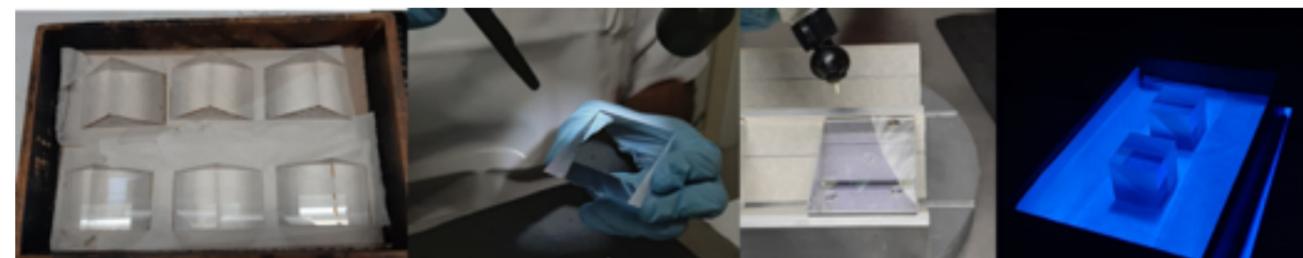


FIGURA 2. DIVISORES DE HAZ PARA EL TELESCOPIO SOLAR DE CANARIAS

Los filtros, divisores de haz y espejos de gran formato deben satisfacer especificaciones exigentes para funcionar correctamente, en donde la calidad y uniformidad de la película delgada son fundamentales para el rendimiento óptico en longitudes de onda exactas. Para ellos se utilizan materiales especializados, sin embargo, el reto es encontrar los materiales adecuados y los procesos de fabricación para obtener las propiedades deseadas, las cuales dependen en gran medida del tipo de proceso de depósito y sus pa-

rámetros (temperatura de depósito, velocidad de depósito, presión del gas, geometría del sustrato, preparación del material de recubrimiento, tratamiento posterior al depósito, etc.). Por otro lado, la complejidad del diseño dependerá de la aplicación y del nivel de precisión que se requiera, para algunas aplicaciones pueden ser más de 100 capas, por ejemplo, filtros de infrarrojos o filtros pasa bandas de alta transmisión, pendientes más pronunciadas, mayor rango de bloqueo y mayor durabilidad.

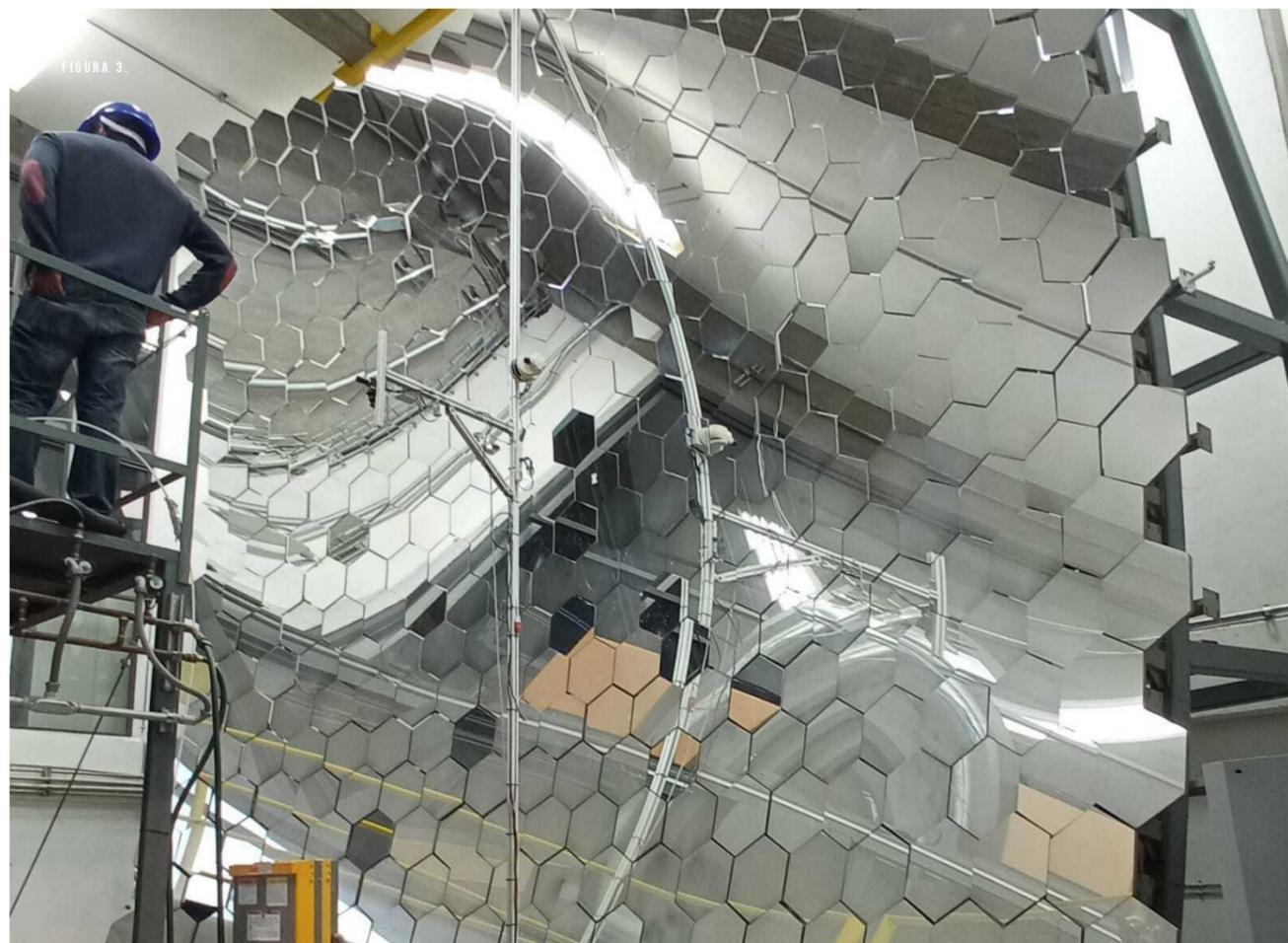


FIGURA 3.

FIGURA 3. RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE PELÍCULAS DELGADAS PARA LOS ESPEJOS DE UN HORNO SOLAR DEL INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES UNAM



FIGURA 4.

FIGURA 4. VISTA DENTRO DE LA CÁMARA DE VACÍO EN UN PROCESO DE DEPÓSITO DE MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE UN FILTRO ÓPTICO

Actualmente, el laboratorio de películas delgadas continúa en desarrollo teniendo como principal objetivo seguir colaborando en proyectos de talla internacional, innovando continuamente para satisfacer las necesidades de la industria, la astronomía y de la ciencia en general. ▀

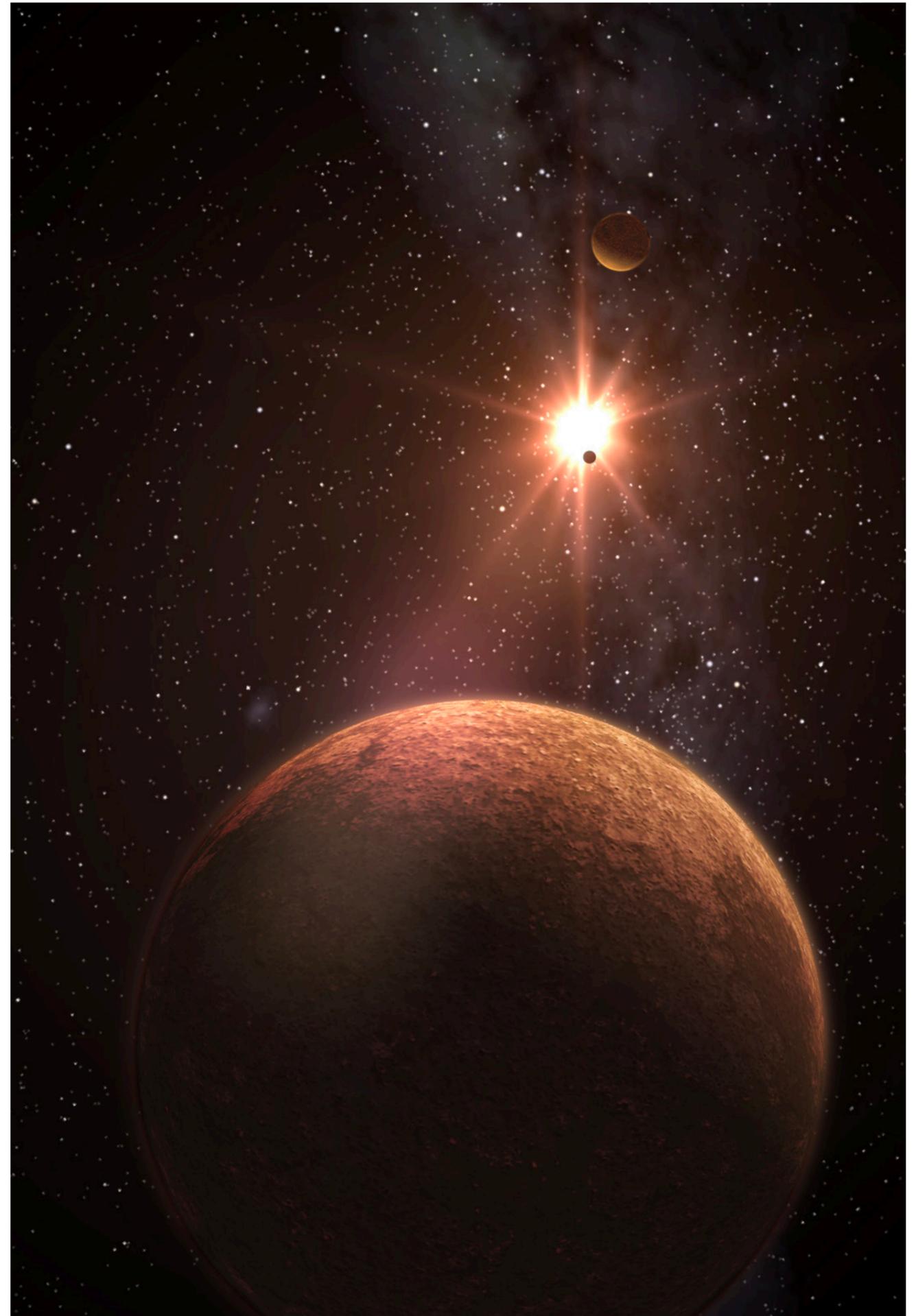
# INTERFEROMETRÍA

PARA LA DETECCIÓN DE EXO-PLANETAS

MARIJA STROJNIK

La Dra. Marija se incorporó al CIO en 1994 como beneficiaria del programa de Cátedras Patrimoniales Nivel II del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), distinción que obtuvo durante dos años consecutivos. En la actualidad su nombramiento dentro del CIO es de: Investigadora Titular “E” y es reconocida por el Conacyt con el nivel de “Emérita” del SNI.

Durante su trayectoria en el CIO, la Dra. Marija ha recibido múltiples reconocimientos, tanto nacionales como internacionales: Es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), ha recibido el premio de la Academia Mexicana de Óptica (AMO), la Sociedad Internacional de Óptica (OSA) la honró con el estatus de fellow, al igual que la Sociedad de Honor Científica Sigma Xi y la Sociedad Internacional de Óptica y Fotónica (SPIE), fue galardonada con el premio George W. Goddard por su método de navegación espacial autónoma, que hoy en día se utiliza en los sistemas de posicionamiento terrestres, marítimos y espaciales. Además, recientemente ha sido entrevistada por la prestigiosa revista National Geographic.



La doctora Strojnik participa en múltiples comités de las organizaciones científicas: la SPIE y la OSA, donde aporta su experiencia y conocimientos. Funge como editor diputado de la revista Optics Express y edita ediciones especiales sobre infrarrojo en revistas con revisión rigurosa y alto factor de impacto. Ella organiza congresos internacionales sobre infrarrojo en los EE. UU. y en Europa. Participa en la educación de los jóvenes a nivel mundial como Visiting Lecturer de la SPIE y de la OSA.

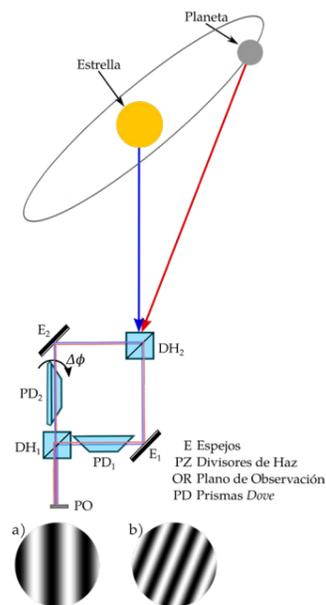


FIGURA 1. INTERFERÓMETRO DE DESPLAZAMIENTO ROTACIONAL DETECTANDO UN PLANETA. LA PRESENCIA DE UN PLANETA SE DETECTA CON LA DETECCIÓN DE FRANJAS Y SE CONFIRMA CON UN AUMENTO DE DENSIDAD DE FRANJAS

Este proyecto tiene el potencial de ser aplicado para la detección de objetos en las cercanías de un satélite, lo que es crítico para la protección y funcionamiento de las redes de comunicación a nivel mundial. Así que este proyecto servirá para pro-

La Dra. Strojnik fundó el primer laboratorio de infrarrojo (IR) en México, comenzando prácticamente sin ningún equipo. Mediante diferentes proyectos, ha equipado el laboratorio con un mayor número de instrumentos y componentes, tanto ópticos, como electrónicos y optoelectrónicos. El proyecto más grande que ha gestionado la Dra. Strojnik se encuentra actualmente en proceso, consiste en el desarrollo de un instrumento para la detección de planetas fuera de nuestro sistema solar.

teger el internet, las redes de suministro eléctrico y el comercio internacional. Muchos futuristas consideran que en la actualidad la destrucción de las redes de satélites representaría el fin de la civilización como la conocemos.

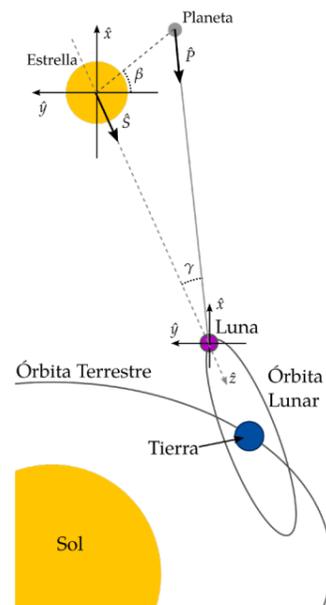


FIGURA 2. LA HUMANIDAD ESTÁ PREPARÁNDOSE PARA ESTABLECER UNA COLONIA EN LA LUNA ANTES DEL FINAL DE ESTA DÉCADA. ALLÁ SE PODRÍA CONSTRUIR UN OBSERVATORIO DE PLANETAS, PARA DISMINUIR LOS EFECTOS INDESEADOS DE LA ILUMINACIÓN EN LA TIERRA

En colaboración con investigadores del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara, ha desarrollado la teoría y la experimentación necesaria para demostrar que un interferómetro de desplazamiento rotacional pueda detectar un frente de onda con una amplitud disminuida, cuando este incide de forma oblicua respecto del eje óptico en presencia de una fuente mucho más intensa pero uniforme. Este concepto se muestra en la Fig. 1. La propuesta conceptual consiste en construir un observatorio de planetas extrasolares en la parte lejana de la Luna (la mayoría del tiempo no caen los rayos del sol), como se muestra en la Fig. 2.

En el laboratorio, se han realizado múltiples experimentos en los que se demuestra que el interferómetro de desplazamiento rotacional se comporta de acuerdo con las predicciones teóricas. La Fig. 3 muestra interferogramas obtenidos mediante la configuración experimental de la Fig. 1, cuando el ángulo de rotación del prisma Dove aumenta de 0 a 20 grados. En esta figura se presentan tres casos: el primero con solamente el láser, que simula la estrella, encendido, el segundo con solamente el láser, que simula el planeta, encendido, y el tercero con ambos láseres encendidos.

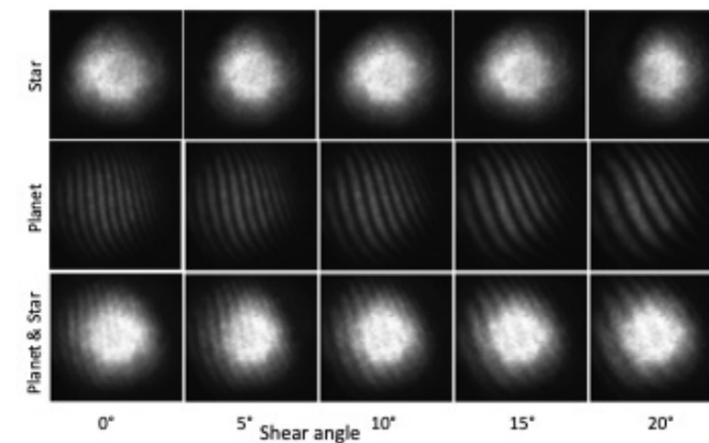


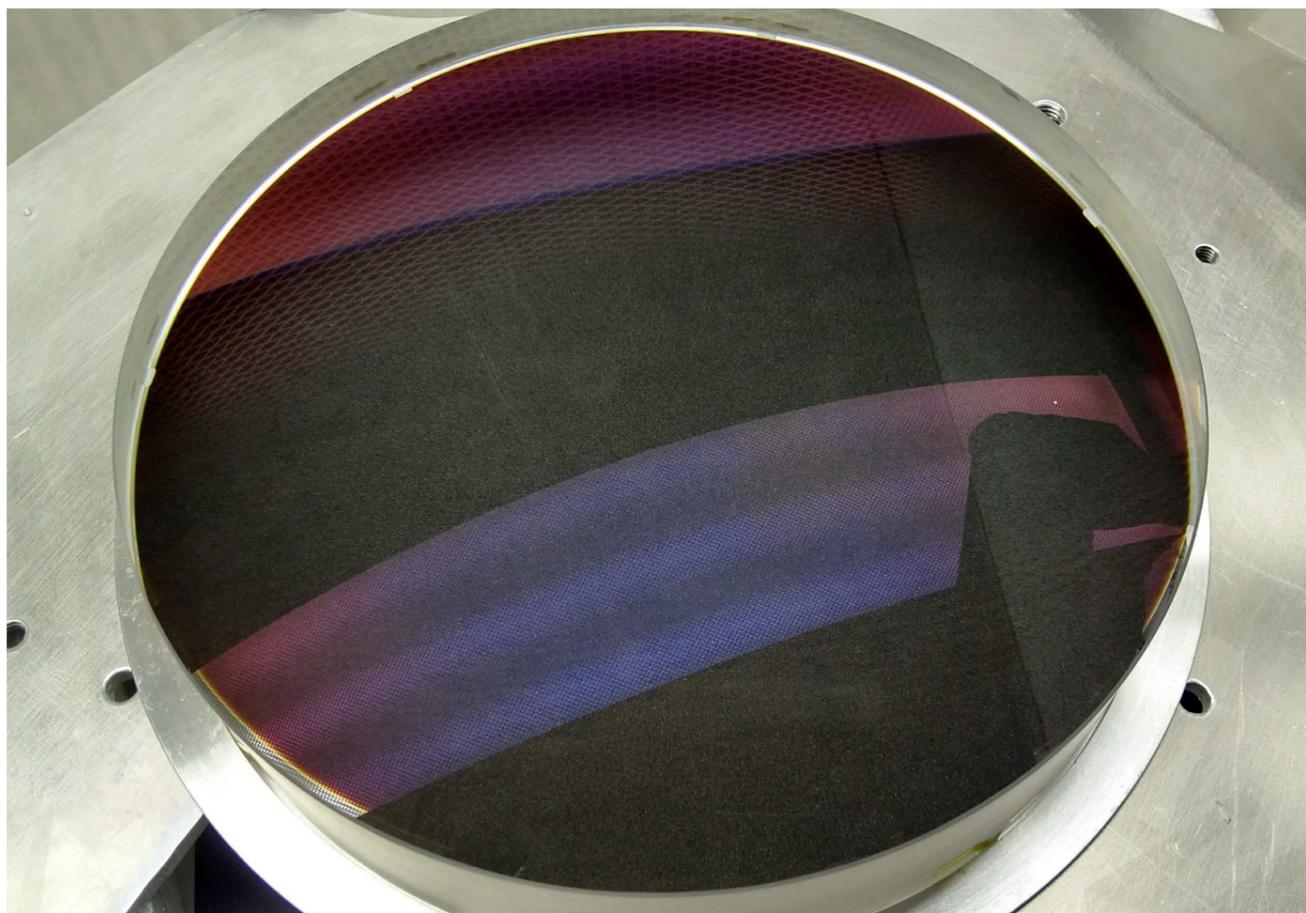
FIGURA 3. INTERFEROGRAMAS DEL SISTEMA SOLAR SIMULADO OBTENIDOS MEDIANTE EL INTERFERÓMETRO DE DESPLAZAMIENTO ROTACIONAL DONDE EL ÁNGULO DE DESPLAZAMIENTO AUMENTA EN CUATRO INCREMENTOS IGUALES EN UN RANGO DE 0 A 20 GRADOS. LA PRIMERA FILA MUESTRA LOS INTERFEROGRAMAS OBTENIDOS USANDO UNA FUENTE LÁSER EN EL EJE ÓPTICO, QUE REPRESENTA A LA ESTRELLA. LA SEGUNDA FILA PRESENTA LOS INTERFEROGRAMAS RESULTANTES AL EMPLEAR UNA FUENTE LÁSER TENUE LIGERAMENTE FUERA DEL EJE, QUE REPRESENTA LA RADIACIÓN DEL PLANETA. EN ESTA FILA SE OBSERVA UNA DISMINUCIÓN EN EL NÚMERO DE FRANJAS Y UN AUMENTO EN LA PENDIENTE DE LAS FRANJAS CONFORME AUMENTA EL ÁNGULO DE DESPLAZAMIENTO ROTACIONAL. LA TERCERA FILA PRESENTA LOS INTERFEROGRAMAS CUANDO SE ENCIENDE TANTO LA FUENTE EN EL EJE COMO LA FUENTE FUERA DEL EJE. ESTOS INTERFEROGRAMAS SON MUY SIMILARES A LOS OBTENIDOS EN AUSENCIA DE LA ESTRELLA (SEGUNDA FILA), EXCEPTO QUE LA INCIDENCIA DE LA ESTRELLA INUNDA EL FONDO DEL INTERFEROGRAMA. LA OBSERVACIÓN DE FRANJAS QUE CAMBIAN CON EL ÁNGULO DE DESPLAZAMIENTO CONFIRMA LA PRESENCIA DEL PLANETA

Las franjas disminuyen en densidad y aumentan en su ángulo de inclinación cuando se incrementa el ángulo del prisma Dove. Estas son las características de un frente de onda inclinada detectado con el interferómetro de desplazamiento rotacio-

nal. Por lo tanto, es posible afirmar que nuestros datos experimentales confirman que una fuente tenue ubicada fuera del eje y al lado de una fuente brillante se puede detectar con el interferómetro de desplazamiento rotacional. ■

# FABRICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN ÓPTICA

EN EL TALLER ÓPTICO



JOSÉ DE LA LUZ HURTADO

En el taller óptico del Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. (CIO), coordinado por la Dirección de Tecnología e Innovación (DTI), se impulsa el desarrollo de capacidades y técnicas en manufactura de componentes ópticos que permitan participar en proyectos de alto impacto a nivel internacional y a su vez dar apoyo a las áreas de investigación del centro, así como la atención a necesidades de la industria local y nacional. El taller óptico cuenta con capacidad de infraestructura y personal altamente capacitado, en manufactura óptica y depósito de películas delgadas, para hacer frente a los grandes retos que involucran el desarrollo de componentes con los estándares más altos de calidad, necesarios para ser competitivos a nivel internacional, permitiendo de esta forma estar a la par de instituciones y compañías de clase mundial.

En el taller óptico, igualmente se realiza la manufactura de componentes especiales para el apoyo al desarrollo de proyectos científicos, proporcionando los componentes y sistemas ópticos requeridos para llevar a cabo procesos de prueba en distintas líneas

de investigación como son ingeniería óptica, fotónica, metrología óptica, fibras ópticas y láseres.

Se han unido fuerzas con otras instituciones nacionales, por medio de alianzas para complementar fortalezas y capacidades, para la atracción y desarrollo de proyectos de alto impacto social y tecnológico tanto nacionales como internacionales, lo cual permite enfrentar retos en los campos de la instrumentación y el desarrollo de las ciencias ópticas.

En los últimos años en el CIO se ha trabajado en el desarrollo de las capacidades del taller óptico, con miras a contar con las habilidades y experiencias que permitan participar en proyectos de alto impacto, pero sobre todo en óptica para *instrumentación astronómica*, las cuales cuentan con especificaciones muy exigentes, para componentes de alta calidad y exigencias en tiempos de entrega, necesarios para ser competitivos a nivel mundial; esto ha provocado que se tengan que realizar cambios y mejoras tanto en maquinarias para ampliar las capacidades, eficiencias y versatilidad de

las mismas, sin que esto represente una inversión fuerte para el Centro, así como modificación de los procesos de manufactura para poder manipular los materiales delicados o de gran tamaño, como es el caso de componentes ópticos de diámetros hasta 40 cm en materiales de Fluoruro de Calcio (CaF<sub>2</sub>), con especificaciones de tolerancias muy estrictas.

Gracias a las competencias adquiridas por el personal de taller óptico, se han realizado proyectos como los denominados:

### **FRODOSPEC**

#### **(Fibre-fed Robotic Dual-beam Optical SPECTrograph)**

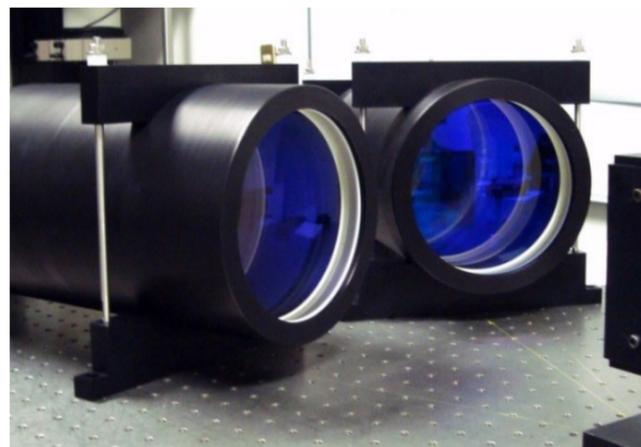
El espectrógrafo óptico robótico de doble haz alimentado por fibra FRODOSpec es uno de los principales instrumentos construido para su uso en el telescopio robótico Liverpool, de 2m de diámetro, ubicado en La Palma. FRODOSpec es un espec-

trógrafo de entrada de campo integral multipropósito que fue desarrollado conjuntamente por Southampton y las Universidades de Liverpool y John Moores. El proyecto fue desarrollado conjuntamente por INAOE, el Centro de Investigaciones en Óptica y el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

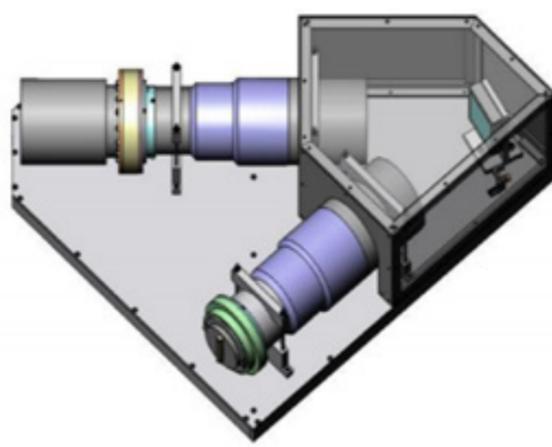
### **EDIFISE**

#### **(Equalized and Diffraction-limited Field Spectrograph Experiment)**

El proyecto IAC EDIFISE persigue la implementación de un instrumento prototipo que combina óptica adaptativa con espectroscopia bidimensional utilizando fibras ópticas atenuadas. La unidad de alto orden, HOMU, desarrollada por Orbital Critical Systems, se encarga de corregir las perturbaciones atmosféricas de alto orden en la imagen recibida por el telescopio.



ESPECTRÓMETRO EDIFISE DURANTE LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL LABORATORIO DE PRUEBAS ÓPTICAS DEL CIO



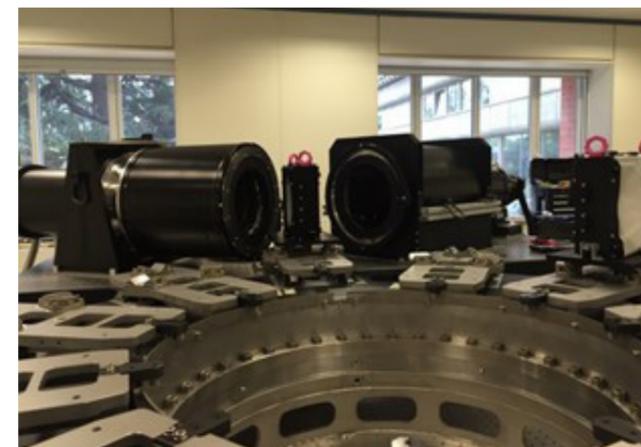
### **MEGARA**

MEGARA ofrece una gran versatilidad para el estudio de conglomerados de múltiples fuentes, tales como cúmulos de galaxias, cúmulos estelares o, alternativamente, el estudio detallado de grandes objetos, como los discos de las galaxias o la dinámica de los gases de las nebulosas planetarias. También podrá analizar los supervientos en galaxias como M82 para entender los procesos violentos de formación estelar que los originan. La capacidad de estudiar simultáneamente gran número de fuentes, con alta resolución espectral, concede a MEGARA una potencia no desarrollada hasta ahora por ningún otro instrumento.

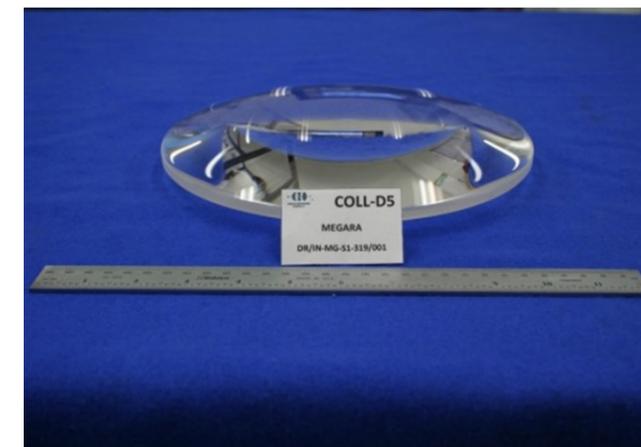
El instrumento MEGARA solo realizará espectrografía, no imagen. Proporcionará capacidades únicas para resolver la luz en sus componentes de energía (o colores). Normalmente este tipo de

instrumentos únicamente cubren una zona estrecha y alargada del cielo, llamada rendija; sin embargo, MEGARA trabajará en una zona extensa del cielo". MEGARA permitirá medir el movimiento de estrellas y galaxias con un detalle sin precedentes sin perder la gran capacidad colectora de radiación del GTC. En realidad, cubrirá la necesidad de alta resolución en el espectro visible.

La parte del proyecto desarrollado en el CIO, constó de la manufactura de 8 lentes de ultra precisión, de distintos materiales, entre ellos 4 lentes de CaF<sub>2</sub>, así como el desarrollo y depósito de las películas delgadas de amplio espectro para el sistema de lentes, y 36 placas y 24 prismas del sistema. Se implementó el proceso de manufactura del fresado, esmerilado y pulido de las superficies, bajo normas estándar militares y normas ISO.



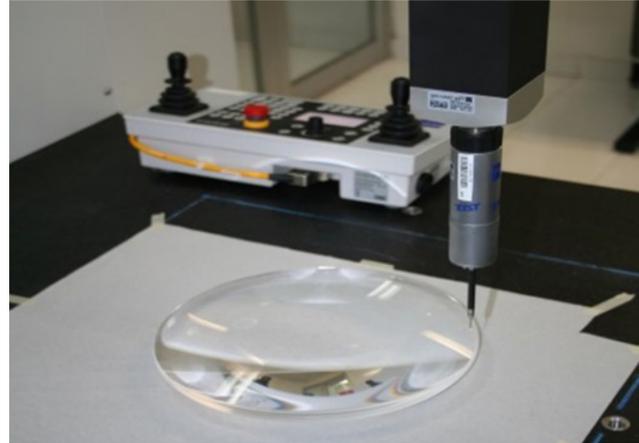
COLIMADOR Y CÁMARA MEGARA MONTADOS EN CARRUSEL PARA PRUEBAS EN SITIO GTC.



LENTE DE CaF<sub>2</sub> DE 27 CM DE DIÁMETRO PARA PROYECTO MEGARA



LENTE DE CAF2 DE 27 CM DE DIAMETRO PARA PROYECTO MEGARA



LENTE DE CAF2 DE 27 CM DE DIAMETRO PARA PROYECTO MEGARA

## HORUS

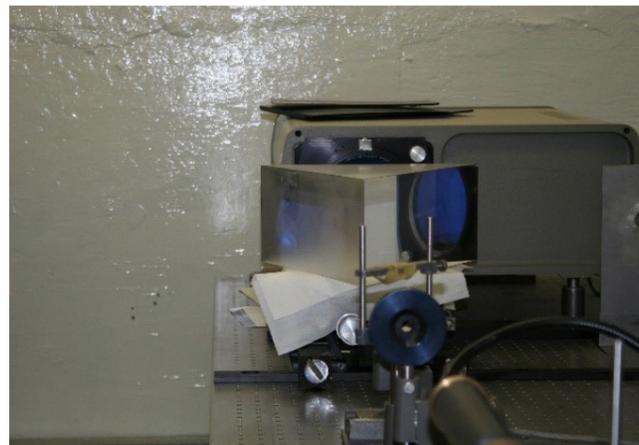
HORUS es un espectrógrafo de alta resolución ( $R=25000$ ) instalado en el telescopio de 10m Gran Telescopio Canarias (GTC). Recoge la luz en el foco Nasmyth, compartido con OSIRIS, usando una matriz de 3x3 microlentes y fibras ópticas (2.1x2.1 segundos de arco) que forman después una pseudo-rendija en la entrada del espectrógrafo. La luz

se dispersa con una rejilla de 79 líneas/mm y utiliza tres prismas para dispersión cruzada, proporcionando una cobertura espectral casi continua entre 380 y 690 nm.

Referencia de texto: <https://www.iac.es/es/divulgacion/galeria-multimedia/horus-espectrografo-de-alta-resolucion-optica>



PRISMA HORUS DURANTE PROCESO DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA



PRISMA HORUS DURANTE PROCESO DE MEDICIÓN

Igualmente se ha logrado realizar con éxito transferencia tecnológica para la fabricación de miras telescópicas con Industria Militar de la Secretaría de la Defensa Nacional, en la que el CIO estuvo involucrado desde el diseño de dicha mira, hasta las cuestiones de ingeniería de procesos y montaje de la planta de producción en la Ciudad de México.

Además, se ha realizado la manufactura de distintos componentes ópticos para la Fuerza Aérea y la Secretaría de Marina de México.

Dentro de las mejoras en infraestructura y capacidades del taller, se realizó la compra de la máquina de pulido de componentes ópticas por el método CNC, la pulidora ZEEKO IRP400.

Mediante este equipo, ya se han desarrollado trabajos en superficies de radios largos, como son:

- Pulido de substratos de BK7 de 150 mm.
- Multibloques de piezas de SFN64 de 330 mm.
- Pulido de una lente súper resolutora de 100 mm.
- Una superficie paraboloide  $f/2$  de 75 mm.
- Una placa correctora Schmidt de 150 mm.

Igualmente se compró la evaporadora Denton, con la cual se incrementó la capacidad de depósito de películas delgadas en superficies especulares de hasta 90 cm de diámetro y en depósito de anti reflectoras hasta 35 cm de diámetro, ampliando así la capacidad de respuesta a proyectos con requerimientos en eficiencia en reflectancia para espejos mayor al 99% y en anti reflectoras, no mayor al 0.3%.

En cuestión de pruebas ópticas, se han incrementado las capacidades al usar software que permite realizar la operación denominada Stitching, con la cual se pueden realizar varias medidas por secciones de una superficie de gran tamaño y finalmente reagrupar las mediciones para obtener una topografía completa de la superficie que se está analizando. ▀



PROCESO DE PULIDO EN MAQUINA ZEEKO

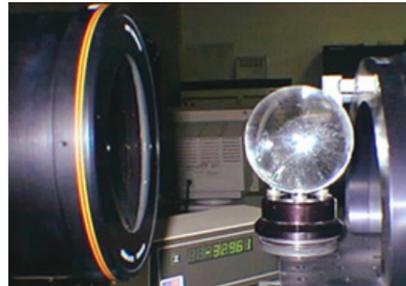


EVAPORADORA DENTON CON CAPACIDAD DE 90 CM EN DIAMETRO PARA SUPERFICIES ESPECULARES Y 35 CM PARA ANTIRREFLECTORAS

*ALGUNOS OTROS TRABAJOS REALIZADOS EN TALLER ÓPTICO DEL CIO*



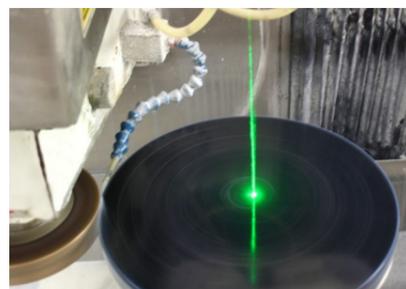
ESFERA DE ZERODUR, PATRON NACIONAL DE DENSIDAD, PARA CENAM



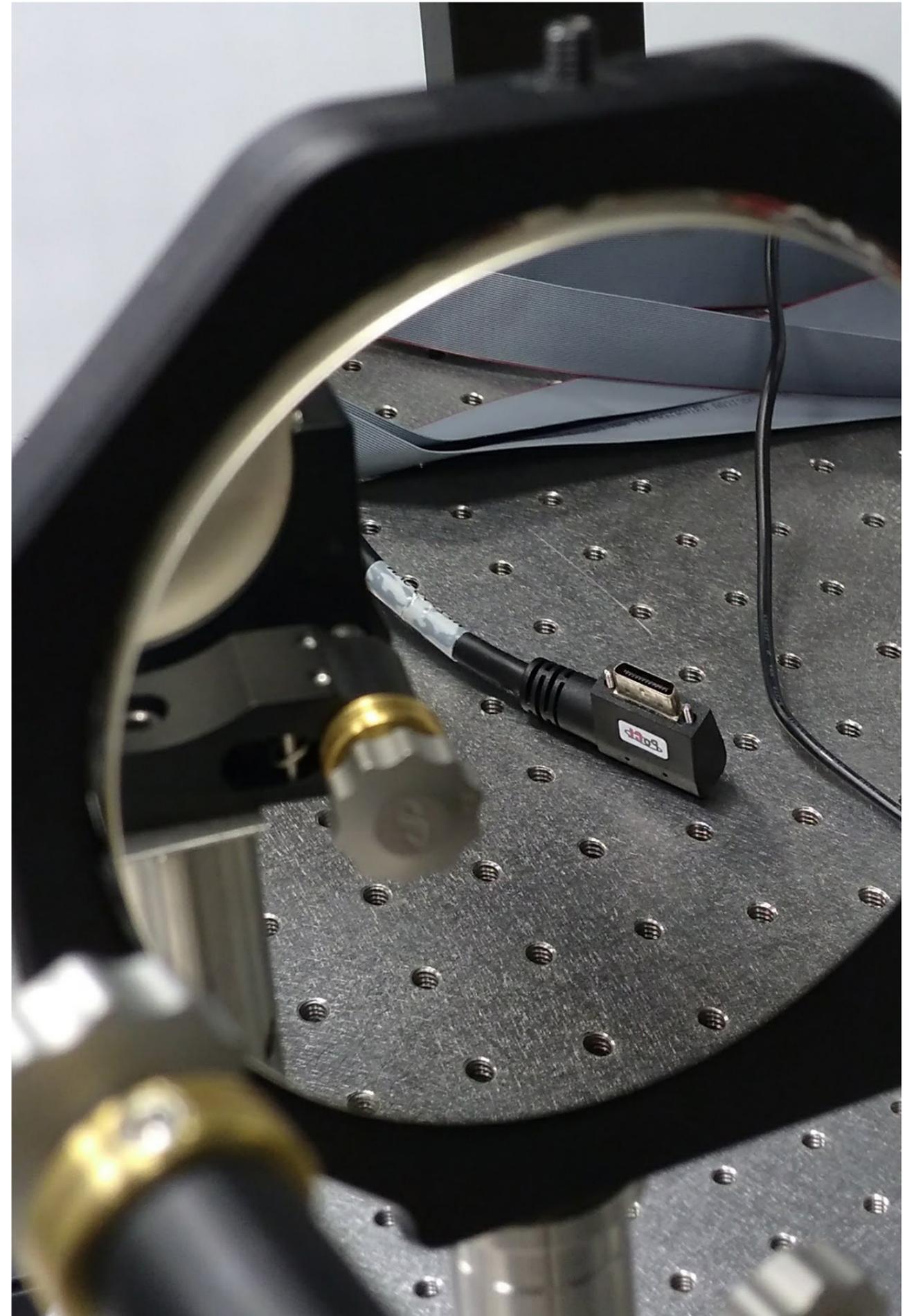
ESFERA DE BK7 CON REDONDES DE 120 NM. PARA CENAM

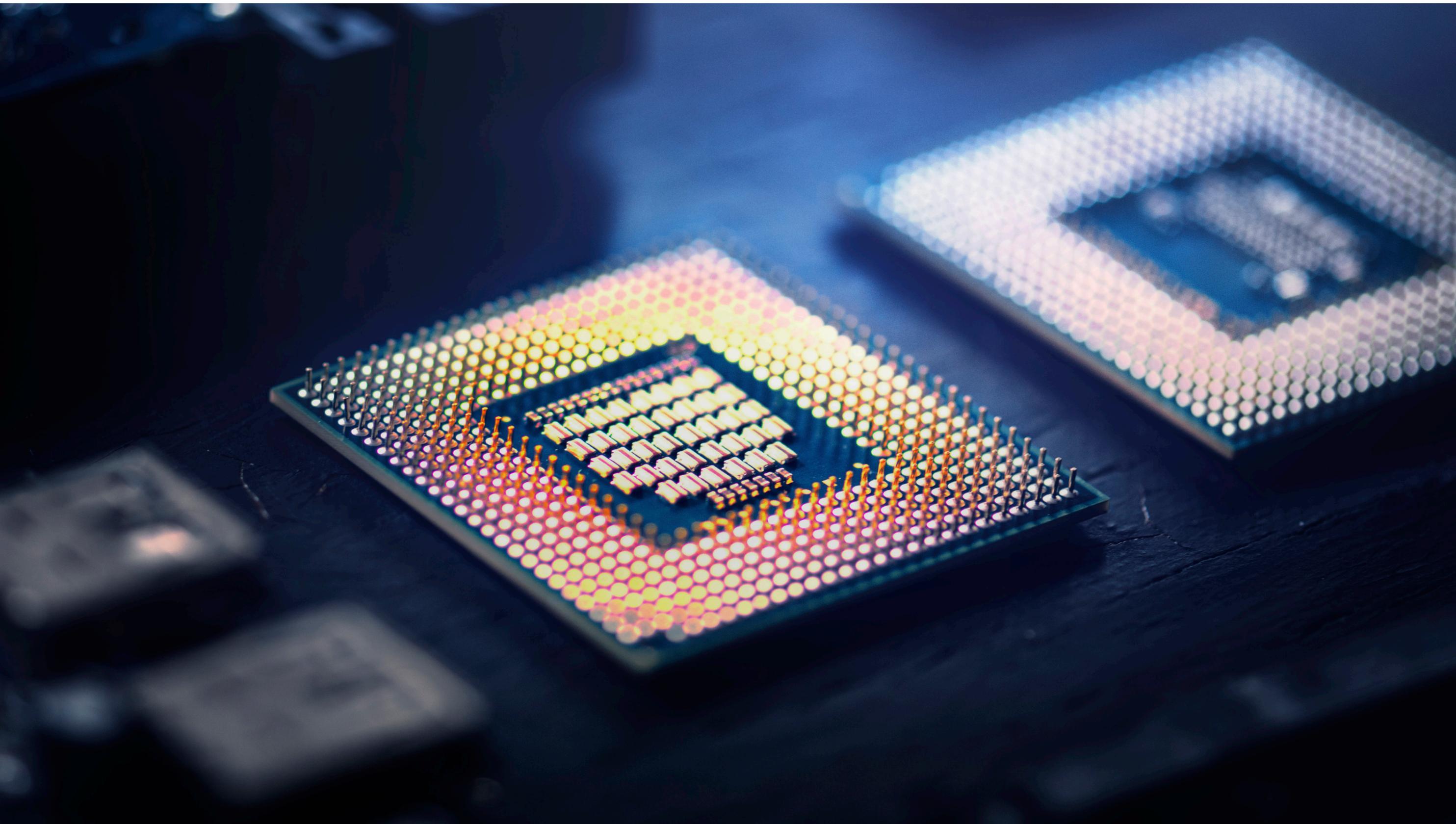


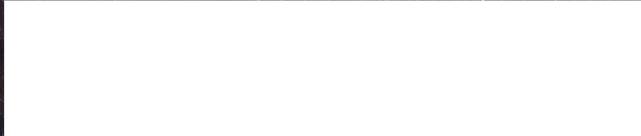
MIRA TELESCOPICA PARA SEDENA



PROCESO DE REDONDEO DE GRANDES OPTICAS Y CENTRADO A EJE OPTICO CON LASE







# RECUENTO DE LA FABRICACIÓN

DE ELEMENTOS ÓPTICOS PARA ASTRONOMÍA EN EL CIO



CARLOS PÉREZ

Desde las culturas prehispánicas (entre muchas otras cosas, los Mayas llegaron a determinar con muy alta exactitud la duración del año solar) México se ha distinguido por importantes aportaciones a la ciencia Astronómica; esa tradición en Astronomía ha tenido continuidad en los tiempos modernos (ver el artículo “Instrumentación óptica de León, Guanajuato para el mundo” en el NotiCIO Marzo 2020). Por un momento, imaginemos las extraordinarias noches oscuras y los cielos esplendorosos que disfrutaron las culturas mesoamericanas; en náhuatl, *mixcoatl* (serpiente de nubes) muy probablemente hacía referencia a la vía láctea difícil de apreciar desde nuestras ciudades y poblaciones actuales. Esta fotografía de la Vía Láctea sobre la pirámide de Kukulcán, en Chichén Itzá, México, fue la «Fotografía astronómica del día», de la NASA, el 17 de junio de 2019.

Desde su fundación en 1980, las colaboraciones del CIO en instrumentación para la Astronomía han sido extensas y variadas, desde pequeños telescopios Newtonianos y Cassegrains para los aficionados a la Astronomía, *figuras 2 y 3*, telescopios profesionales para Museos y Observatorios, hasta óptica muy especializada para espectrómetros de los grandes telescopios del mundo. En particular, el proyecto de los espejos de 60 centímetros, como le nombrábamos coloquialmente, fue uno de los grandes proyectos del CIO en su primera década, *figura 4*. La línea de trabajo en instrumentación para astronomía se dio de manera natural dado que algunos de los investigadores y técnicos del recién fundado Centro de Investigaciones en Óptica, A. C., Daniel Malacara, José Castro, Carlos Javier Martínez, habían colaborado en un proyecto similar en el Instituto de Astronomía de la UNAM, el telescopio Cassegrain de 84 centímetros para el Observatorio Nacional de San Pedro Mártir, aún en operación hoy día, y algunos años después en la manufactura del espejo primario de 2.1 metros para el telescopio del Observatorio Guillermo Haro, en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), en Santa María de Tonantzintla, Puebla; sin duda alguna, este último, uno de los grandes proyectos en la historia de la instrumentación para astronomía en México.

Los telescopios reflectores Cassegrain se componen esencialmente de dos espejos, un espejo principal cóncavo que determina el tamaño diametral del telescopio y un espejo secundario convexo, mucho más pequeño, que determina su distancia focal, *figura 5*. En un diseño del tipo Ritchey-Chretien, la mayoría de los grandes telescopios profesionales son de este tipo, ambos espejos tienen su superficie frontal de forma hiperbólica con simetría de rotación respecto al eje óptico, con el fin de lograr un diseño aplanático (imagen libre de aberraciones de tercer orden, esférica y coma). *Figura 6*.

Para el pulido de los espejos se utilizaron las máquinas convencionales G&P (Grinding and Polishing) con herramientas de pitch (brea para pulir). El primer objetivo fue obtener una buena superficie esférica con un radio de curvatura de la esfera de mejor ajuste; para ello se fabricó una herramienta de pulido del tamaño diametral del espejo. Posteriormente

se figuró la superficie hiperbólica con herramientas de brea pequeñas (subdiámetro), utilizando la prueba de Ronchi con un compensador refractivo Offner para retroalimentar el proceso de figurado; y finalmente la prueba de Hartmann para cuantificar la exactitud de la superficie hiperbólica y llevarla a la especificación final. *Figuras 6 y 7*.

FIGURA 1. LA VÍA LÁCTEA SOBRE LA PIRÁMIDE DE KUKULKÁN, EN CHICHÉN ITZÁ, MÉXICO. LA IMAGEN ES DE ROBERT FEDEZ





FIGURA 2. TELESCOPIO CASSEGRAIN F/10 DE 200 MM DE ABERTURA ÓPTICA, DISEÑADO PARA LOS AFICIONADOS SERIOS A LA ASTRONOMÍA



FIGURA 3. TELESCOPIO NEWTONIANO F/10 DE 200 MM DE ABERTURA ÓPTICA; EL DISEÑO ES ÓPTICAMENTE SIMILAR AL TELESCOPIO CASSEGRAIN DE LA FIGURA 2, PERO DIMENSIONALMENTE EL TELESCOPIO NEWTONIANO ES MUCHO MÁS LARGO

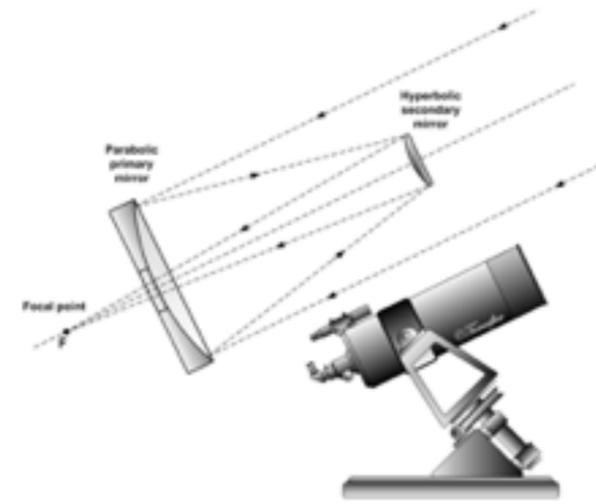


FIGURA 5. DIAGRAMA DE LA CONFIGURACIÓN ÓPTICA DE UN TELESCOPIO CASSEGRAIN. TOMADA DEL SITIO: WWW.CIENCETAYOURDOORSTEP.COM



FIGURA 6. VISTA AÉREA DEL ESPEJO PRIMARIO DE 24 PULGADAS DE DIÁMETRO DURANTE EL PROCESO DE PULIDO

FIGURA 4. ESPEJO PRIMARIO DE 24 PULGADAS DE DIÁMETRO PARA UN TELESCOPIO CASSEGRAIN SOBRE UNA MÁQUINA PULIDORA DEL TIPO G&P.



FIGURA 7. ESPEJO PRIMARIO DE 60 CENTÍMETROS EN POSICIÓN VERTICAL DURANTE UNA DE LAS PRUEBAS DE HARTMANN. SE APRECIA LA PANTALLA CIRCULAR DE HARTMANN, AÚN NO COLOCADA SOBRE EL ESPEJO



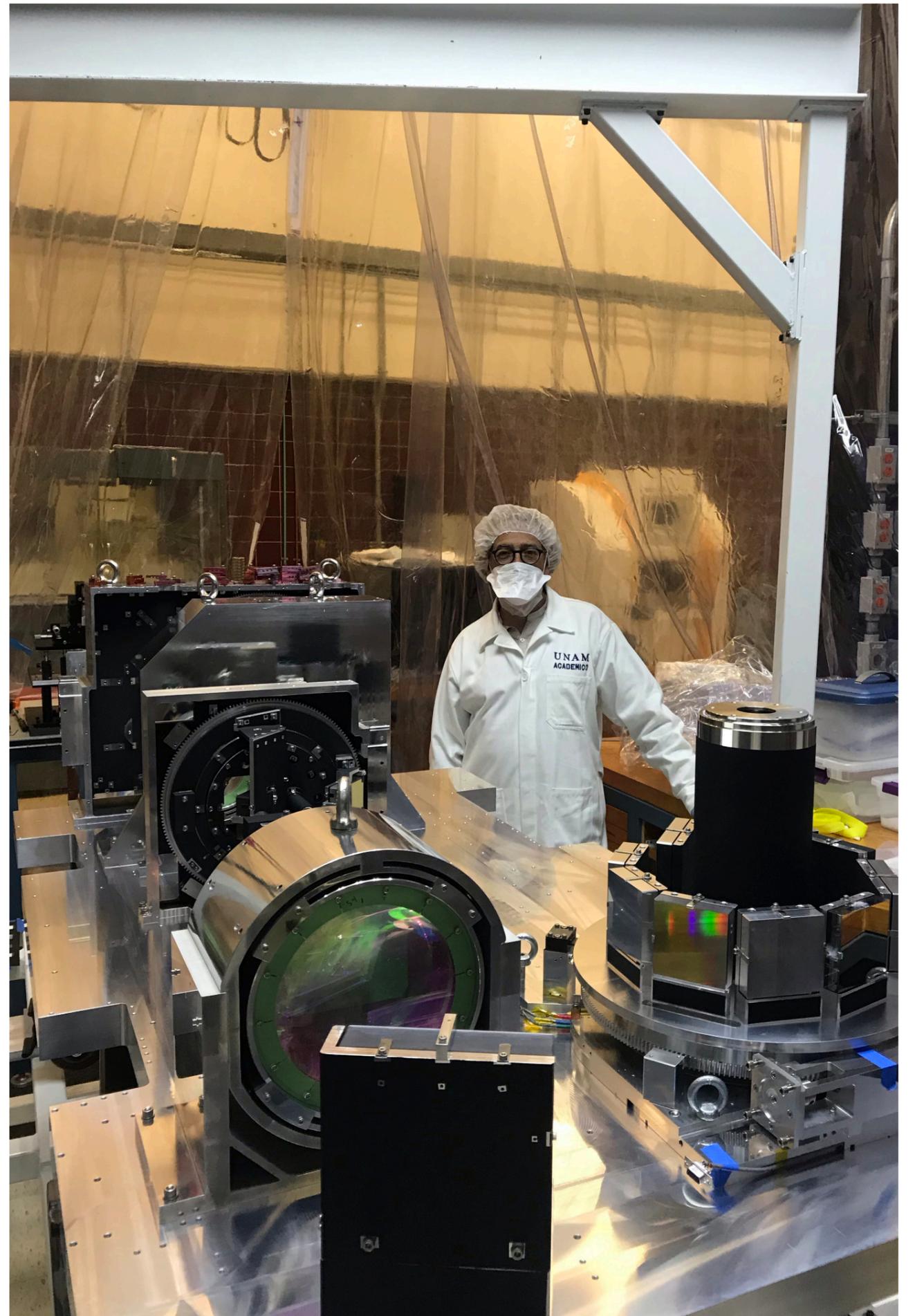
Telescopio Cassegrain de 24 pulgadas de abertura	
Tipo	Ritchey-Chretien
Distancia focal efectiva	8645 mm (F/14)
Abertura óptica	617.5 mm
Distancia de trabajo:	500 mm
<b>Espejo primario</b>	
Diámetro	617 mm
Radio de curvatura	2806 mm (cóncavo)
Constante cónica	-1.013 (hipérbola)
<b>Espejo secundario</b>	
Diámetro	130 mm
Radio de curvatura	635.2 mm (convexo)
Constante cónica	-2.036 (hipérbola)

FIGURA 8. CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS DE LOS TELESCOPIOS CASSEGRAIN DEL PROYECTO DE ESPEJOS DE 60 CENTÍMETROS. DISEÑO DEL DR. DANIEL MALACARA

# INVITADOS EXTERNOS

---

SALVADOR CUEVAS CARDONA (UNAM)



# INSTRUMENTACIÓN ASTRONÓMICA ÓPTICA

PARA EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS MANUFACTURADA POR EL IAUNAM

SALVADOR CUEVAS CARDONA

En el Instituto de Astronomía de la UNAM (IAUNAM) hemos formado un grupo de instrumentación astronómica en el óptico. Está constituido por personal técnico de diferentes especialidades como Ingenierías Óptica, Mecánica y Electrónica, aplicando estándares de calidad internacional similares a los seguidos en la Agencia Espacial Europea.

Contamos con un taller de óptica que en sus orígenes fue fundado por el Dr. Daniel Malacara. Este taller ha continuado en crecer en infraestructura tanto de maquinaria para la manufactura óptica de lentes de entre 50 y 300 mm de diámetro, como de metrología óptica como dos interferómetros ZYGO y una máquina de coordenadas MITUTOYO. Hemos trabajado para implementar todos los estándares de manufactura y pruebas de la norma ISO10110. Contamos también con un taller mecánico de precisión.

Desde hace más de tres décadas IAUNAM colabora con el Instituto Astrofísico de Canarias (IAC) de España, en proyectos de instrumentación astronómica óptica.

Hacia 1995 se empezó a trabajar en el Gran Telescopio Canarias (GTC), telescopio de más de 10 m de diámetro de su óptica principal, que fue inaugurado en 2005, y está instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma.

En los mismos años los departamentos de instrumentación del IAUNAM y del IAC empezaron a trabajar en el desarrollo de un instrumento con capacidad de imagen y espectroscopia, tanto de rejilla como de filtros anchos sintonizables o angostos tipo Fabry Perot. Este instrumento se llama OSIRIS. Este instrumento trabaja en la banda de 350 a 900 nm.

El diseño óptico de todo el instrumento se hizo principalmente en el IAUNAM. La manufac-

tura de las lentes, en vidrio muy especial (FPL36, CaF<sub>2</sub>, etc), fue hecho en el IAUNAM y por la compañía FISBA de Suiza. Los recubrimientos anti reflectores se hicieron en FISBA también. El diseño óptico es principalmente un colimador de espejo parabólico y una cámara de lentes. La optomecánica y control de foco de la cámara, fue desarrollado en el IAUNAM en colaboración con CIDESI.

Este instrumento ha sido muy exitoso. Con los datos de este instrumento desde su commissioning a la fecha, ha resultado en 300 artículos de alta calidad. Esto representa un 80% de todas las publicaciones realizadas con datos del telescopio GTC.

Un telescopio como el GTC cuyo espejo principal está conformado por 36 espejos hexagonales, que forman una superficie hiperboloide de revolución, requiere que su desempeño sea cali-

ficado con un instrumento verificador. Este fue el origen del instrumento de verificación para el GTC. Este instrumento fue contratado por GTC después de una licitación internacional, con el IAUNAM y el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), centro CONACYT de Querétaro.

Este instrumento tiene la óptica, de calidad al límite de difracción, para poder hacer la evaluación de la calidad de imagen del GTC. Puede medir el cofaseo de los 36 segmentos del espejo principal con un método diferente al de los sistemas de control de la superficie del espejo primario. Este método utiliza una generalización del método de curvatura de Roddier para superficies segmentadas, desarrollado en el IAUNAM.

La óptica del Instrumento de Verificación fue manufacturada en los talleres del IAUNAM. Algunas lentes fueron subcontratadas en el Centro de Inves-

tigaciones en Óptica, A.C, (CIO). Toda la mecánica y optomecánica fue manufacturada por CIDESI. El sistema de control fue también desarrollado en el IAUNAM. Lo único que no se pudo hacer en México fueron las capas antireflectoras de las lentes. Éstas fueron contratadas con la compañía ZC&R de California, EEUU.

En 2007 se empezó a trabajar en el instrumento FRIDA. Este es un proyecto que lidera el IAUNAM y con la participación de la Universidad de Florida, el Instituto Astrofísico de Canarias y la Universidad Complutense de Madrid. Hemos contado también con nuestros socios de CIDESI. El diseño de todo el instrumento ha sido desarrollado entre el IAUNAM y CIDESI. FRIDA es un espectrógrafo integral de campo con capacidad de imagen que trabaja en el infrarrojo cercano (1000-2500 nm). Estas longitudes de onda requieren que el instrumento completo esté enfriado a menos de 140K. Además las lentes deben de poder transmitir en esas longitudes de onda y las capas antireflectoras optimizadas en dicho intervalo.

FRIDA va a trabajar con el sistema de Óptica Adaptativa del GTC (GTCAO) que también está en desarrollo. Esto va a permitir que se tenga una calidad de imagen al límite de difracción con el telescopio GTC. En algunos aspectos la resolución de FRIDA+GTCAO tanto espacial como espectral, no va a ser superada por el telescopio espacial JWST que está próximo a lanzarse.

La optomecánica de FRIDA debe de ser capaz de mantener alineadas las lentes durante el proceso de enfriado desde temperatura ambiente hasta su temperatura de operación.

Los materiales de las lentes son CaF<sub>2</sub> y S-FTM16, así como Infrasil 301.

La unidad integral de campo es de tipo “rebanador de imagen” y ha sido manufacturada con técnicas de “diamond turning” por Corning Special Materials en EEUU y Durham Optics de Inglaterra. FRIDA se encuentra en su etapa de integración. Las capas antireflectoras fueron contratadas con la compañía Custom Scientific de EEUU.

El instrumento está contenido en un criostato diseñado y fabricado por el IAUNAM y CIDESI. El volumen del criostato es de 1 m cúbico y es enfriado por LN<sub>2</sub> y por tres cabezas refrigeradoras de circuito cerrado de Helio. La electrónica es también desarrollo del IAUNAM. Algo que hay que mencionar es que los 10 mecanismos que hacen operar el instrumento en diferentes configuraciones, trabajan a las temperaturas criogénicas mencionadas. El gabinete de la electrónica de control no debe emitir más de 100W a la cúpula del telescopio, ya que introduciría turbulencia local, que se trata de evitar. Por tanto dicho gabinete está refrigerado por agua glicolada.



# SEMBLANZA

*El Dr. Salvador Carlos Cuevas Cardona* obtuvo su Licenciatura en física en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Es Ingeniero óptico diplomado del Institut d'Optique de Orsay, Francia y obtuvo el Doctorado en Ciencias en la Universidad de París Sud.

Trabaja desde hace 38 años en el Instituto de Astronomía y es Investigador Nacional nivel III del Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT.

Ha trabajado en el diseño, fabricación y pruebas de varios instrumentos para observatorios de México y del extranjero.

Ha participado en el diseño y construcción de los equipamientos del Museo de la Luz en la Ciudad de México. Además ha colaborado produciendo dispositivos de efectos ópticos para el vitral artístico "Divinity in Light" instalado en la Iglesia de Santa Maria degli Angeli en Roma, Italia y en la obra "The Gift" en la Grace Cathedral en San Francisco California. 



DR. SALVADOR CARLOS CUEVAS CARDONA

# PUBLICACIONES ARBITRADAS

TRIMESTRE JULIO - SEPTIEMBRE 2021

Orden	DOI	Título	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Revista / Libro	VOL, PAG	FI	Q
1	10.1016/j.optlastec.2021.10701	Stable and narrow linewidth linear cavity CW-active Q-switched erbium-doped fiber laser	Monga K.J.-J.	Martínez-Manuel R.	Meyer J.	Díaz S.	Sompo J.M.								Optics and Laser Technology	140	3.219	1
2	10.1016/j.optlastec.2021.10699	Multi-wavelength Er-Yb-doped fibre ring laser using a double-pass Mach-Zehnder interferometer with a Sagnac interferometer	Filoteo-Razo J.D.	Hernández-García J.C.	Estudillo-Ayala J.M.	Pottiez O.	Jauregui-Vázquez D.	Sierra-Hernández J.M.	Lauterio-Cruz J.P.	Carrillo-Delgado C.M.	Rojas-Laguna R.				Optics and Laser Technology	139	3.22	1
3	10.1016/j.jlumin.2021.118025	Light-emitting diodes based on quaternary CdZnSeS quantum dots	Sánchez-Solis A.	Esparza D.	Orona-Navar A.	Torres-Castro A.	Rivas J.M.	Ornelas-Soto N.	López-Luke T.						Journal of Luminescence	235	3.28	1
4	10.1016/j.matlet.2021.129664	Nd <sup>3+</sup> doped BaAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> for enhanced photocatalytic degradation of methylene blue	Mumanga T.J.	Díaz-Torres L.A.	Gómez-Solis C.										Materials Letters	292	3.204	2
5	10.1016/j.optlastec.2020.10683	Low-cost non-concentric diffraction-based encoder	Alvarez-Rodríguez S.	Peña-Lecona F.G.	Briones M.	Helguera M.	Alcalá-Ochoa N.								Optics and Laser Technology	138	3.28	1
6	10.1016/j.jphotochem.2021.11	Effect of the urea concentration on the luminescence and photocatalytic properties of Sr <sub>2</sub> CeO <sub>4</sub> powders synthesized by a combustion method	Viesca-Villanueva E.	Oliva J.	García C.R.	Gómez-Solis C.	Díaz-Torres L.A.	Avalos-Belmontes F.	López-Badillo C.M.	Enríquez A.I.M.	García-Lobato M.A.				Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	410	4.38	1
7	10.1016/j.dyepig.2021.109133	Linear and nonlinear optical properties of a quadrupolar carbo-benzene and its benzenic parent: The carbo-merization effect	Barba-Barba R.M.	Chammam M.	Ramos-Ortiz G.	Listunov D.	Velusamy J.	Rodríguez M.	Carriles R.	Silva C.	Duhayon C.	Kauffmann B.	Maraval V.	Chauvin R.	Dyes and Pigments	188	4.018	1
8	10.3390/s21062094	Application of wgm resonances to the measurement of the temperature increment of ho and ho-yb doped optical fibers pumped at 1125 and 975 nm	Roselló-Mechó X.	Delgado-Pinar M.	Barmenkov Y.O.	Kir'yanov A.V.	Andrés M.V.								Sensors	21	3.031	1
9	10.1016/j.dyepig.2020.109115	Optoelectronic properties of (Z)-3-(4-(4,5-diphenyl-1H-imidazole-2-yl)phenyl)-2-phenylacrylonitrile films under acid and thermal environments for tuning OLED emission	Bernal W.	Anandhan K.	Percino M.J.	Barbosa-García O.	Pérez-Gutiérrez E.	Cerón M.	Maldonado J.-L.	Rivadeneira M.S.	Thamotharan S.				Dyes and Pigments	187	4.02	1
10	10.1088/2040-8986/abd9e0	Experimental generation of helical Mathieu-Gauss vector modes	Rosales-Guzmán C.	Hu X.-B.	Rodríguez-Fajardo V.	Hernández-Aranda R.I.	Forbes A.	Pérez-García B.							Journal of Optics (United Kingdom)	23	2.753	2
11	10.1088/1555-6611/abd8c4	Reshaping the output of fiber lasers by using a variable intra-cavity filter based on a reconfigurable Fabry-Perot interferometer	Torres-Torres M.	Salceda-Delgado G.	Rodríguez-Carreón V.C.	Martínez-Ríos A.	Sierra-Hernández J.M.	Antonio-López J.E.	Amezúa-Correa R.	Estudillo-Ayala J.					Laser Physics	31	1.33	4

12	10.1021/acsomega.0c05978	Mixed Matrix Membranes Based on Fluoropolymers with m- And p- Terphenyl Fragments for Gas Separation Applications	Hernández-Martínez H.	Coutino-Gonzalez E.	Espejel-Ayala F.	Ruiz-Treviño F.A.	Guerrero-Heredia G.	García-Riego A.L.	Olvera L.I.						ACS Omega	6	2.87	2
13	10.1016/j.physb.2020.412785	Influence of the surface roughness on electron-phonon interaction in an intrinsic CdTe single crystal	Medel-Ruiz C.I.	Molina-Contreras J.R.	Frausto-Reyes C.	Sevilla-Escoboza J.R.	Ladrón de Guevara H.P.								Physica B: Condensed Matter	603	1.902	3
14	10.1021/acspsci.0c00211	Nanophotonic Sialidase Immunoassay for Bacterial Vaginosis Diagnosis	Rodríguez-Nava C.	Cortés-Sarabia K.	Avila-Huerta M.D.	Ortiz-Riño E.J.	Estrada-Moreno A.K.	Alarcón-Romero L.D.C.	Mata-Ruiz O.	Medina-Flores Y.	Vences-Velázquez A.	Morales-Narváez E.			ACS Pharmacology and Translational Science	4	2.27	1
15	10.1364/ao.415056	Least-squares gamma estimation in fringe projection profilometry	Muñoz A.	Flores J.L.	Parra-Escamilla G.	Morales L.A.	Ordoñez S.	Servin M.							Applied Optics	60	1.97	2
16	10.1364/ao.413586	3D shape and strain measurement of a thin-walled elastic cylinder using fringe projection profilometry	de Jesús Ortiz-González A.	Martínez-García A.	Pascual-Francisco J.B.	Rayas-Álvarez J.A.	de Jesús Flores-García A.								Applied Optics	60	1.97	2
17	10.3390/bios11020043	A Novel Enzyme-Based SPR Strategy for Detection of the Antimicrobial Agent Chlorophene	Quintanilla - Villanueva G.E.	Luna-Moreno D.	Blanco-Gómez E.A.	Rodríguez-Delgado J.M.	Villarreal-Chiu J.F.	Rodríguez-Delgado M.M.							Biosensors	11	3.24	2
18	10.1364/ao.410993	Measurement of morphology thickness and refractive index in a melanoma A375 cell line using digital holographic microscopy	Palacios-Ortega N.	del Socorro Hernández-Montes M.	Mendoza-Santoyo F.	Flores-Moreno J.M.									Applied Optics	60	1.97	2
19	10.1364/ao.415104	Alternative interpretation of color phase-shifting profilometry and a self-contained method for fringe analysis	Ochoa N.A.	García-Isáis C.A.											Applied Optics	60	1.97	2
20	10.3390/nano11020410	Two-step triethylamine-based synthesis of MGO nanoparticles and their antibacterial effect against pathogenic bacteria	Díaz R.M.	Cardoso-Avila P.E.	Tavares J.A.P.	Patakfalvi R.	Cruz V.V.	De Guevara H.P.L.	Coronado O.G.	Garibay R.I.A.	Arroyo Q.E.S.	Marañón-Ruiz V.F.	Contreras J.C.		Nanomaterials	11	4.324	2
21	10.1016/j.dyepig.2020.108979	Fluorescence tuning with a single dye embedded in a polymer matrix and its Application on multicolor OLEDs	Pérez-Gutiérrez E.	Percino M.J.	Bernal W.	Cerón M.	Ceballos P.	Rivadeneira M.S.	Siegler M.A.	Thamotharan S.					Dyes and Pigments	186	4.02	1
22	10.3389/fbioe.2020.639723	Editorial: Biointerfacing 2D Nanomaterials and Engineered Heterostructures	Gravagnuolo A.M.	Morales-Narváez E.	Martucci A.									Frontiers in Bioengineering and Biotechnology	8	3.644	2	
23	sin doi 02	Heterogeneous solar photo-fenton treatment of industrial wastewater via δ-FeOOH	Barrera-Salgado K.E.	Pineda-Arellano C.A.	Álvarez-Gallegos A.	Hernández-Pérez J.	Silva-Martínez S.							Indian Journal of Chemical Technology	28	0.48	4	
24	10.31349/revmexfise.18.168	Nancy Cartwright, una introducción a su filosofía de la ciencia	Rodríguez-Yáñez A.	Aboites V.	Rionda L.M.									Revista Mexicana de Física E	18	0.77	4	
25	10.31349/revmexfis.67.154	Laser cavity with Van der Pol dynamics	Lozano M.	Kir'yanov A.	Pisarchik A.	Aboites V.								Revista Mexicana de Física	67	0.77	4	
26	10.1364/ao.420081	Optical-image communication through random-phase propagation channels using phase-shifting coding	Manuel Servin	Moises Padilla										Applied Optics	60, 3162	1.97	2	
27	10.1088/2040-8986/abed5d	Multiple mode-locked regimes of an Er/Yb double-clad fiber laser based on NPR	Duran-Sanchez M.	Pottiez O.	Posada-Ramírez B.	Álvarez-Tamayo R.I.	Armas-Rivera I.	Bello-Jiménez M.	García Flores YA	Montiel-Pina E.	Ibarra-Escamilla B.			Journal of Optics (United Kingdom)	23.00	2.38	2	
28	10.1109/tmag.2020.3049057	Homogenization of 1-D Magneto-Photonic Crystals by Using 4 x 4 Characteristic Matrices	Villa-Villa F.	Gaspar-Armenta JA	Pérez-Rodríguez F.									IEEE Transactions on Magnetics	57.00	1.63	3	
29	10.1021/acssensors.0c02109	Doubly Photopolymerized Holographic Sensors	Jiang N.	Davies S.	Jiao Y.	Blyth J.	Butt H.	Montelongo Y.	Yetisen A.K.					ACS Sensors		7.333	1	
30	10.1115/1.4048015	Low Cost High-Accuracy Compound Parabolic Concentrator System-A Manufacturing Methodology	Carrillo, J. G	Pena-Cruz, M., I	Terron-Hernandez	Valentin, Luis								JOURNAL OF SOLAR ENERGY ENGINEERING-TRANSACTIONS OF THE ASME		1.64	3	
31	10.1364/josaa.406186	Theory of a rotationally shearing interferometer	Gonzalez-Rodriguez	Strojnik, Marija	García-Torales, Guillermo									JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA A-OPTICS IMAGE SCIENCE AND VISION		1.79	3	

32	10.1364/prj.416342	FREE-SPACE LOCAL NONSEPARABILITY DYNAMICS OF VECTOR MODES	Xiao-Bo Hu,	Benjamin Perez-Garcia,	Valeria Rodriguez-Fajardo,	Raul I. Hernandez-Aranda,	Andrew Forbes	Carmelo Rosales-Guzmán								PHOTONICS RESEARCH	6.10	1	
33	10.1088/2040-8986/abef22	HIGH-SPEED GENERATION OF SINGULAR BEAMS THROUGH RANDOM SPATIAL MULTIPLEXING	Xiao-Bo Hu	Si-Yuan Ma	Carmelo Rosales-Guzmán											JOURNAL OF OPTICS	2.38	2	
34	10.1364/ol.421004	LONG-RANGE MULTICORE OPTICAL FIBER DISPLACEMENT SENSOR	Monserrat del C. Alonso-Murias	David Monzón Hernández	Oswaldo Rodríguez Quiroz	Jose Antonio-Lopez	Axel Schülzgen	Rodrigo Amezcua Correa	Joel Villatoro							OPTICS LETTERS	3.71	1	
35	10.1364/ao.418049	MEASUREMENT OF PHASE AND GROUP REFRACTIVE INDICES AND DISPERSION OF THERMO-OPTIC AND STRAIN-OPTIC COEFFICIENTS OF OPTICAL FIBERS USING WEAK FIBER BRAGG GRATINGS	JL Cruz	YO Barmenkov	A. Díez	MV Andres										APPLIED OPTICS	1.96	3	
36	10.1038/s41598-021-87241-8	POST-SYNTHESIS NANOSTRUCTURATION OF BSA-CAPSAICIN NANOPARTICLES GENERATED BY SUCROSE EXCIPIENT	Ramón Carriles	Laura E. Zavala	Sofía Nava-Corona	Alejandro Sánchez-Arreguín	Mercedes G.	Lino Sánchez-Segura								SCIENTIFIC REPORTS	4.00	1	
37	10.1016/j.matlet.2021.129851	SYNTHESIS AND EVALUATION OF MSiO <sub>3</sub> (M=BA, SR, MG) FOR PHOTOCATALYTIC HYDROGEN GENERATION UNDER UV IRRADIATION	JoseffRenato Mejia-Bernala	Takawira Joseph Mumanga	L.A.Díaz-Torres	Miguel Ángel Vallejo-Hernández	Christian Gómez -Solís									MATERIALS LETTERS	3.20	2	
38	10.1088/1402-4896/ab77fb	Embedded split-step methods optimized with a step size control for solving the femtosecond pulse propagation problem in the nonlinear fiber optics formalism	Ibarra-Villalon, H. E.	Pottiez, O.	Gomez-Vieyra, A.	Lauterio-Cruz, J. P.	Bracamontes-Rodriguez, Y. E.									PHYSICA SCRIPTA	Volumen: 96 Número de artículo: 075502	1.99	2
39	10.1103/physreva.103.053520	Gouy-phase-mediated propagation variations and revivals of transverse structure in vectorially structured light	Zhong, Ru-Yue	Zhu, Zhi-Han	Wu, Hai-Jun	Rosales-Guzman, Carmelo	Song, Shu-Wei	Shi, Bao-Sen								PHYSICAL REVIEW A	Volumen: 103 Número de artículo: 053520	2.78	2
40	10.1016/j.solener.2021.02.037	Solar irradiance components estimation based on a low-cost sky-imager	Sanchez-Segura, Cesar D.	Valentin-Coronado, Luis	Pena-Cruz, Manuel, I	Diaz-Ponce, Arturo	Moctezuma, Daniela	Flores, Gerardo	Riveros-Rosas, David							SOLAR ENERGY	Volumen: 220 Páginas: 269-281	4.61	2
41	10.1039/d1ra01448j	One-pot green synthesis of gold and silver nanoparticles using Rosa canina L. extract	Cardoso-Avila, Pablo Eduardo	Patakfalvi, Rita	Rodriguez-Pedroza, Carlos	Aparicio-Fernandez, Xochitl	Loza-Cornejo, Sofia	Villa-Cruz, Virginia	Martinez-Cano, Evelia							RSC ADVANCES	Volumen: 11 Número: 24 Páginas: 14624-14631	3.12	2
42	10.1088/1612-202x/abf5cb	Tunable synchronized dual-wavelength pulsed operation in an Er/Yb double-clad fiber laser	Duran-Sanchez, M.	alvarez-Tamayo, R., I	Garcia-Flores, Y. A.	Pottiez, O.	Posada-Ramirez, B.	Bello-Jimenez, M.	Alaniz-Balon, J.	Armas-Rivera, I	Montiel-Pina, E.	Ibarra-Escamilla, B.				LASER PHYSICS LETTERS	Volumen: 18 Número de artículo: 055101	1.88	3
43	10.1364/oe.420740	LiDAR-derived digital holograms for automotive head-up displays	Skirnewskaja, Jana	Montelongo, Yunuen	Wilkes, Phil	Wilkinson, Timothy D.										OPTICS EXPRESS	Volumen: 29 Número de Páginas: 13681-13695	3.67	1
44	10.1007/s11664-021-08919-3	The Role of Silver Nanoparticles in the Hole Transport Layer in Organic Solar Cells Based on PBDB-T:ITIC	Rivera-Taco, Julio	Castro-Beltran, Rigoberto	Maldonado, Jose-Luis	Alvarez-Martinez, Jonathan	Barreiro-Arguelles, Denisse	Gaspar, Jorge A.	Gutierrez-Juarez, Gerardo							JOURNAL OF ELECTRONIC MATERIALS	Volumen: 50 Número de Páginas: 4118-4127	1.77	3
45	10.3389/fphy.2021.654451	Heralded Generation of Vectorially Structured Photons With a High Purity	Wu, Hai-Jun	Yu, Bing-Shi	Zhu, Zhi-Han	Rosales-Guzman, Carmelo	Zhou, Zhi-Yuan	Ding, Dong-Sheng	Gao, Wei	Shi, Bao-Sen						FRONTIERS IN PHYSICS	Volumen: 9 Número de artículo: 654451	2.64	2
46	10.1002/ejic.202100109	Two-Photon Absorption Properties in "Push-Pull" Ruthenium Nitrosyl Complexes with various Fluorenylterpyridine-Based Ligands	Bukhanko, Valerii	Leon-Rojas, Andres Felipe	Lacroix, Pascal G.	Tasse, Marine	Ramos-Ortiz, Gabriel	Barba-Barba, Rodrigo M.	Farfan, Norberto	Santillan, Rosa	Malfant, Isabelle					EUROPEAN JOURNAL OF INORGANIC CHEMISTRY	2.53	2	
47	10.1364/ao.418547	Characterization of retardance spatial variations over the aperture of liquid-crystal variable retarders	Ramirez, Claudio N.	Montes-Gonzalez, Ivan	Bruce, Neil C.	Manuel Lopez-Tellez, Juan	Rodriguez-Herrera, Oscar G.	Rosete-Aguilar, Martha								APPLIED OPTICS	Volumen: 60 Número: 11 Páginas: 2998-3005	1.96	3
48	10.1088/1748-0221/16/04/p04005	Implementation of an inexpensive cathodoluminescence and electron beam induced current image generator coupled to a scanning electron microscope	Benitez-Lara, A.	Cisneros, H.	Bautista, E.	Molina, J.	Morales, F.	Morales-Narvaez, E.	Carrillo-Lopez, J.	Desirena, H.	Lopez, O.					JOURNAL OF INSTRUMENTATION	Volumen: 16 Número de artículo: P04005	1.45	3
49	10.3390/chemosensors9040082	Electrochemical Approach to Detection of Chlorophene in Water Catalyzed by a Laccase Modified Gold Electrode	Quintanilla-Villanueva, Gabriela Elizabeth	Luna-Moreno, Donato	Sanchez-Alvarez, Araceli	Villarreal-Chiu, Juan Francisco	Rodriguez-Delgado, Jose Manuel	Rodriguez-Delgado, Melissa Marlene								CHEMOSENSORS	Volumen: 9 Número de artículo: 82	3.11	1
50	10.3390/photronics8040120	Frequency Dependence of a Piezo-Resistive Method for Pressure Measurements of Laser-Induced Shock Waves in Solids	Gonzalez-Romero, Ricardo	Strojniak, Marija	Garcia-Torales, Guillermo	Gomez-Rosas, Gilberto										PHOTONICS	Volumen: 8 Número de artículo: 120	2.14	2

51	10.3390/app11083322	Rotational-Shearing-Interferometer Response for a Star-Planet System without Star Cancellation	Bravo-Medina, Beethoven	<a href="#">Strojnik, Marija</a>	Mora-Nunez, Azael	Santiago-Hernandez, Hector									APPLIED SCIENCES-BASEL	Volumen: 11 Número: 8 Número de artículo: 3322	2.47	2
52	10.1038/s41598-021-91673-7	Repurposing CPAP machines as stripped-down ventilators	Nguyen J.	Kesper K.	Kräling G.	Birk C.	Mross P.	Hofeditz N.	Höchst J.	Lampe P.	Penning	Leutenecke	Schindler	Buchenauer H., Geisel D., Sommer C., Henning R., Wallot P., Wiesmann T., Beutel B., Schneider G., Castro-Camus E., Koch M.	Scientific Reports	11	4.38	1
53	10.1016/j.seta.2021.101372	Optimization of the radiative flux uniformity of a modular solar simulator to improve solar technology qualification testing	<a href="#">Martínez-Manuel L.</a>	Wang W.	<a href="#">Peña-Cruz M.I.</a>										Sustainable Energy Technologies and Assessments	47	5.35	2
54	10.1016/j.optlastec.2021.107256	Multiplane temperature measurement of fluid flows using a color focusing schlieren system	Martínez-González A.	<a href="#">Moreno-Hernández D.</a>	Guerrero-Viramontes J.A.	Zamarripa-Ramírez J.C.I.	Carrillo-Delgado C.								Optics and Laser Technology	142	3.219	1
55	10.1016/j.optlastec.2021.107197	Multiwavelength synchronously Q-switched Erbium-doped fiber laser based on the adjustment of the free spectral range of an intracavity tapered-fiber filter	<a href="#">Anzueto-Sánchez G.</a>	<a href="#">Martínez-Ríos A.</a>	<a href="#">Torres-Gómez I.</a>	<a href="#">Jiménez-Mares M.</a>	Núñez-Gomez R.E.	Camas-Anzueto J.L.	Cabellos-Quiroz J.L.						Optics and Laser Technology	142	3.219	1
56	10.1016/j.optcom.2021.127083	Curvature or power maps of an optical surface or a wavefront	Hernández-Delgado J.	<a href="#">Malacara-Hernández Z.</a>	<a href="#">Malacara-Doblado D.</a>	<a href="#">Malacara-Hernández D.</a>									Optics Communications	495	2.31	3
57	10.1016/j.ijleo.2021.167011	Tunable green/yellow upconversion emission and enhancement of the NIR luminescence in BaLaAlO <sub>4</sub> :Er <sup>3+</sup> phosphors by codoping with Yb <sup>3+</sup> ions	Oliva J.	Chávez D.	González-Galván A.	Viesca-Villanueva E.	<a href="#">Díaz-Torres L.A.</a>	Fraga J.	García C.R.						Optik	241	2.44	2
58	10.1016/j.synthmet.2021.116826	Nano-films of carbo-benzene derivatives: Scanning probe microscopy analysis and prospects of use in organic solar cells	Caballero-Quintana I.	Rivera-Taco J.	Barthes C.	Nicasio-Collazo J.	<a href="#">Ramos-Ortiz G.</a>	<a href="#">Maldonado J.-L.</a>	Maraval V.	Chauvin R.					Synthetic Metals	278	3.27	2
59	10.1016/j.jelechem.2021.115297	Electrochemical study in acid aqueous solution and ex-situ X-ray photoelectron spectroscopy analysis of metallic rhenium surface	Rivera J.G.	García-García R.	<a href="#">Coutino-Gonzalez E.</a>	Orozco G.									Journal of Electroanalytical Chemistry	893	4.46	2
60	10.1016/j.jenvman.2021.112665	Efficient solar removal of acetaminophen contaminant from water using flexible graphene composites functionalized with Ni@TiO <sub>2</sub> :W nanoparticles	Gomez-Solis C.	Mendoza R.	Rios-Orihuela J.F.	Robledo-Trujillo G.	<a href="#">Díaz-Torres L.A.</a>	Oliva J.	Rodriguez-Gonzalez V.						Journal of Environmental Management	290	6.79	1
61	10.1364/ao.426158	Flame analysis using a simple transmission digital holographic interferometer	<a href="#">Manuel H. De La Torre I.</a>	<a href="#">Frausto-Reyes C.</a>	<a href="#">David Moreno H.</a>	<a href="#">Salgado-Transito I.</a>									Applied Optics	60	1.98	2
62	10.1364/ao.425059	Fish swim water bulk displacement visualization with digital holographic interferometry	<a href="#">de la Torre M.H.I.</a>	<a href="#">Frausto-Rea G.D.R.</a>	<a href="#">Mendoza-Santoyo F.</a>	<a href="#">Hernandez Montes M.D.S.</a>									Applied Optics	90	1.98	2
63	10.1364/ao.430687	Calibration and data extraction in a Stokes polarimeter employing three wavelengths simultaneously	Aguilar-Fernández E.	Bruce N.C.	Rodríguez-Herrera O.G.	<a href="#">Espinosa-Luna R.</a>									Applied Optics	60	1.98	2
64	10.1364/josab.416741	Ab initio theory of the Drude plasma frequency	<a href="#">Mendoza B.S.</a>	Mochan W.L.											Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics	38	2.11	3
65	10.1109/jphot.2021.3076416	Switchable Ytterbium Fiber Laser Based on a Symmetrical Long-Period Fiber Grating	Silva-Alvarado E.C.	<a href="#">Martínez-Ríos A.</a>	Ledesma-Carrillo L.M.	Jauregui-Vazquez D.	Salceda-Delgado G.	Porraz-Culebro T.E.	Martin Vela J.A.	Sierra-Hernandez J.M.					IEEE Photonics Journal	13	2.44	3

66	10.1063/5.0046454	Evolutionary design of nano-cavity-based antireflective layers	Briones E.	Gonzalez F.	Ruiz-Cruz R.	Briones J.									Journal of Applied Physics	129	2.55	2
67	10.1117/1.oe.60.5.054101	Instrumentation of the light refraction for measuring the refractive index of transparent liquids	Camas-Anzueto J.L.	Castellanos-Gonzalez C.G.	Anzueto-Sanchez G.	Peñaredez-Patricio M.	Hernandez-Gutierrez C.A.								Optical Engineering	60	1.08	4
68	10.22201/icat.24486736e.2021.19.2.1578	Controllability of pore size on macroporous sol-gel silica films embedding rhodamine 6G	Castañeda-Contreras J.	Pérez Ladrón de Guevara H.	Meneses-Nava M.A.	Marañón-Ruiz V.F.	Chiu-Zarate R.	Rodríguez-Rojas R.	Patakfalvi R.J.						Journal of Applied Research and Technology	19	0.45	4
69	10.1021/acssensors.1c00795	Facile Determination of COVID-19 Seroconversion via Nonradiative Energy Transfer	Avila-Huerta M.D.	Ortiz-Riaño E.J.	Mancera-Zapata D.L.	Cortés-Sarabia K.	Morales-Narváez E.								ACS Sensors		7.333	1
70	10.1002/adom.202100526	Tunable Luminescence from Stable Silver Nanoclusters Confined in Microporous Zeolites	Romolini G.	Steele J.A.	Hofkens J.	Roeflaers M.B.J.	Coutino-Gonzalez E.								Advanced Optical Materials		9.93	1
71	10.1109/jlt.2021.3082105	All-optical nonlinear control of circularly polarized light in birefringent fibers	Lozano-Crisostomo N.	García-Melgarejo J.C.	Gonzalez-Galicia M.A.	Baez-Lopez C.A.	Hurtado Carrasco J.C.	Sanchez-Mondragon J.J.							Journal of Lightwave Technology		4.14	2
72	10.1016/j.isatra.2021.04.043	Longitudinal modeling and control for the convertible unmanned aerial vehicle: Theory and experiments	Flores G.												ISA Transactions		5.47	1
73	10.1109/LCSYS.2021.3087102	Robust Nonlinear Control for a Piezoelectric Actuator in a Robotic Hand Using only Position Measurements	Flores G.	Rakotondrabe M.											IEEE Control Systems Letters	vol.issue.9447814, art.no. 872	3.80	1
74	10.1038/s41598-021-97646-0	Vernier effect using in-line highly coupled	Cuando-Espitia N.	Fuentes-Fuentes M.A.	Velázquez-Benítez A.	Amezcuca R.	Hernández-Cordero J.	May-Arrijoja D.A.							scientific reports	vol.9447814 issue. 872 Art.no. 877	4.38	1
75	10.1016/j.yofte.2021.102693	Hybrid (Raman-Ytterbium) ring-cavity fabry-perot-filtered fiber laser	Ballesteros-Llanos O.J.	Mejía-Beltrán E.	Juárez-Hernández M.										Optical Fiber Technology	vol. 67 art.no. 102693	2.53	2
76	10.1016/j.jlum.2021.118470	Impact of the gate fabrication process of light emitting capacitors based on silicon-rich oxide: Low voltage electroluminescence	Avilés-Bravo J.J.	Palacios-Huerta L.	Aceves-Mijares M.	González-Flores K.E.	Morales-Morales F.	Morales-Sánchez A.							Journal of Luminescence	vol.240 art.no. 118470	3.28	2
77	10.1109/LCSYS.2020.3045214	Output Feedback Control for a Nonlinear Optical Interferometry System	Flores G.	Rakotondrabe M.											IEEE Control Systems Letters	vol. 9296334 issue.1880 art. No. 1885	3.80	1
78	10.1016/j.eswa.2021.115163	The AgriQ: A low-cost unmanned aerial system for precision agriculture	Montes de Oca A.,	Flores G.											Expert Systems with Applications	vol.182 art. No. 115163	6.95	1
79	10.1016/j.measurement.2021.110045	AFM measurement of the cuticle of the orchid bee Euglossa sp.: Elastic properties under dehydrated and hydrated conditions	Garduño-Medina A.	Muñoz-Pineda E.	Vázquez-Delgado M.A.	García-Vázquez V.,	Espinosa-Luna R.,	Flores-Ruiz F.J							Measurement: Journal of the International Measurement Confederation	185 art. No. 110045	3.93	1
80	10.1016/j.optcom.2021.127245	Measurement in-plane deformations in electronic speckle pattern interferometry using phase-shifting modulated by polarization	Gómez-Méndez G.A.,	Martínez-García A.	Serrano-García D.I.	Rayas-Álvarez J.A.,	Pérez A.M.,	Islas-Islas J.M.,	Toto-Árellano N.I.						Optics Communications	498 art.no. 127245	2.31	3
81	10.1007/s10846-021-01470-7	Implementation of a Neural Network for Nonlinearities Estimation in a Tail-Sitter Aircraft	Flores A.,	Flores G.											Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications	103 issue.2 art.no. 22	2.65	1
82	10.1016/j.sab.2021.106280	Detection enhancement at parts per billion level of aluminum in water droplets by a combination of acoustic levitation and nanoparticle enhanced laser induced breakdown spectroscopy	Meneses-Nava M.A.	Pichardo J.	Rodríguez M.	Rosas-Roman I.	Maldonado J.L.								Spectrochimica Acta - Part B Atomic Spectroscopy	vol. 184 art.no. 106280	3.75	1

83	10.1039/d1ce00442e	The design of dihalogenated TPE monoboronate complexes as mechanofluorochromic crystals	García-González M.C., Navarro-Huerta A., Rodríguez-Muñoz F.C., Vera-Alvizar E.G., Vera Ramírez M.A., Rodríguez-Hernández J., Rodríguez M., Rodríguez-Molina B.												CrystEngComm	vol. 23 issue34	3.55	1
84	10.1364/AO.431309	Imaging of bee honey sugar crystals by second-harmonic generation microscopy	Flores-Moreno J.M., De La Torre M.H., Frausto-Reyes C., Casillas R.												Applied Optics	vol 60 art.no. 25	1.98	2
85	10.1016/j.solener.2021.07.049	Solution processable graphene derivative used in a bilayer anode with conductive PEDOT:PSS on the non-fullerene PBDB-T:ITIC based organic solar cells	Fernández-Arteaga Y., Maldonado J.-L., Nicasio-Collazo J., Meneses-Nava M.-A., Rodríguez M., Barbosa-García O., Sierra U., Fernández S., Frontana-Uribe B.A.												Solar Energy	vol.225	4.61	1
86	10.1016/j.mtener.2021.100783	High short-circuit current density in a non-toxic Bi2S3 quantum dot sensitized solar cell	Rosiles-Perez C., Sidhik S., Ixtilico-Cortés L., Robles-Montes F., López-Luke T., Jiménez-González A.E.												Materials Today Energy	vol.21 art.no. 100783	7.31	1
87	10.1016/j.ijleo.2021.167011	Variable mesh optimization applied to fringe pattern demodulation using a Bézier surface	More I., Cuevas F., Jimenez J., Puris A., Sosa F.												Optik	vol. 241 arret.no. 167011	2.44	2
88	10.1364/AO.431304	All-POF coupling ratio-imbalanced Sagnac interferometer as a refractive index sensor	Santiago-Hernández H., Bravo-Medina B., Mora-Nuñez A., Flores J.L., García-Torales G., Pottiez O.												Applied Optics	vol.60 art.no. 24	1.98	2
89	10.3390/ma14164756	Physicochemical and optical characterization of citrus aurantium derived biochar for solar absorber applications	Gonzalez-Canche N.G., Carrillo J.G., Escobar-Morales B., Salgado-Tránsito I., Pacheco N., Pech-Cohuo S.C., Peña-Cruz M.I.												Materials	vol.14 issue.16 art.no.4756	3.20	2
90	10.3390/s21165471	In-line mach-zehnder interferometers based on a capillary hollow-core fiber using vernier effect for a highly sensitive temperature sensor	Marrujo-García S., Hernández-Romano I., May-Arriola D.A., Minkovich V.P., Torres-Cisneros M.												Sensors	vol21 issue.16 art.no.5471	3.00	2
91	10.1039/d1tb00571e	(Nano)tag-antibody conjugates in rapid tests	Mahmoudi T., Pourhassan-Moghaddam M., Shirdel B., Baradaran B., Morales-Narváez E., Golmohammadi H.												Journal of Materials Chemistry B	vol.9 issue.27	6.33	1
92	10.3389/fneur.2021.702039	Longitudinal Evaluation of Cerebellar Signs of H-ABC Tubulinopathy in a Patient and in the taiep Model	Alata M., González-Vega A., Piazza V., Kleinert-Altamirano A., Cortes C., Ahumada-Juárez J.C., Eguibar J.R., López-Juárez A., Hernandez V.H.												Frontiers in Neurology	vol.12 art.no.702039	4.00	2
93	10.1016/j.matt.2021.05.009	Transforming nature into the next generation of bio-based flexible devices: New avenues using deep eutectic systems	Mota-Morales J.D., Morales-Narváez E.												Matter	vol.4 issue.7	15.59	1
94	10.1007/s10762-021-00803-9	Quantitative Assessment of Rock-Coal Powder Mixtures by Terahertz Time Domain Spectroscopy	Deng J., Taleb F., Ornik J., Ding E., Koch M., Castro-Camus E.												Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves	vol.42 issue. 7	1.77	2
95	10.3390/ma14133697	Zno films incorporation study on macroporous silicon structure	Martínez L., García-Salgado G., Morales-Morales F., Campillo B., Hernández A.G., Karthik T.V.K., Jiménez-Vivanco M.R., Campos-álvarez J.												Materials	vol.14 issue.13 art.no.3697	3.20	2
96	10.3390/molecules26133953	Theoretical prediction of structures, vibrational circular dichroism, and infrared spectra of chiral be4b8 cluster at different temperatures	Buelna-García C.E., Robles-Chaparro E., Parra-Arellano T., Quiroz-Castillo J.M., Del-Castillo-Castro T., Martínez-Guajardo G., Castillo-Quevedo C., De-León-flores A., Anzueto-Sánchez G., Martín-Del-campo-solis M.F., Mendoza-Wilson A.M., Vásquez-Espinal A., Cabellos J.L.												Molecules	vol.26 issue.13 art.no. 3953	4.41	1
97	10.3389/fbioe.2021.637203	Toward Smart Diagnostics in a Pandemic Scenario: COVID-19	Hosseinifar d M., Naghdi T., Morales-Narváez E., Golmohammadi H.												Frontiers in Bioengineering and Biotechnology	vol9 art.no9. 637203	5.89	1
98	10.3390/molecules26123758	Imaging and SERS study of the au nanoparticles interaction with HPV and carcinogenic cervical tissues	Ceja-Fdez A., Carriles R., González-Yebra A.L., Vivero-Escoto J., De La Rosa E., López-Luke T.												Molecules	vol.26 issue12 art.no. 3758	4.41	1
99	10.1016/j.optcom.2020.126647	Fringe analysis with a two-step phase shifting method based on local Lissajous ellipse fitting	Ochoa N.A.												Optics Communications	vol.483 art.no. 126647	2.31	3

100	10.3390/nano11020410	Two-step triethylamine-based synthesis of MGO nanoparticles and their antibacterial effect against pathogenic bacteria	Díaz R.M.,	Cardoso-Avila P.E.,	<a href="#">Tavares J.A.P.</a> ,	Patakfalvi R.,	Cruz V.V.,	De Guevara H.P.L.,	Coronado O.G.,	Garibay R.I.A.,	Arroyo Q.E.S.,	Marañón-Ruiz V.F.,	Contreras J.C.	Nanomaterials	vol.11 issue.12 art.no. 410	4.32	1
101	10.1515/nanoph-2021-0255	Parabolic-accelerating vector waves	Zhao B.,	Rodríguez-Fajardo V.,	<a href="#">Hu X.-B.</a> ,	Hernandez-Aranda R.I.,	Perez-Garcia B.,	Rosales-Guzmán C.						Nanophotonics		8.45	1
102	10.1109/JSEN.2021.3108132	Fiber cavities design for a multipoint fiber refractometer	Martinez-Manuel R.,	Esquivel-Hernandez J.										IEEE Sensors Journal		3.30	1
103	10.1109/ACCESS.2021.3105654	A peak demand control algorithm for multiple controllable loads in industrial processes	Martinez-Godoy J.L.,	Martell-Chavez F.,	<a href="#">Sanchez-Chavez I.Y.</a> ,	Castillo-Velasquez F.A.,	Torres-Falcon M.D.C.							IEEE Access		3.37	1
104	10.1080/00051144.2021.1947609	Automobile indexation from 3D point clouds of urban scenariosAutomobile indexation from 3D point clouds of urban scenarios	Alfonso R.-P.,	José-Joel G.-B.,	<a href="#">Raymundo R.-P.</a> ,	Erick-Alejandro G.-B.,	Juan-Bautista H.-R.							Automatika	vol62 issue. 3	1.65	2
105	<a href="https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103334977&amp;partnerID=40&amp;md5=2f61ffc4f4b7bdd6091dc6cdcd2505e8">https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103334977&amp;partnerID=40&amp;md5=2f61ffc4f4b7bdd6091dc6cdcd2505e8</a>	Heterogeneous solar photo-fenton treatment of industrial wastewater via $\delta$ -feooH	Barrera-Salgado K.E.,	Pineda-Arellano C.A.,	<a href="#">Álvarez-Gallegos A.</a> ,	Hernández-Pérez J.,	Silva-Martínez S.							Indian Journal of Chemical Technology	vol.28 issue.1	0.48	3

CAMPAÑA PROMOVIDA POR  
EL COMITÉ DE ÉTICA Y DE PREVENCIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS DEL CIO  
**(CEPCI)**

**PRINCIPIO DEL MES**

**Lealtad**

SEPTIEMBRE



*“Morir es nada cuando por la patria se muere”.*

**José María Morelos y Pavón**

*Con el Código de Ética  
¡Juntos(as) transformamos México!*

**BUSCARÉ CORRESPONDER A LA CONFIANZA QUE EL ESTADO ME HA CONFERIDO, PARA ATENDER A LAS NECESIDADES COLECTIVAS.**



gob.mx/sfp

**PONGAMOS FRENO A LA IMPUNIDAD**

Todas las personas servidoras públicas debemos presentar con veracidad nuestra declaración patrimonial y de intereses, así como la declaración fiscal.

Consulta el artículo 32 de la Ley General de Responsabilidades Administrativas.



**¡Que no se te olvide!  
Si eres persona servidora pública**

Puedes acercarte a tu Comité de Ética para realizar consultas en materia de conflictos de intereses:

1. Preséntala por escrito, en formato físico o electrónico;
2. Señala nombre y correo electrónico para recibir notificaciones;
3. Haz un planteamiento claro y breve,
4. Acompaña tu escrito con evidencias sobre hechos

Los Comités de Ética, deberán mandar tu consulta a la Secretaría de la Función Pública, quien se encargará de atenderla.

Conoce los nuevos Lineamientos  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5608925&fecha=28/12/2020](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5608925&fecha=28/12/2020)




gob.mx/sfp

**PONGAMOS FRENO A LA IMPUNIDAD**

Las personas servidoras públicas debemos administrar los recursos públicos a nuestro cargo observando los principios de austeridad, eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez.

Consulta el artículo 7, fracción VI, de la Ley General de Responsabilidades Administrativas.



# COMITÉ DE ÉTICA

**FUNCIÓN  
PÚBLICA**  
SECRETARÍA DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



**INMUJERES**  
INSTITUTO NACIONAL DE LAS MUJERES

**FUNCIÓN  
PÚBLICA**  
SECRETARÍA DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



**INMUJERES**  
INSTITUTO NACIONAL DE LAS MUJERES

Según los nuevos datos dados a conocer por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y ONU Mujeres, y obtenidos mediante el Rastreador Global de Respuestas de Género a la COVID-19, la mayoría de los países del mundo no están haciendo lo suficiente para proteger a las mujeres y las niñas de las consecuencias económicas y sociales de la crisis de la COVID-19. Sólo uno de cada ocho países ha implementado medidas para protegerlas.



Si reconoces alguna conducta de hostigamiento, acoso sexual o discriminación dentro del CIO.

**¡NO TE CALLES!**

Realiza la denuncia acudiendo al Comité de Ética, con las personas consejeras [alfredo@cio.mx](mailto:alfredo@cio.mx), [laura@cio.mx](mailto:laura@cio.mx), OIC o bien consulta en el

INMUJERES:  
01 (55) 5322-6030

De enero a marzo de este 2021, casi 26,390 personas dejaron su trabajo por motivos de **acoso o discriminación**. De ellas, el 64% es mujer y 36%, hombre, según la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE).



Si reconoces alguna conducta de hostigamiento, acoso sexual o discriminación dentro del CIO.

**¡NO TE CALLES!**

Realiza la denuncia acudiendo al Comité de Ética, con las personas consejeras [alfredo@cio.mx](mailto:alfredo@cio.mx), [laura@cio.mx](mailto:laura@cio.mx), OIC o bien consulta en el

INMUJERES:  
01 (55) 5322-6030

