



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

5.9. CASOS DE ÉXITO

Proyecto: Proyecto del Fondo Sectorial CONACYT-SEGOB-CNS para la Seguridad Pública, Convocatoria 2016-3, con número 277978 denominado "Monitor de imágenes en internet".

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Área de Sistemas Computacionales del CIT.

Empresa: Dirección General Científica de la Guardia Nacional.

Monto: \$5'312,317.48

Línea de Investigación que atiende: Sistemas biométricos basados en aprendizaje profundo.

Zona de Influencia: A nivel nacional; en casos de diversas áreas de investigación que atiende la Dirección General Científica de la Guardia Nacional.

Objetivo: Diseñar e implementar un sistema computacional que, con base en información de redes sociales en internet, coadyuve a la Dirección General Científica de la Guardia Nacional en el proceso de identificación y reconocimiento facial de individuos.

Descripción: El proyecto consistió en el desarrollo de un sistema informático de apoyo, para la Dirección General Científica (DGC) de la Guardia Nacional (GN), en investigaciones que requieren identificar individuos a partir de elementos visibles en imágenes digitales. Su objetivo general es realizar la comparación 1:N de imágenes con rostros y ofrecer un valor de similitud, con relación en los elementos contenidos en ellas, que coadyuve a un analista/investigador en la toma de decisiones.

El sistema desarrollado tiene un nivel de madurez TRL8, fue diseñado, implementado e implantado por el INAOE, como sujeto de apoyo. Este sistema se encuentra en operación en las instalaciones de la GN bajo una arquitectura cliente-servidor, alojado en una infraestructura proporcionada por el proyecto.

A través de este sistema los analistas/investigadores de la DGC pueden realizar búsquedas y recolección de información, específicamente de imágenes de rostros, en internet, y después compararlas con rostros de interés; de manera que ayuden en la resolución de diversos casos relacionados con delitos electrónicos contra menores, trata de personas y casos del área de criminalística.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

El proyecto se concluyó y logró cumplir con los objetivos, metas y entregables establecidos en el convenio de asignación de recursos. Como resultado de este proyecto se obtuvo el fortalecimiento de infraestructura tecnológica del INAOE y de la DGC. Desde mayo de 2019, el sistema ha estado en operación en la DGC y se ha utilizado en algunos casos que involucran la comparación de rostros.

Asimismo, como parte del proyecto se realizó la transferencia de tecnología y de conocimiento. A la DGC se le transfirió la tecnología y el conocimiento que conforma el núcleo del sistema, lo cual contribuye al fortalecimiento del grupo de desarrollo tecnológico de la Guardia Nacional. Este proyecto generó un valor compartido, debido a que permitió al INAOE aportar su experiencia en el desarrollo tecnológico para la generación de un habilitador tecnológico especializado, el cual coadyuva en las actividades de investigación de la DGC en beneficio de la sociedad.

Material gráfico:

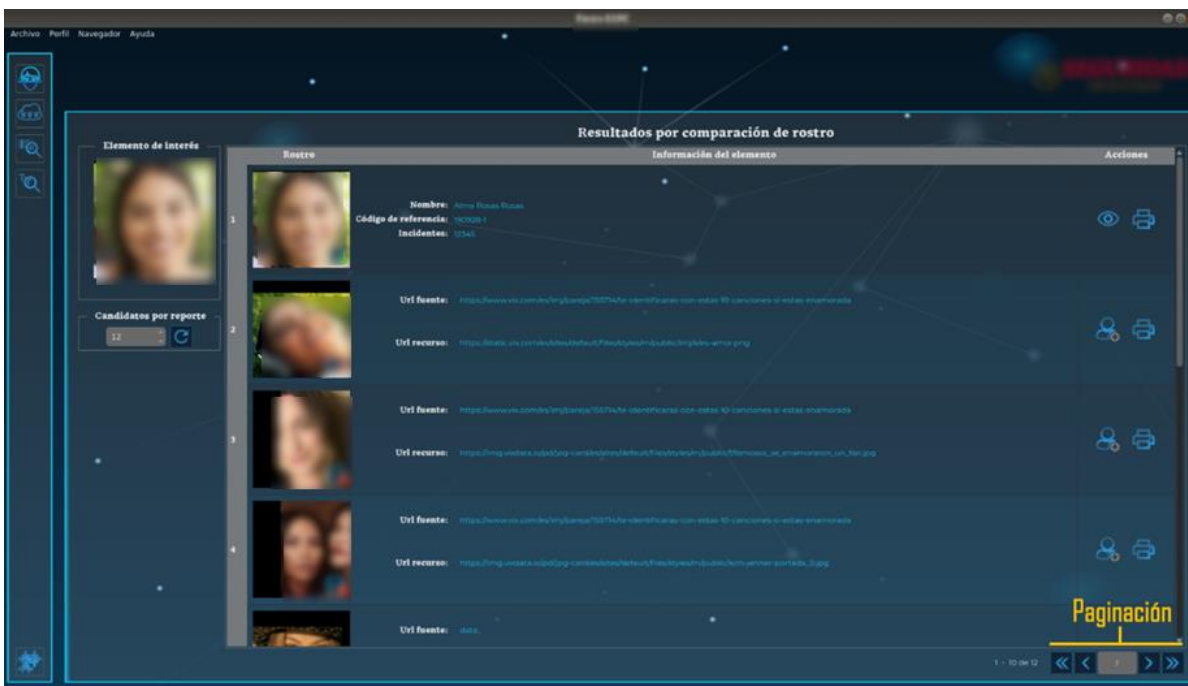


Figura 1. Interfaz gráfica de usuario del módulo de comparación de rostros 1:N



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Figura 2. Interfaz para el enrolamiento de sujetos de interés

Figura 3. Reporte del sistema como una ficha de datos



**GOBIERNO DE
MÉXICO**



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

5.9. CASOS DE ÉXITO

Proyecto: CENSOS PANORÁMICOS PROFUNDOS DEL CIELO A 1.1/1.4/2.1MM CON LA NUEVA CÁMARA POLARIMÉTRICA TOLTEC

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Coordinación de Astrofísica

Empresa: N/A

Monto: 3,150,000 CONACYT Fronteras de la Ciencia

Línea de Investigación que atiende: Formación y evolución de galaxias

Zona de Influencia: Nacional e Internacional

Objetivo: Diseñar cartografía milimétrica multicolor que nos permita entender los mecanismos que generan la función inicial de masas a escala galáctica, cuánta formación estelar se encuentra oscurecida por nubes de gas y polvo en galaxias y cómo éstas se fueron enriqueciendo de metales a lo largo de la historia del Universo, además del rol de la estructura a gran escala del Universo en estos mecanismos.

Descripción:

TolTEC es una cámara de imagen de nueva generación para el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano ensamblada en la Universidad de Massachusetts, fruto de una colaboración en la que participan 7 instituciones de EUA, México y Gran Bretaña, incluyendo el INAOE. La National Science Foundation aprobó la propuesta de construcción y operación de TolTEC en 2016, empezando formalmente la fase de diseño preliminar en julio de 2016. Se planea llevar la cámara a pruebas de ingeniería en telescopio y campaña científica en 2021, tan pronto la emergencia sanitaria de COVID-19 lo permita. Se empezará la toma de datos científicos de gran calado inmediatamente después. La financiación estadounidense de 6M-dólar cubre la construcción de la cámara (2016-2021) y la operación del equipo estadounidense





INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

para definir, planear, observar y realizar la explotación científica de 4 censos de legado en 2019-2021: (1) extragaláctico panorámico; (2) extragaláctico ultra-profundo; (3) galáctico panorámico ("nubes a núcleos"); y (4) galáctico ultra-profundo ("campos a filamentos"). Estos censos tomarán unas 100 horas de observación cada uno, repartidas en dos años.

Debido a los retrasos impuestos por el cierre del gobierno estadounidense y la pandemia, la cámara se instaló en el telescopio a finales de 2021. En 2022 se están realizando ajustes al sistema de refrigerado y se espera realizar pruebas de ingeniería y comisionado tan pronto se alcancen temperaturas nominales en los detectores.

Itziar Aretxaga, directora científica del grupo internacional de TolTEC, que abarca más de 300 investigadores repartidos por todo el mundo, encabeza la propuesta FDC-2016-1848 para articular al equipo mexicano y sus contribuciones dentro del equipo científico y grupos de trabajo en la definición de los censos.

La planeación detallada de los censos (áreas, extensión, profundidad, estrategia de barrido, proceso de extracción de señal, datoductos de reducción y análisis) debían definirse y probarse en detalle para garantizar llegar a la sensibilidad que nos permita responder las preguntas científicas de frontera que nos hemos planteado. Este es el objetivo principal de esta propuesta CONACYT Fronteras de la Ciencia.

El diseño de los censos se finalizó en febrero de 2019, cuando el Science Governing Board de TolTEC aprobó los planes elaborados por los 4 grupos de trabajo asociados a los cuatro censos. Los datoductos se encuentran en desarrollo avanzado. Los proyectos de afinación de ingeniería que realicen pruebas sobre la viabilidad de los proyectos de legado diseñados, también están revisados y aprobados listos para ejecutarse en telescopio.

El logro más importante en ese sentido es la adquisición del equipo de cómputo para integrar el corazón del cluster de reducción de datos de TolTEC, Mexthli. Se adquirió, instaló y configuró un sistema consistente de 4 nodos de procesamiento con capacidad de 10.3TFlops, 1TB en memoria RAM (256 GB por nodo), almacenamiento volátil de 5.6Tb. Adicionalmente se instaló un sistema de almacenamiento de alta capacidad con un espacio crudo de 240TB configurado en modo RAID 60. Se ha enlazado al laboratorio de supercómputo del INAOE para aprovechar su equipo de refrigerado y servidores que nos permiten enlazarnos a otros equipos por internet 2. Este equipo se utiliza para desarrollar y probar los sistemas de reducción y análisis de las primeras horas de los censos públicos de TolTEC, y deberá ser expandido para poder acometer el análisis de los censos en extenso. El



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

equipo da servicio a los equipos de TolTEC en diferentes objetivos científicos, y un grupo externo de TolTEC de investigadores y estudiantes también están ejecutando sus simulaciones en los tiempos no empleados por TolTEC.

Se contrató a un postdoc, Dr. Javier Zaragoza, como integrante del equipo de desarrollo de software de reducción de datos Citlali y del equipo científico extragaláctico para TolTEC. Posteriormente, el Dr. Zaragoza ganó una cátedra Conacyt para desarrollar ésta y otra ciencia propia, y el equipo mexicano de apoyo para la optimización de Mextli se ha integrado a estudiantes de licenciatura y de maestría en vez de contratar otro postdoc por un tiempo corto. El equipo de software trabajó en Citlali, el código de uso general de TolTEC que trabaja sobre técnicas de Principal Component Analysis, y en el desarrollo experimental AZTICA (Rodríguez-Montoya et al. 2018), que trabaja sobre Independent Component Analysis, y en su aplicación sobre imágenes extendidas de galaxias. El resultado más sobresaliente es que el código AZTICA puede aislar el fondo de confusión de galaxias en campos blancos. Además, se están probando en la actualidad otros códigos basados en redes neuronales con una estudiante de licenciatura que ha comenzado su maestría en Ciencias Computacionales. Un artículo sobre este tema ya está aceptado para su publicación.

Con apoyo directo de este proyecto se han desarrollado como ciencia TolTEC 3 tesis de maestría del INAOE, 1 de licenciatura UDLA, y se encuentran en desarrollo 3 tesis de doctorado INAOE, una de maestría INAOE y una de licenciatura BUAP. Además, se han formado en el proyecto otros 4 estudiantes de licenciatura más, que han realizado optimización de Mextli y pruebas de datoductos que utilizan aprendizaje máquina. Durante el periodo del proyecto se han completado, además dos tesis de doctorado adicionales, con incidencia en la ciencia de TolTEC, aunque no completamente enfocadas en ella.

Se han realizado estudios de viabilidad con datos adquiridos por el telescopio GTM y otros telescopios similares sobre galaxias submilimétricas y su seguimiento, como proyectos piloto de TolTEC, así como directamente de TolTEC sobre sus censos programados o su datoducto en las siguientes publicaciones:

Arbitradas de investigación

1. Rocha-Solache, A., Rodríguez-Montoya, I., Sánchez-Argüelles, D., Aretxaga I., ApJS, 2022, in press (arXiv2201.06672). Time-domain deep learning filtering of structured atmospheric noise for ground-based millimeter astronomy.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

2. Montaña, A., Zavala, J. A., Aretxaga, I., Hughes, D. H., Ivison, R. J., Pope, A., Sánchez-Argüelles, D., Wilson, G. W., Yun, M., Cantua, O. A., McCrackan, M., Michałowski, M. J., Valiante, E., Arumugam, V., Casey, C. M., Chávez, R., Colín-Beltrán, E., Dannerbauer, H., Dunlop, J. S., Dunne, L., Eales, S., Ferrusca, D., Gómez-Rivera, V., Gómez-Ruiz, A. I., de la Luz, V. H., Maddox, S. J., Narayanan, G., Omont, A., Rodríguez-Montoya, I., Serjeant, S., Schloerb, F. P., Velázquez, M., Ventura-González, S., van der Werf, P., & Zeballos, M., 2021, MNRAS, Volume 505, Issue 4, pp.5260-5282. Early Science with the Large Millimeter Telescope: a 1.1 mm AzTEC Survey of Red-Herschel dusty starforming galaxies.
3. Zaragoza-Cardiel, Javier; Fritz, Jacopo; Aretxaga, Itziar; Mayya, Yalia D.; Rosa-González, Daniel; Beckman, John E.; Bruzual, Gustavo; Charlot, Stephane, 2020, MNRAS, 499, 1172: A quantitative demonstration that stellar feedback locally regulates galaxy growth.
4. Rodríguez-Puebla, A.; Avila-Reese, V.; Cano-Díaz, M., Faber, S. M., Primack, J. R., Franco, J., Aretxaga, I., Santiago-Mayoral, E., 2020, ApJ, 905, 171: The starforming main sequence and the contribution of dust-obscured star formation since $z=4$ from the FUV+IR luminosity functions.
5. Greenslade, J.; Aguilar, E.; Clements, D. L.; Dannerbauer, H.; Cheng, T.; Petitpas, G.; Yang, C.; Messias, H.; et al., 2019, MNRAS, 490, 5317: A SCUBA-2 selected Herschel-SPIRE dropout and the nature of this population.
6. Zaragoza-Cardiel, Javier; Fritz, Jacopo; Aretxaga, Itziar; Mayya, Divakara; Rosa-González, Daniel; Beckman, John E.; Bruzual, Gustavo; Charlot, Stephane; Lomelí-Núñez, Luis, 2019, MNRAS, 487, 61: Detection of the selfregulation of star formation in galaxy discs.
7. Hansung B. Gim, Min S. Yun, Frazer N. Owen, Emmanuel Momjian, Neal A. Miller, Mauro Giavalisco, Grant Wilson, James D. Lowenthal, Itziar Aretxaga et al., 2019, ApJ, 875, 80: Nature of Faint Radio Sources in GOODS-North and GOODS-South Fields – I. Spectral Index and Radio-FIR Correlation.
8. Hatsukade, Bunyo; Kohno, Kotaro; Yamaguchi, Yuki; Umehata, Hideki; Ao, Yiping; Aretxaga, Itziar; Caputi, Karina I.; Dunlop, James S. et al. 2018, PASJ, 70, 105: ALMA twenty-six arcmin² survey of GOODS-S at one millimeter (ASAGAO): Source catalog and number counts.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

9. Takekoshi, Tatsuya; Minamidani, Tetsuhiro; Komugi, Shinya; Kohno, Kotaro; Tosaki, Tomoka; Sorai, Kazuo; Muller, Erik; Mizuno, Norikazu; et al. 2018, ApJ, 867, 117:

The Dust-selected Molecular Clouds in the Northeast Region of the Small Magellanic Cloud.

10. Zeballos M., Aretxaga I., Hughes D.H., Humphrey A., Wilson G.W., Austermann J. et al., 2018, MNRAS, 479, 4577: AzTEC 1.1 mm observations of high-z protocluster environments: SMG overdensities and misalignment between AGN jets and SMG distribution.

11. Jin, S., Daddi, E., Liu, D., Smolcic, V., Schinnerer, E., Calabro, A., Gu, Q. et al., 2018, ApJ 864, 56: "Super-deblended" Dust Emission in Galaxies. II. Far-IR to (Sub)millimeter Photometry and High-redshift Galaxy Candidates in the Full COSMOS Field"

12. Zavala, J. A., Aretxaga, I., Dunlop, J. S., Michalowski, M. J., Hughes, D. H., Bourne, N., et al., 2018, MNRAS 475, 5585: The SCUBA-2 Cosmology Legacy Survey: The EGS deep field – II. Morphological transformation and multiwavelength properties of faint submillimetre galaxies.

13. Gobat, R., Daddi, E., Magdis, G., Bournaud, F., Sargent, M., Martig, M. et al. 2018, Nature Astronomy, 2, 239: The unexpectedly large dust and gas content of quiescent galaxies at $z > 1.4$

14. Rodríguez-Montoya, I., Sánchez-Arguelles, D., Aretxaga, I., Bertone, E., Chávez-Dagostino, M., Hughes, D. H., et al. 2018, ApJS, 235, 12: Multiplecomponent Decomposition from Millimeter Single-channel Data.

15. Zavala, J. A., Montaña, A., Hughes, D. H., Yun, M. S., Ivison, R. J., Valiante, E. et al., 2018, Nature Astronomy, 2, 56: A dusty star-forming galaxy at $z = 6$ revealed by strong gravitational lensing.

16. Ueda, Y., Hatsukade, B., Kohno, K., Yamaguchi, Y., Tamura, Y., Umehata, H., et al., 2018, ApJ, 853, 24: ALMA 26 arcmin² Survey of GOODS-S at Onemillimeter (ASAGAO): X-Ray AGN Properties of Millimeter-selected Galaxies.

17. Jiménez-Andrade, E. F.; Zavala, J. A.; Magnelli, B.; Casey, C. M.; Liu, D.; Romano-Díaz, E.; Schinnerer, E.; Harrington, K.; Aretxaga, I.; Karim, A.; Staguhn, J.; Burnham, A. D.; et al. 2020, ApJ, 890, 171: The redshift and star formation mode of AzTEC2: a pair of massive galaxies at $z=4.63$.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

18. Tadaki, Ken-ichi; Iono, Daisuke; Yun, Min S.; Aretxaga, Itziar; Hatsukade, Bunyo; Lee, Minju M.; Michiyama, Tomonari; Nakanishi, Kouichiro; Saito, Toshiki; Ueda, Junko; Umehata, Hideki; 2020, ApJ, 889, 141: A non-rotating gas component in an extreme starburst at $z=4.3$.

19. Lee, Minju M.; Tanaka, Ichi; Kawabe, Ryohei; Aretxaga, Itziar; Hatsukade, Bunyo; Izumi, Takuma; Kajisawa, Masaru; Kodama, Tadayuki; et al., 2019, ApJ, 883,92: A Radio-to-millimeter Census of Star-forming Galaxies in Protocluster 4C 23.56 at $z = 2.5$: Global and Local Gas Kinematics.

20. Sharda, Piyush; da Cunha, Elisabete; Federrath, Christoph; Wisnioski, Emily; di Teodoro, Enrico; Tadaki, Ken-ichi; Yun, Min; Aretxaga, Itziar; Kawabe, Ryohei, 2019, MNRAS, 487,4305: Testing Star Formation Laws on Spatially Resolved Regions in a $z \sim 4.3$ Starburst Galaxy.

21. Tadaki, K., Iono, D., Yun, M. S., Aretxaga, I., Hatsukade, B., Hughes, D. H. et al., 2018, Nature, 560, 613: The gravitationally unstable gas disk of a starburst galaxy 12 billion years ago.

22. Sayers, Jack; Montaña, Alfredo; Mroczkowski, Tony et al. 2019, ApJ, 880, 45: Imaging the Thermal and Kinematic Sunyaev-Zel'dovich Effect Signals in a Sample of 10 Massive Galaxy Clusters: Constraints on Internal Velocity Structures and Bulk Velocities.

No arbitradas de investigación

23. Wilson, Grant W.; Abi-Saad, Sophia; Ade, Peter; Aretxaga, Itziar; et al. 2020, SPIE, Volume 11453, id. 1145302 20 pp: The TolTEC camera: an overview of the instrument and in-lab testing results.

24. Hughes, David H.; Schloerb, F. Peter; Aretxaga, Itziar; Castillo-Domínguez, Edgar; Chávez Dagostino, Miguel et al. Proceedings of the SPIE, Volume 11445, id. 1144522 22 pp. (2020): The Large Millimeter Telescope (LMT) Alfonso Serrano: current status and telescope performance.

25. Ma, Zhiyuan; McCrackan, Michael; DeNigris, N. S.; Souccar, Kamal; et al. 2020, SPIE, 11452E.. 20M: The TolTEC data analysis pipeline and software stack.

26. Montaña, A.; Chávez Dagostino, M.; Aretxaga, I.; Novak, G.; Pope, A.; Wilson, G.; TolTEC Team, Memorie della Societa Astronomica Italiana, v.90, p.632 (2019): TolTEC: unveiling the hidden universe.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

27. Bryan, Sean; Austermann, Jason; Ferrusca, Daniel; Mauskopf, Philip; McMahon, Jeff; Montaña, Alfredo; Simon, Sara; Novak, Giles; SánchezArgüelles, David; Wilson, Grant, 2018, SPIE, Volume 10708, id. 107080J 8 pp: Optical design of the TolTEC millimeter-wave camera.

Divulgación:

28. Aretxaga I., 2020, Blog Noche de las Estrellas: El campo profundo del Hubble.

29. Hilo Twitter: 2020/2/10 ¿qué provoca la extrema virulencia de formación estelar de AzTEC1? (on arXiv:2001.04638 by Tadaki et al, ApJ).

30. Hilo Twitter: 2020/1/28 ¿Qué es AzTEC2, el astro brillante en ondas milimétricas pero invisible en el óptico, sin distancia conocida desde su descubrimiento hace 15 años? (on arXiv:2001.06997 by Jiménez-Andrade et al., 2020, ApJ).

31. Hilo Twitter 2019/12/25 ¿cómo (no) reconocemos las galaxias más masivas y distantes del Universo (on arXiv.1910.03512 by Greenslade et al. 2019, MNRAS).

32. Hilo Twitter 2019/10/1 ¿cómo se forman los protocúmulos de galaxias" (on arXiv.1909.02028 by Lee et al. 2019, ApJ).

33. Hilo Twitter 2019/6/26 ¿Pueden las estrellas regular la formación de generaciones futuras de estrellas? (on arXiv.1906.01641 by Zaragoza-Cardiel et al. 2019, MNRAS).

34. Hilo Twitter 2019/6/12 Ley de formación estelar en AzTEC1 (on arXiv.1906.01173 by Sharda et al. 2019, ApJ).

35. Hilo Twitter 2019/3/21 Emisión radio de galaxias con formación estelar a grandes distancias (on arXiv.1903.07632 by Gim et al. 2019, ApJ).

36. Hilo Twitter 2018/11. Protocúmulos de galaxias submilimétricas (on arXiv1806.10291 by Zeballos et al. 2018, MNRAS).

Así mismo, los integrantes del equipo de trabajo (27 doctores en distintos estados de su carrera y 5 estudiantes de posgrado directamente asociados) han impartido un número grande de conferencias en simposios y otros centros de investigación para promocionar la ciencia de TolTEC.

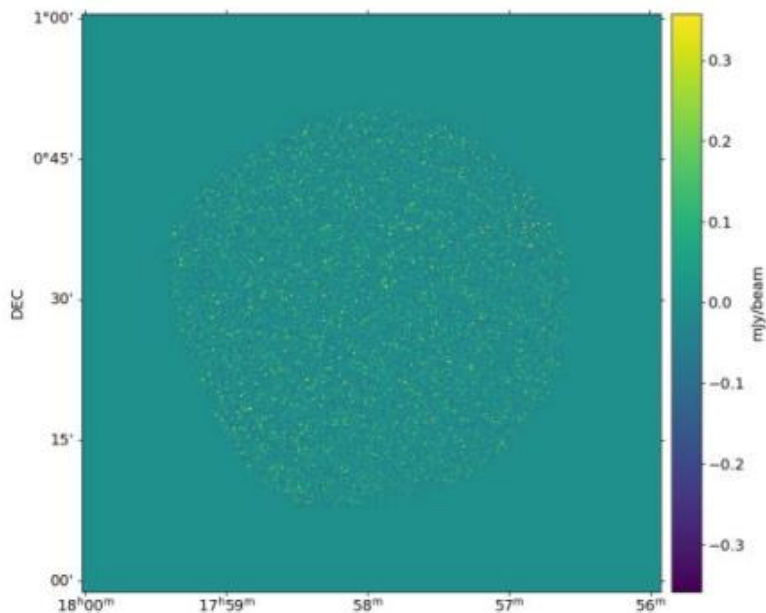


INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Clúster de procesamiento de datos para TolTEC.



Pruebas del código de reducción de datos en Mextli, simulación de 4 horas de observación con TolTEC sobre medio grado cuadrado del cielo extragaláctico (tesis de maestría de Daniela Espitia, INAOE, en proceso)





INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA



Ensamblado del criostato y el frigorífico de dilución en el laboratorio de GTM (a 4600m)



Banco óptico con los detectores y filtros montados en el criostato, laboratorio de GTM (4600m)

PRIMERA SESIÓN ORDINARIA DE ÓRGANO DE GOBIERNO INAOE 2022

Calle Luis Enrique Erro No. 1, Santa María Tonantzintla, Puebla-México C.P. 72840
Conmutador 222 266 31 00, direccion_general@inaoep.mx





INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA



Ensamblado del AUXPC en laboratorio de GTM (4600m)

PRIMERA SESIÓN ORDINARIA DE ÓRGANO DE GOBIERNO INAOE 2022

Calle Luis Enrique Erro No. 1, Santa María Tonantzintla, Puebla-México C.P. 72840
Conmutador 222 266 31 00, direccion_general@inaoep.mx

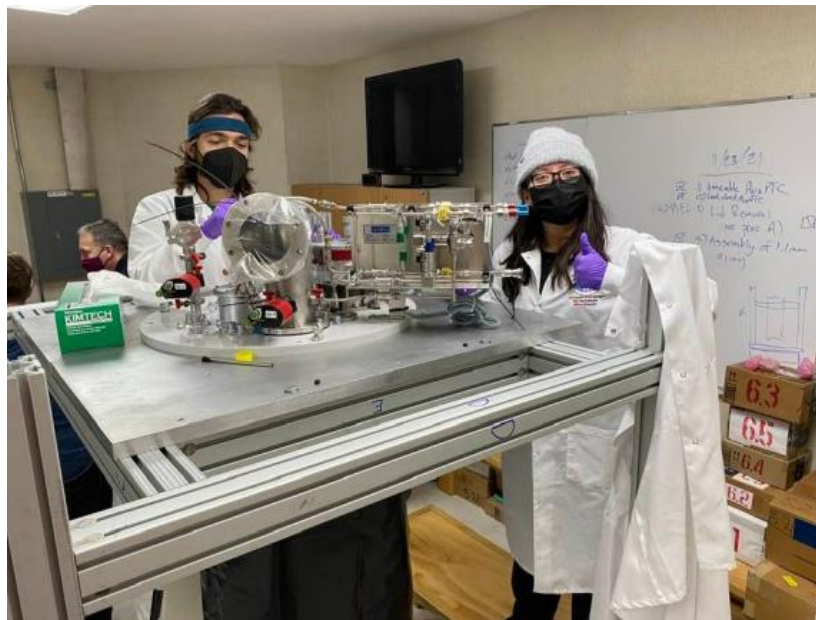




GOBIERNO DE MÉXICO



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA



PRIMERA SESIÓN ORDINARIA DE ÓRGANO DE GOBIERNO INAOE 2022

Calle Luis Enrique Erro No. 1, Santa María Tonantzintla, Puebla-México C.P. 72840

Conmutador 222 266 31 00, direccion_general@inaoep.mx

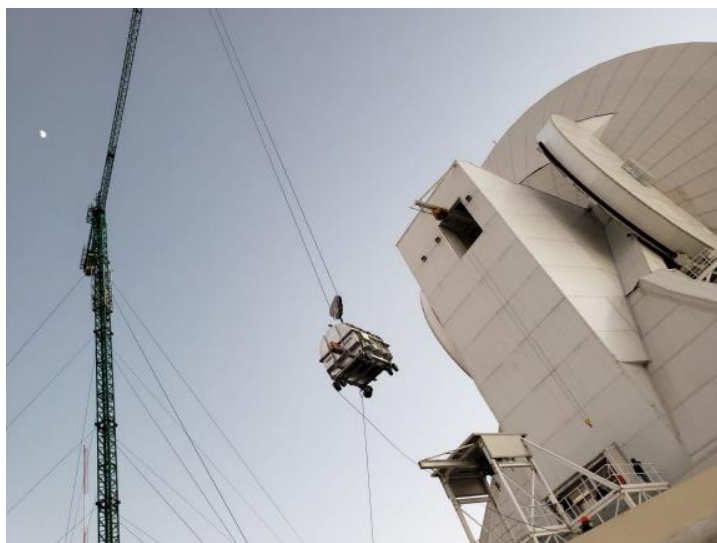




INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA



Izada del criostato a la sala de receptores



PRIMERA SESIÓN ORDINARIA DE ÓRGANO DE GOBIERNO INAOE 2022

Calle Luis Enrique Erro No. 1, Santa María Tonantzintla, Puebla-México C.P. 72840
Conmutador 222 266 31 00, direccion_general@inaoep.mx

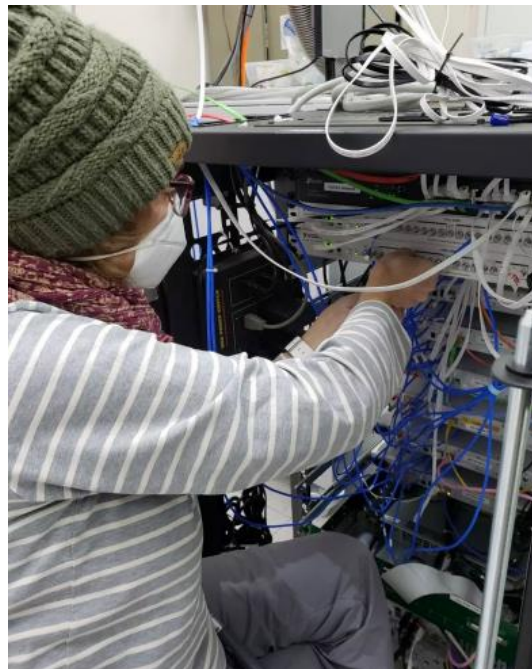




INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA



Pruebas de la electrónica de lectura en sala de receptores



PRIMERA SESIÓN ORDINARIA DE ÓRGANO DE GOBIERNO INAOE 2022

Calle Luis Enrique Erro No. 1, Santa María Tonantzintla, Puebla-México C.P. 72840
Conmutador 222 266 31 00, direccion_general@inaoep.mx



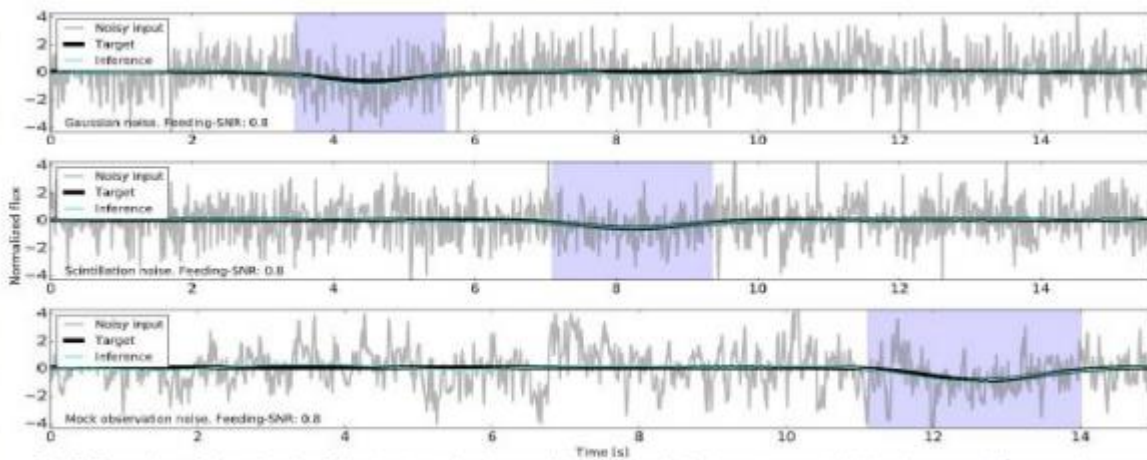


INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

TolTEC conectado para comenzar en su proceso de enfriamiento



Tests de redes neuronales para limpieza de atmósfera (Rocha-Solache et al., 2022, en prensa, arXiv:2201.06672)



PRIMERA SESIÓN ORDINARIA DE ÓRGANO DE GOBIERNO INAOE 2022

Calle Luis Enrique Erro No. 1, Santa María Tonantzintla, Puebla-México C.P. 72840
Conmutador 222 266 31 00, direccion_general@inaoep.mx





INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

5.9. CASOS DE ÉXITO

Proyecto: Biosensor Plasmónico para la detección del virus SARS CoV 2

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Laboratorio de Biofotónica de la Coordinación de Óptica

Empresa: Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Monto: \$2,450,394.00 (Dos millones cuatrocientos cincuenta mil trescientos noventa y cuatro mil pesos 00/100 M/N)

Línea de Investigación que atiende: Biofotónica

Zona de Influencia:

Objetivo:

Fabricación de un prototipo de un biosensor plasmónico para la detección con alta especificidad del virus SARS CoV-2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fabricación y caracterización de elemento transductor del sensor que consiste en nanopartículas bi-dimensionales de oro (nanoslas AuNI).
- Optimización de las características de AuNI para sintonizar el máximo de absorción con longitud de onda de fuente de luz para inducir el efecto PPT
- Funcionalización de la superficie del transductor con oligonucleótidos complementarios a las secuencias de ARN específicas del SARS-CoV-2.
- Montaje de interferómetro espectral de paso común (CPSI) que se utilizara para detección óptica de cambios producidos en la superficie del transductor por el analito.
- Desarrollo del sistema de adquisición y procesamiento de señal en la salida de interferómetro. Calibración de interferómetro utilizando la solución salina como referencia.
- Pruebas con detección de diferentes oligonucleótidos específicos de SARS-CoV-2 y SARS-CoV para mostrar la capacidad de discriminación. Determinación de límites de detección y el tiempo óptimo de realización de la prueba.
- Fabricación de prototipo de laboratorio



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Descripción:

Para poder controlar la pandemia lo antes posible se necesitan urgentemente pruebas rápidas y confiables para la detección del nuevo coronavirus. Hasta el momento, no hay otra prueba que complemente al RT-PCR para detectar virus en infecciones respiratorias. Este método está bien establecido y puede detectar virus incluso en cantidades tan bajas como 1 pM, sin embargo, el tiempo de ejecución de la prueba es largo, el método es costoso y propenso a errores. No existe otro método igual o más confiable que complemente el diagnóstico.

En este proyecto proponemos desarrollar y fabricar el prototipo de un biosensor óptico basado en el efecto de LSPR (Localized Surface Plasmon Resonance) y PPT (Plasmonic PhotoThermal effect) con siguientes características generales:

- a) Alta especificidad, en particular el sensor es potencialmente capaz de distinguir entre variedades de coronavirus, por ejemplo, entre SARS-CoV y SARS-CoV2.
- b) Bajo límite de detección 0.22pM en condiciones de laboratorio.
- c) Corto tiempo de detección (10-20 minutos).

El sensor no reemplazará las pruebas de laboratorio establecidas, pero podría usarse como un método alternativo para el diagnóstico clínico rápido. Siendo un método altamente específico y sensible puede usarse potencialmente en dos aplicaciones, ambas muy importantes desde punto de vista del impacto social. La primera, en una modificación simplificada, el método puede adaptarse para crear un sensor a base de dispositivos inteligentes para el uso individual, lo cual podría ser de gran importancia en comunidades remotas y/o sin acceso a infraestructura médica avanzada. Y segunda, aún más importante, el sensor en la modificación extremadamente sensible puede utilizarse para detectar la presencia de virus en el aire en tiempo real, por ejemplo, en lugares concurridos como estaciones de metro, centros comerciales, hospitales, escuelas, etc. Esto permitirá responder de manera rápida y eficaz a los brotes locales para aislar y combatirlos, sin necesidad de paralizar la actividad económica y social a nivel estatal y/o nacional.

INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Material gráfico:

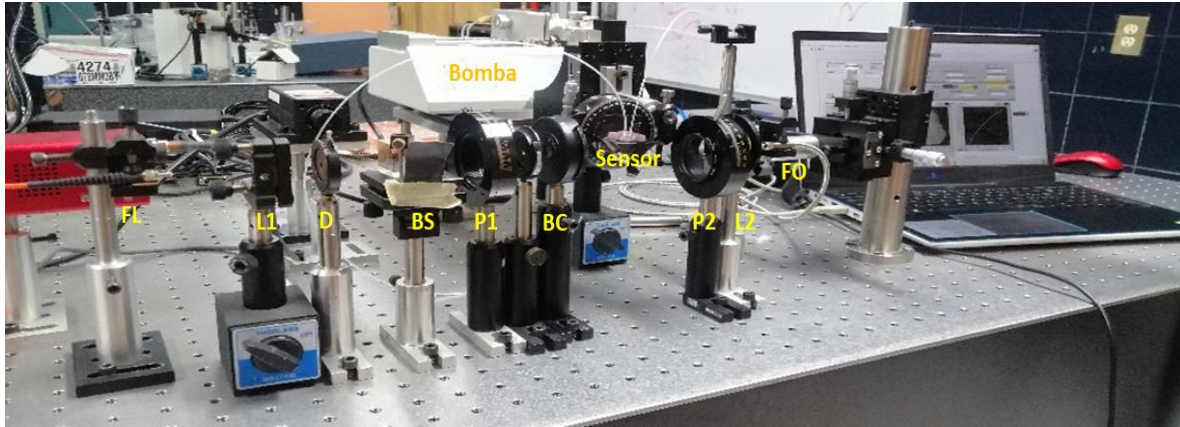


Fig. 1. Arreglo experimental de interferómetro de trayectoria común y el biosensor en sí

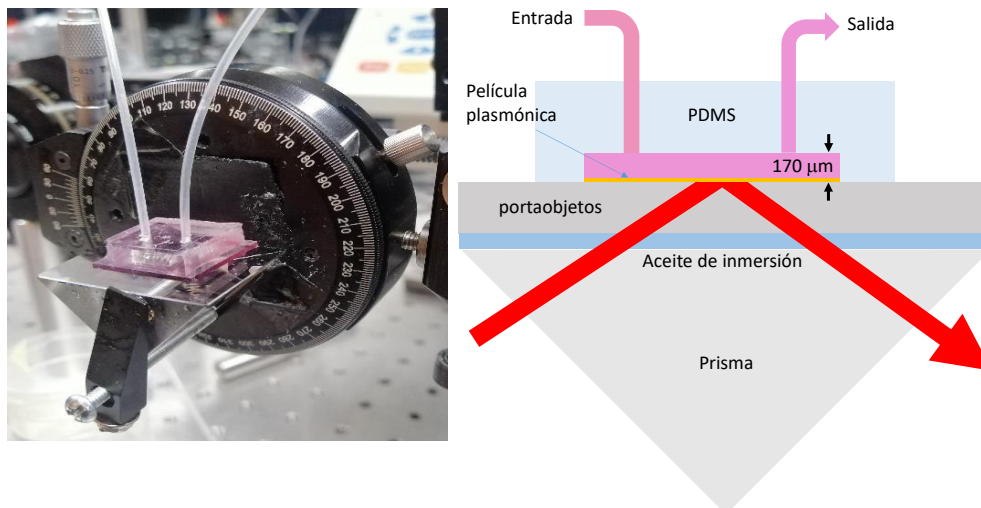


Fig 2. Acercamiento al biosensor. La excitación de plasmones se realiza usando la configuración de Kretschmann. La imagen de la derecha es un diagrama esquemático del biosensor

INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

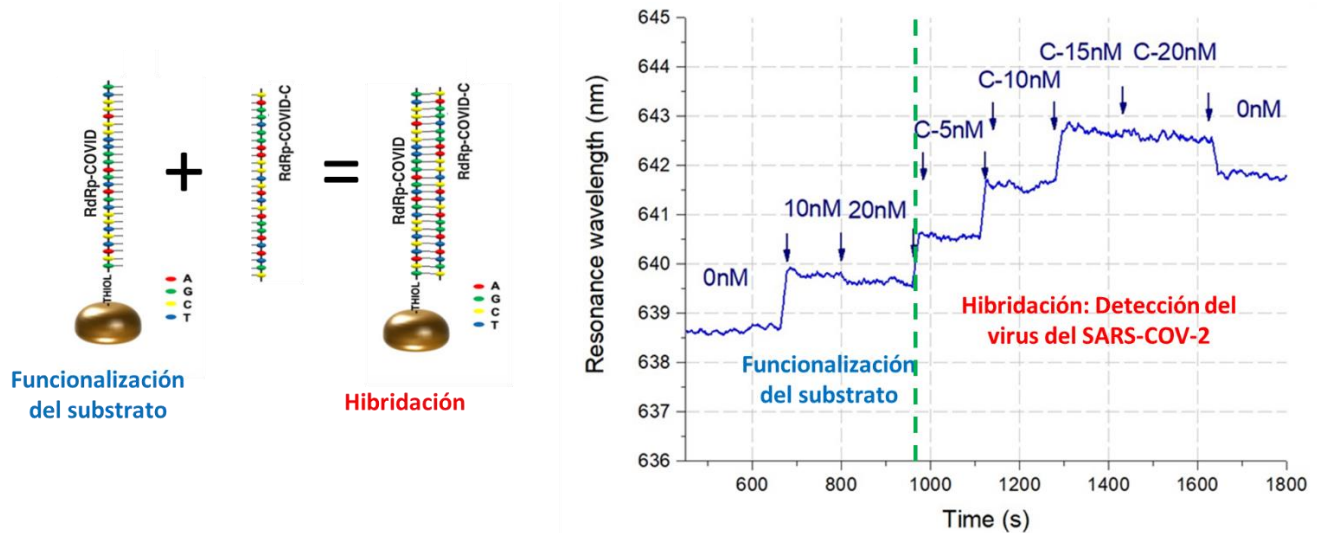


Fig 3. El oligonucleótido RdRp del Covid es funcionalizado al oro mediante el grupo tiol. Una vez que la superficie del oro ha sido cubierta se inyecta el oligonucleótido RdRp complementario, el cual se hibridiza con el oligonucleótido fijo al oro. La funcionalización e hibridación pueden ser detectados por el biosensor como se indica en la figura.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

5.9. CASOS DE ÉXITO

Proyecto: SENSORES DE PERMITIVIDAD DIELECTRICA (DPS) CONECTADOS A REDES IOT

Desarrollado en la Unidad o Subsede: INAOE- Coordinación de electrónica

Empresa: N/A

Monto: N/A

Línea de Investigación que atiende: Comunicaciones

Zona de Influencia: pasteurización y calidad de alimentos, salud, materiales de la construcción, materiales para circuitos electrónicos, calidad de agua, educación.

Objetivo: Desarrollo de ciencia y tecnología, así como la formación de recursos humanos en el campo de sensores de permitividad dieléctrica conectados a redes IoT.

Descripción: La descripción de este proyecto se presenta en 5 partes

Parte 1. Introducción a sensores de permitividad dieléctrica conectados

Las redes de sensores son una tendencia tecnológica que cada día cuenta con más aplicaciones, las características de sus nodos, los protocolos que utilizan y la versatilidad de sus configuraciones, las hacen una opción importante dentro del mundo tecnológico. Ha sido estimado que para el año 2025 más de 75 billones de dispositivos estarán conectados a internet. Además, se pronostica que para el año 2030 existirán 31 dispositivos por persona.

Hoy en día ha surgido gran interés en aprovechar redes masivas de dispositivos conectado entre sí para hacer realidad el concepto del Internet de la Cosas (IoT por sus siglas en ingles) el cual fue propuesto alrededor de los años 90 y hace referencia a una interconexión digital de objetos cotidianos a internet con el fin de poder conocer información de los objetos sin la necesidad de tener un contacto directo con ellos.

El IoT tiene la posibilidad de causar un gran impacto en nuestras vidas ya que existen múltiples ámbitos en lo que puede desenvolverse, tales como la salud, el transporte, la agricultura, la industria, el hogar, la educación, el pronóstico del clima, etc.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Los sensores de permitividad dieléctrica son un tipo de sensores que relacionan la permitividad en frecuencias de microondas con variables físicas. Alrededor del mundo se han propuesto muchos sensores de permitividad dieléctrica para aplicaciones como: la detección no invasiva de glucosa, monitoreo de la calidad de leche, medición de humedad, caracterización de líquidos, cromatografía, calidad de la carne, adulteración de alimentos, medición de la temperatura, medición del pH, detección de gases, detección de ulcera en pie diabético, detección de cáncer de mama, detección de luz ultravioleta, medición de concentración de sal y azúcar en agua, caracterización de electrolitos en orina, evaluación de humedad en tejidos, reacciones químicas en gases etc. De los trabajos antes mencionados hasta ahora todos los sensores trabajan con un analizador de redes vectorial comercial y solamente el sensor desarrollado por Jilani et al. [Jilani, M. T., Rehman, M. Z. U., Khan, A. M., Chughtai, O., Abbas, M. A., & Khan, M. T. (2019). An implementation of IoT-based microwave sensing system for the evaluation of tissues moisture. *Microelectronics Journal*, 88, 117-127.] ha sido conectado a una red a través de VNA conectado mediante un protocolo de comunicación Bluetooth. El esquema propuesto por Jilani et al. tiene desventajas asociadas al uso de un VNA comercial; dos principales desventajas son el alto costo del sistema y la inviabilidad para implementar redes con múltiples sensores ya que se requiere un VNA por cada sensor.

Parte 2. Problemática y solución propuesta en el desarrollo del trabajo

El paradigma que se sigue en la actualidad es el uso de sensores de permitividad dieléctrica en combinación con analizadores de redes vectoriales comerciales. Este paradigma tiene desventajas para la integración de sensores de permitividad dieléctrica a redes IoT ya que los analizadores de redes son muy costosos por lo tanto cuando se desea tener redes con varios sensores no es viable usar un VNA por cada sensor.

En este proyecto se tiene como objetivo: el desarrollo de tecnología y formación de recursos humanos en el campo de sensores de permitividad dieléctrica conectados a redes IoT y se propone por primera vez en el mundo un sensor de permitividad dieléctrica que no requiere de un analizador de redes comercial y que es conectado a una red inalámbrica de corto



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

alcance. Este proyecto requiere de procesamiento de señales y desarrollo de sistemas de alta frecuencia para lo cual es necesario formar capital humano en estas áreas.

Parte 3. Ejemplo de un nodo sensor desarrollado en este trabajo y su conexión a una red de corto alcance.

Una pieza fundamental para lograr el IoT son las redes inalámbricas de sensores (WSN por sus siglas en inglés). Las WSNs pueden clasificarse como WSN de corto alcance, largo alcance e híbridas. Las redes inalámbricas de corto alcance por lo general son implementadas a través de diferentes protocolos de comunicación tales como ZigBee, RuBee, Wibree, Z-Wave, RFID, WiFi, etc. Las redes de corto alcance basadas en ZigBee son ampliamente utilizadas debido a que cuenta con una velocidad de transferencia de datos máxima de 250 Kb/s, puede alcanzar un rango de alcance de hasta 75 m, permite trabajar con redes de hasta 64000 nodos sensores y admite topologías mesh, ad hoc y star. Las redes ZigBee están conformadas por un cliente, un coordinador y un nodo sensor como se muestra en la Figura 1. El cliente provee al usuario de una interfaz para el control de la red mientras que el coordinador se encarga de comunicar las órdenes del cliente y de recolectar los datos de los nodos sensores.

En la Figura 1 b se muestra el diagrama del nodo sensor propuesto. El sistema incluye un Front-end analógico, un generador de Onda Continua con Frecuencia Modulada (FMCW), un módulo ADC, un tranciver, una unidad de potencia, una unidad de procesamiento y un sensor de microondas. El Front-end analógico está compuesto por un par de divisores de potencia, un aislador y un mezclador.

El principio de funcionamiento es el siguiente: una señal chirp entra en el puerto de RF del Front-end analógico y se dirige hacia el divisor de potencia Div1 donde la señal se divide en dos señales de las cuales una se conecta en el puerto LO del mezclador y la otra es guiada al sensor de microondas a través del puerto de sensado. En el sensing-port existe una onda emergiendo hacia el sensor y una onda reflejada desde el sensor; la señal reflejada se divide en dos ramas en el divisor Div2 de las cuales una se elimina con el aislador y la otra es guiada hacia el puerto de RF del mezclador. La señal de RF y LO en el mezclador se combinan para tener una señal de uno cuantos Hertz de frecuencia (IF signal), la cual es filtrada y



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

digitalizada en el ADC. El Front-end analógico fue implementado mediante dos divisores de potencia Wilkinson de 3dB Mini-Circuits ZFSC-2-10G que opera de 2 GHz hasta 10 GHz, un aislador SFI 2040 que opera en un rango de entre 2 GHz y 4 GHz y un mezclador Mini Circuits ZEM- 4300 que acepta señales de RF de entre 300 MHz y 4.3 GHz y que puede genera señales de IF de DC hasta 1 GHz.

Parte 4. Ejemplo de un sensor de permitividad dieléctrica para identificar materiales de construcción

En la Figura 2 se muestra un sensor de permitividad dieléctrica diseñado para alojar muestras pulverizadas de materiales de construcción. El sensor es desarrollado en tecnología de microcinta sobre el sustrato PCB comercial RO3010 de Rogers con permitividad relativa de 11.2, tangente de pérdidas de 0.0022 y espesor de dieléctrico de 1.27 mm. El sensor consiste en un resonador CSRR grabado en el plano de tierra y alimentado por un par de stubs acoplados como se muestra en la Figura 2 (a) y (b) respectivamente. Los stubs acoplados radian líneas de campo eléctrico al CSRR como se muestra en la Figura 2 (c). De modo que la frecuencia de resonancia del sensor depende de los parámetros del CSRR descritos en la figura 2 (b), la cual puede ser derivada mediante la ecuación mostrada en (1)

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r(C_s+C_r)}} \quad (1)$$

donde L_r , y C_r , representan la inductancia y capacitancia del CSRR, respectivamente. C_s , por otro lado, representa la capacitancia de acoplamiento del CSRR a los Stubs. Estos elementos son definidos en el circuito equivalente del CSRR de la Figura 2. Es importante mencionar que los parámetros del CSRR; w_1 y w_2 , representan parte del elemento capacitivo, mientras que el anillo conductivo definido por g y las líneas conductoras D_1 y D_2 representan el elemento inductivo del circuito equivalente del CSRR. De la ecuación (1), resulta evidente que la frecuencia de resonancia depende básicamente de 3 parámetros; L_r , C_r , y C_s . Sin embargo, desde que el CSRR está diseñado sobre un sustrato dieléctrico, C_s será asociada a la permitividad relativa del mismo y permanecerá inalterada durante el proceso de medición. Considerando que la SUT (Sample Under Test) es un dieléctrico puro ($\mu_r = 1$), entonces L_r también permanecerá constante en la medición. Por lo tanto, cuando una SUT dieléctrica es colocada en contacto con el CSRR causará un aumento en C_r , en consecuencia, la frecuencia de resonancia ocurrirá a menor frecuencia. Debido a que el



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

sensor está enfocado en la medición de SUT pulverizadas, se ha optado por utilizar un contenedor de polietileno. El cual tiene un diámetro de 35 mm y altura de 28 mm, garantizando así que la muestra ocupará por completo el espacio sensible del CSRR como se muestra en la Figura 2 (b). En la Figura 2 (b) se observa que la señal que entra en el puerto de entrada es dividida a la mitad y en fase, de modo que los stubs acoplados son excitados en modo común y estos alimentan con un campo eléctrico axial al CSRR. El campo eléctrico representado en la Figura 2 (c) es obtenido en simulación utilizando el software HFSS para una SUT con permitividad relativa igual a 1. Con el propósito de evitar posibles errores de medición debido al posicionamiento de la muestra se optó por incluir una carcasa como muestra en la figura 2. Esta carcasa está fabricada con material impreso PLA con 10% de llenado el cual, exhibe baja permitividad. Además, las dimensiones fueron ajustadas para evitar que la carcasa del sensor modifique (intervenga) la medición de la SUT donde la magnitud del campo eléctrico radiado por el CSRR es cubierta completamente por el contenedor y no alcanza a interactuar con la carcasa.

El sensor fue diseñado para operar a 3.3 GHz cuando la SUT es aire, es decir cuando el sensor se encuentra descargado. Las dimensiones del sensor son $D1=D2= 0.3$ mm, $g=0.3$ mm, $w1=w2=0.6$ mm, $R1= 9.1$ mm y $R2= 8.2$ mm.

Parte 5. Reconocimientos y resultados obtenidos.

Este proyecto no hubiera sido posible sin el trabajo de Edel Serafín Hernández Gómez (Estudiante de doctorado graduado en Agosto del 2021), Lyda Vanessa Herrera Sepúlveda (Estudiante de doctorado graduada en Enero del 2021), Andrés Plata Galavis (graduado de maestría en Agosto del 2021 y actualmente estudiante de doctorado), Miguel Hernández Águila (graduado de maestría en Diciembre del 2020 y actualmente estudiante de doctorado), Juan Mateo Mesa Arenas (estudiante vigente en el programa de maestría) y Diego Sarmiento (estudiante vigente en el programa de maestría). Todos los estudiantes mencionados son del programa de posgrado en electrónica del INAOE y han sido formados en procesamiento de señales y desarrollo de sistemas de alta frecuencia por el Dr. José Luis Olvera Cervantes. Con esta información se justifica la formación de recursos humanos.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

En la Figura 3, se muestra un ejemplo de un sensor de permitividad dieléctrica fabricado en tecnología de microcintas y cubierto con una carcasa de PLA construida en una impresora 3D. En la Figura 4 se muestra el nodo sensor compuesto por el sensor, el front-end analógico, un generador de señales, una unidad de potencia y la unidad de procesamiento. Este es un nodo sensor que no utiliza un VNA comercial y que está conectado a una red inalámbrica de corto alcance.

En la Figura 5 se muestra el coeficiente de reflexión medido con el sistema propuesto. La grafica muestra el sensor cargado con muestras de cal, cemento blanco y yeso. Esta grafica demuestra que el sistema propuesto permite la identificación exitosa de materiales de construcción.

Los resultados del proyecto han sido reportados una patente sometida ante el IMPI y en revistas tipo JCR. Entre las revistas destacan las publicaciones en las editoriales de Nature y IEEE así como las revistas Journal of Food Science, Journal of Food Science and Technology, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy y Journal of Electromagnetic Waves and Applications. La lista de publicaciones es la siguiente:

- Microstrip sensor and methodology for the determination of complex anisotropic permittivity using perturbation techniques. **Scientific Reports de Nature**. Publicado en Enero 2022.
- Sensor and method for measuring the dielectric constant using coupled resonators. Patente solicitada en 2019. [MX/a/2019/007935](#)
- Multifrequency Coupled-Resonator Sensor for Dielectric Characterization of Liquids. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2021.
- Dielectric Characterization of Anisotropic 3D-Printed Biodegradable Substrates Based on Polylactic Acid. IEEE Microwave Magazine. 2021.
- Dielectric characterization of vegetable oils during a heating cycle. Journal of Food Science and Technology. 2021.
- Dielectric properties of fresh rabbit meat in the microwave range. Journal of Food Science. 2021.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

- Dielectric properties of Mexican sauces for microwave-assisted pasteurization process. Journal of Food Science. 2021.
- New methodology to determine the loss tangent of dielectric planar samples by using electrically coupled resonators. Journal of Electromagnetic Waves and Applications. 2020.
- Detection of an emerging contaminant in water by dielectric properties in microwave range. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. 2020.
- Dielectric characterization of vegetable oils during a heating cycle. Journal of Food Science and Technology. 2020.
- Dielectric Anisotropy Sensor Using Coupled Resonators, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 2020.
- Determination of ionic strength due to magnesium sulfate heptahydrate in water by means of its permittivity in the microwave range. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. 2020.
- Sensor and Methodology for Determining Dielectric Constant Using Electrically Coupled Resonators. IEEE Microwave and Wireless Components Letters. 2019.
- Dielectric properties of pulque at different temperatures from 0.1 to 25 GHz. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. 2019.

Los resultados de este trabajo han sido incluidos en la evaluación de premio estatal de ciencia y tecnología “presea estatal de ciencia y tecnología Luis Rivera terrazas 2020” que fue otorgado en enero del 2021 al responsable del proyecto (Ver Figura 6).

INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Material gráfico:

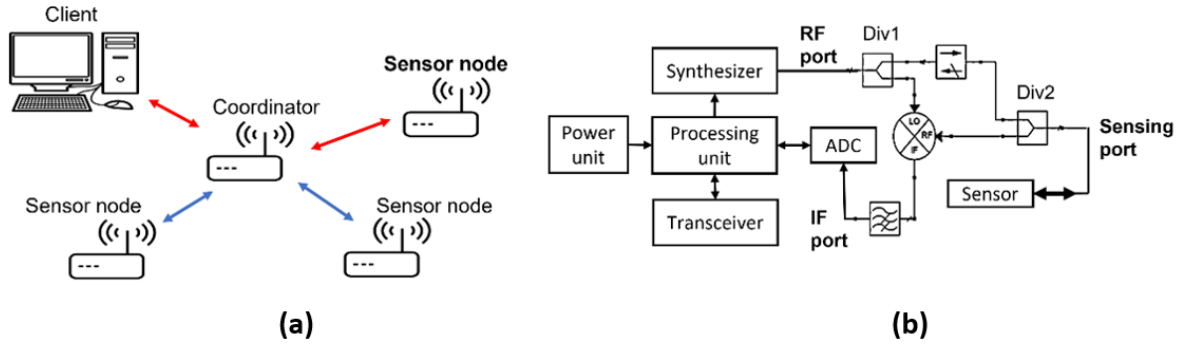


Figura 1: a) Diagrama de una WSN con ZigBee y b) de un nodo sensor propuesto.

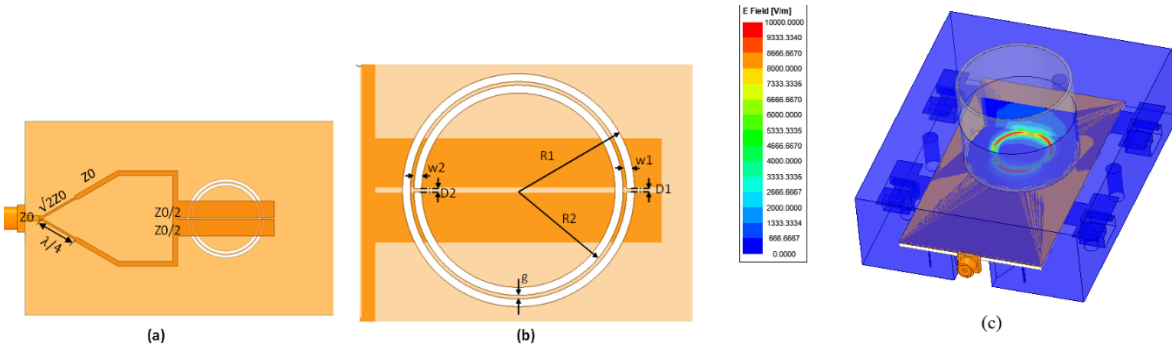


Figura 2: (a) Líneas de alimentación acopladas, (b) resonador CSRR y (c) vista panorámica del sensor simulado electromagnéticamente.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

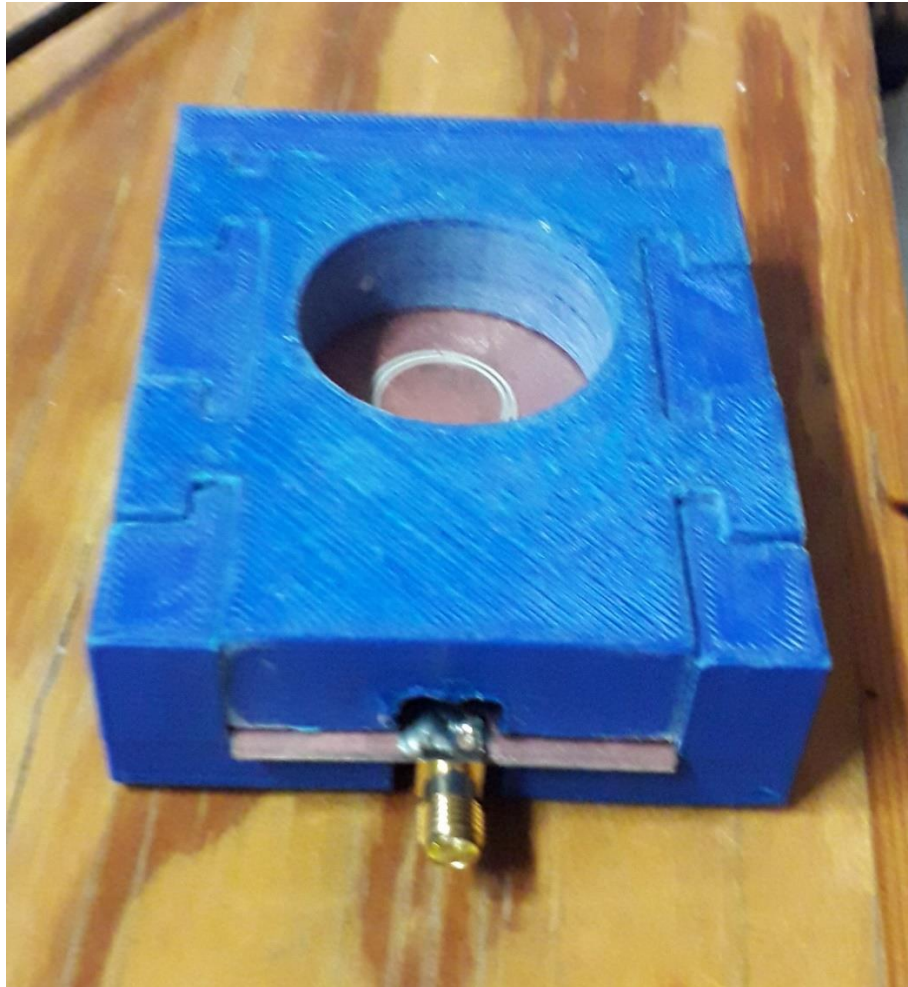


Figura 3: Ejemplo de un sensor de permitividad dieléctrica fabricado en tecnología de microcinta y recubierto con una carcasa de PLA construida con una impresora 3D.

INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

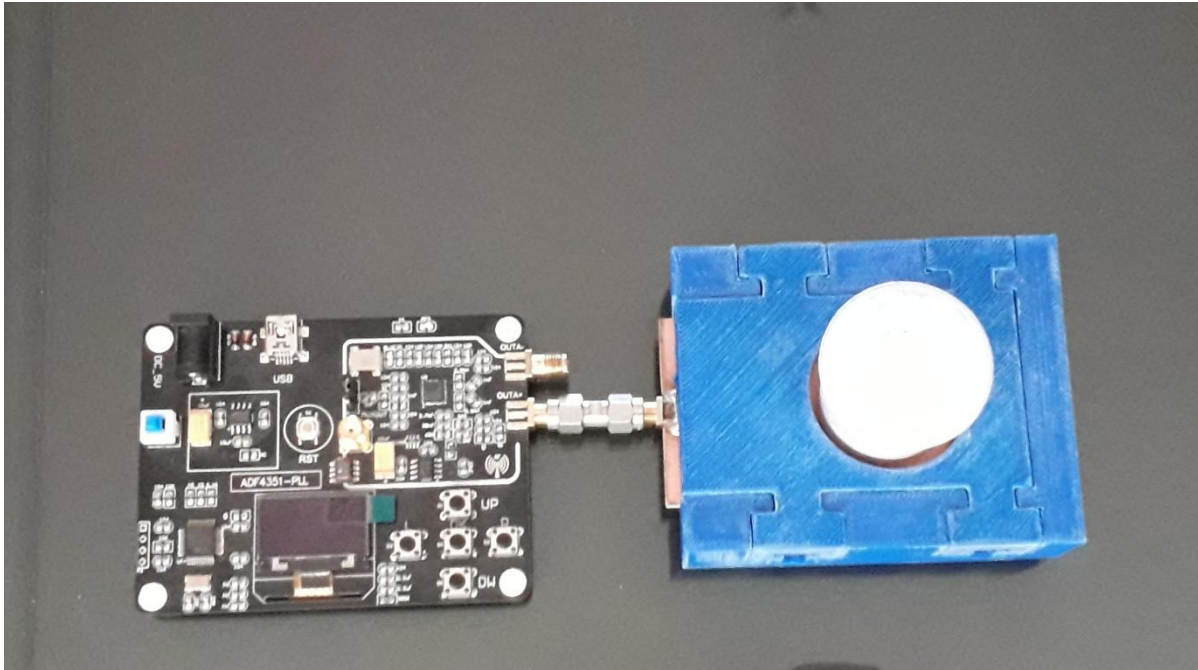


Figura 4: Nodo sensor fabricado y cargado con una muestra de cemento blanco

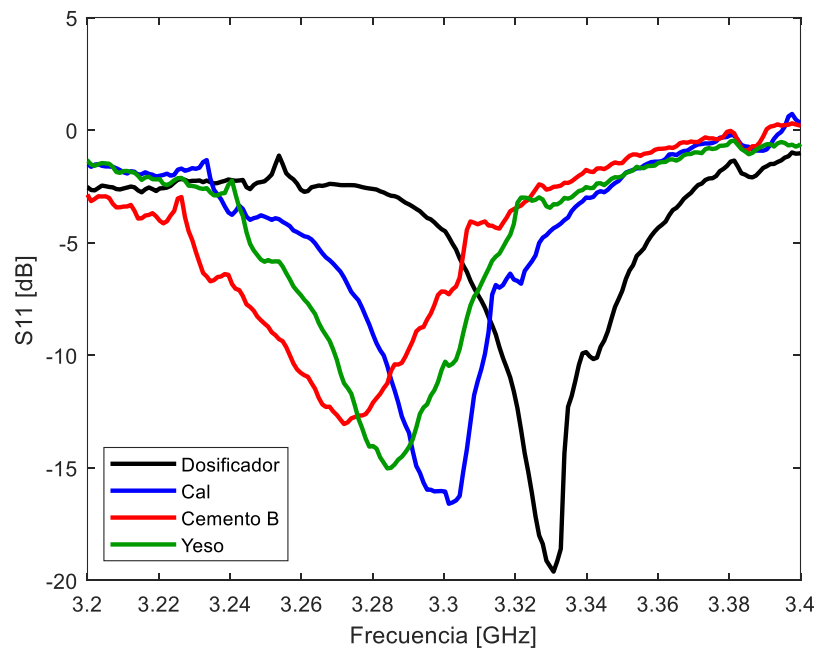


Figura 5: Coeficiente de reflexión medido para diferentes materiales de construcción



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA



Figura 6: Reconocimiento al Premio de ciencia y tecnología

PRIMERA SESIÓN ORDINARIA DE ÓRGANO DE GOBIERNO INAOE 2022

Calle Luis Enrique Erro No. 1, Santa María Tonantzintla, Puebla-México C.P. 72840

Conmutador 222 266 31 00, direccion_general@inaoep.mx





INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

5.9. CASOS DE ÉXITO

Proyecto: Aprender Objetos de Internet para Buscarlos con un Robot

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Coordinación de Ciencias Computacionales

Empresa: Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)

Monto: \$1,058,800.00 (Un millón cincuenta y ocho mil ochocientos pesos 00/100 MN)

Línea de Investigación que atiende: Robótica y Aprendizaje Computacional y Reconocimiento de Patrones

Zona de Influencia:

Objetivo: Desarrollar un sistema que pueda construir un concepto visual de un objeto, tomando información de Internet, que le permita a un robot encontrarlo en un ambiente conocido.

Descripción: Existe una gran cantidad de información en Internet que en principio se podría aprovechar por un agente artificial para aprender automáticamente acerca de un concepto y usarlo en diversas aplicaciones. En este proyecto planteamos utilizar un robot móvil para aprender conceptos de objetos que se encuentran en su ambiente, a partir de imágenes existentes en Internet, para después buscarlos. Lo que desarrollamos dentro de los objetivos del proyecto fue:

- 1) Un algoritmo que recibe de entrada el nombre de un objeto y estima las probabilidades de encontrar el objeto en una casa haciendo consultas de internet. Para esto combina información de varias fuentes.
- 2) Un algoritmo de búsqueda que considera las probabilidades de encontrar al objeto en cada uno de los cuartos (punto anterior), la distancia del robot hacia los cuartos y el tamaño



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

de cada cuarto (dado un mapa del ambiente), para decidir el orden de exploración de los cuartos.

3) Un algoritmo de aprendizaje de conceptos visuales que toma el nombre de un objeto, descarga de imágenes del objeto, usa una red neuronal convolucional pre-entrenada, a la cual se le eliminan las últimas capas y se le acopla una SVM para aprender a reconocer el objeto.

4) Un sistema de recuperación de imágenes relevantes considerando información del contexto, esto es recuperar sólo las imágenes relevantes utilizando información del texto asociada a la imagen.

5) Integración de todo en un robot con pruebas dentro del Laboratorio y dentro del Torneo Mexicano de Robótica.

6) Se desarrolló un sistema que verifica, usando la cámara del robot y un sistema de aprendizaje profundo, si el objeto fue tomado o por el brazo robótico.

Material gráfico:

Video explicando el sistema funcionando:

[https://ccc.inaoep.mx/~emorales/On-the-fly Learning System for Searching, Recognizing, and Retrieving of Unknown Objects.mp4](https://ccc.inaoep.mx/~emorales/On-the-fly_Learning_System_for_Searching,_Recognizing,_and_Retrieving_of_Unknown_Objects.mp4)

Ejemplo que ilustra el sistema que corrobora que el robot toma un objeto:

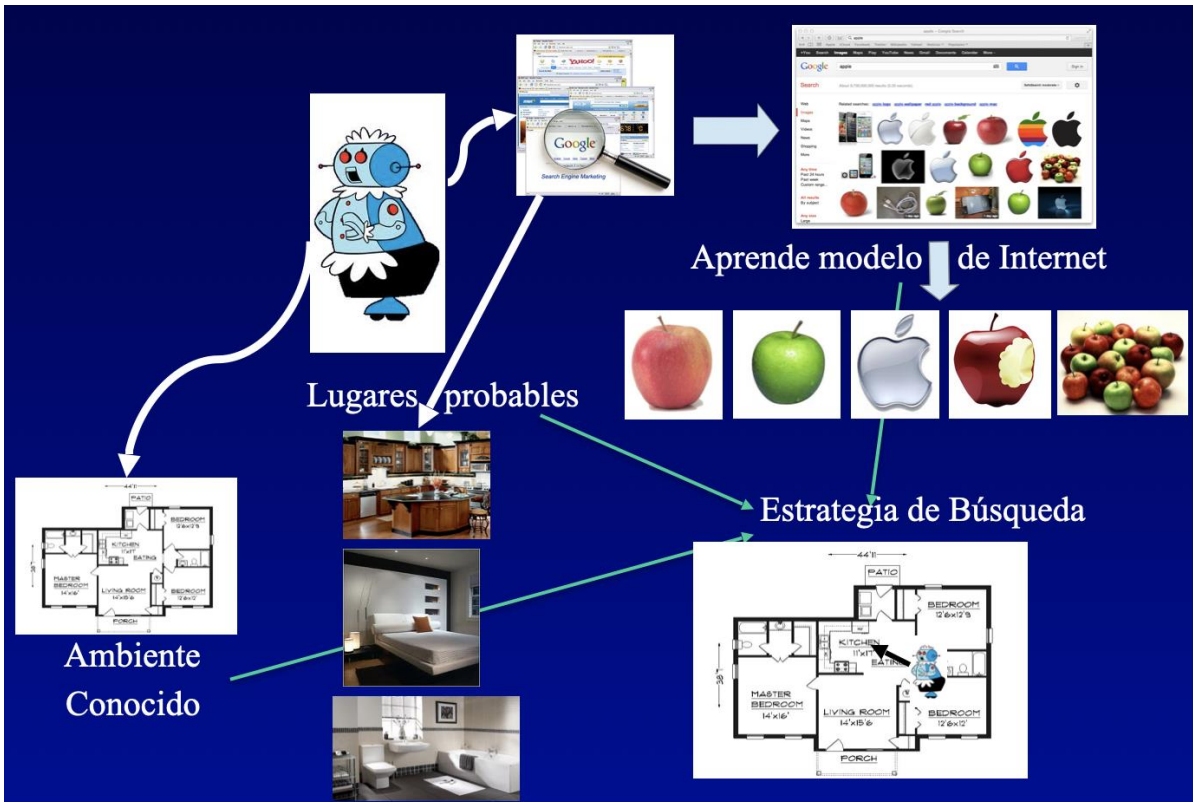
https://ccc.inaoep.mx/~emorales/video_hand_grasp.mp4

Imágenes: (ver siguientes páginas)



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

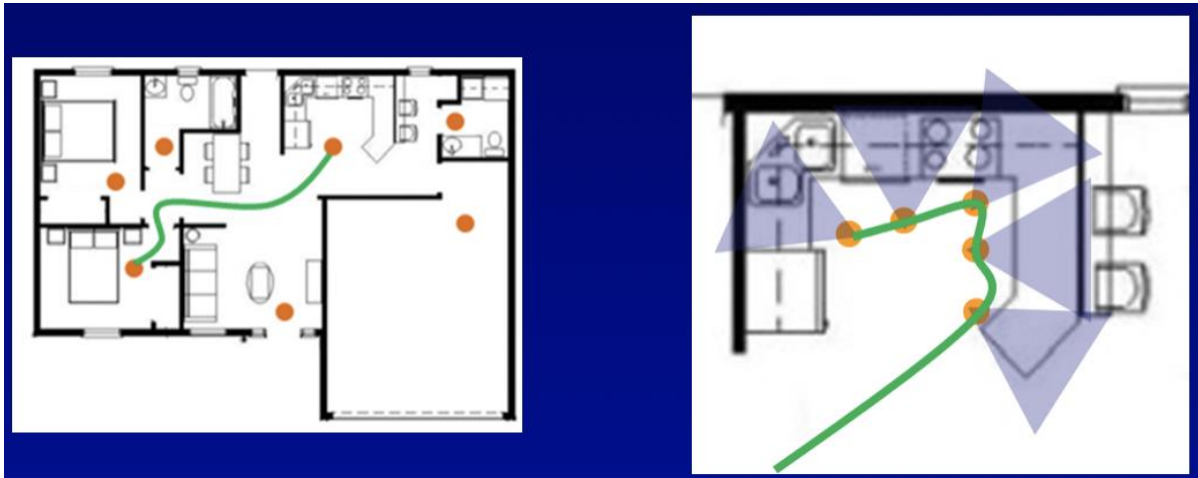
Esquema general del proyecto, cuando se le pide un objeto, busca información en internet para determinar dónde buscar y cómo reconocer al objeto:



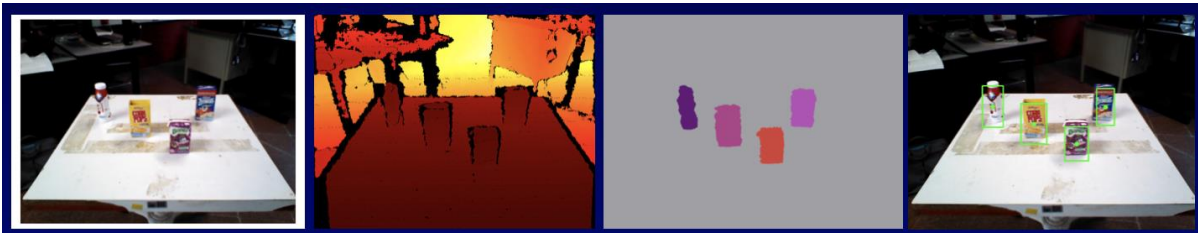


INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Esquema de búsqueda de objetos en casa y en cuartos:



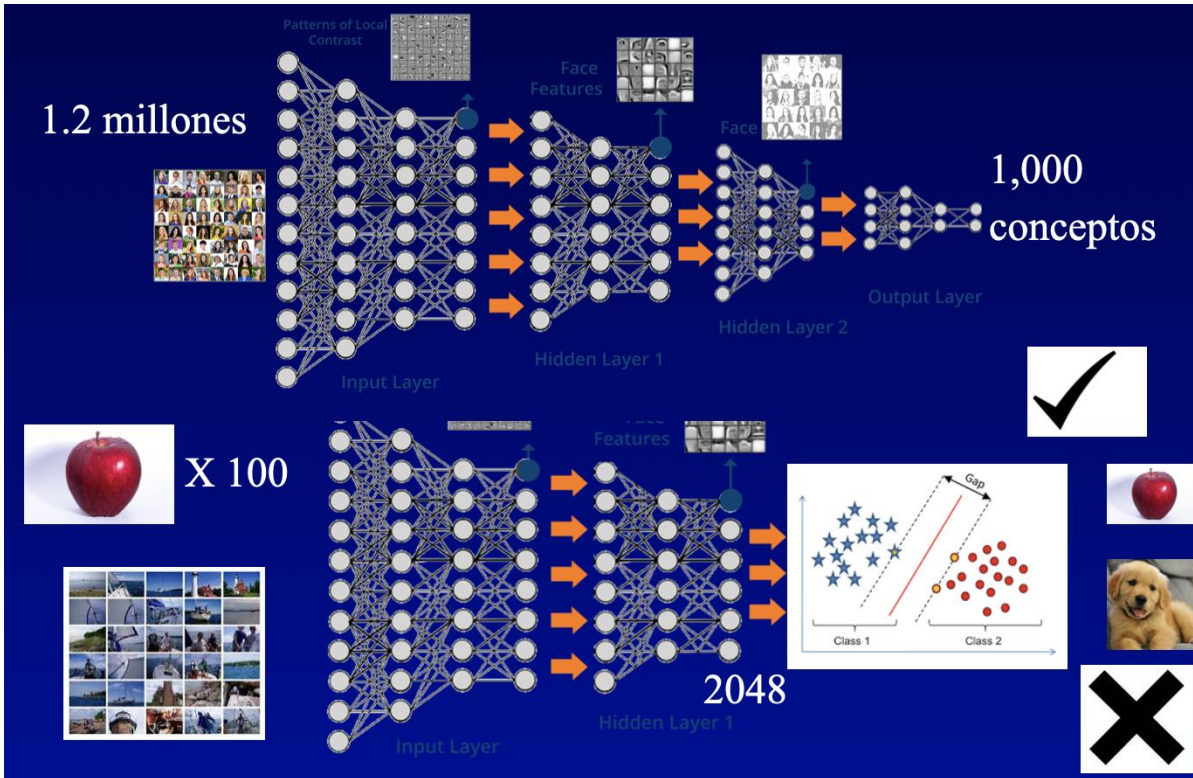
Extracción de imágenes de objetos sobre una mesa:





INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Esquema de aprendizaje de conceptos:





GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Pruebas con objetos reales en el Laboratorio de Robótica del INAOE:



PRIMERA SESIÓN ORDINARIA DE ÓRGANO DE GOBIERNO INAOE 2022

Calle Luis Enrique Erro No. 1, Santa María Tonantzintla, Puebla-México C.P. 72840

Conmutador 222 266 31 00, direccion_general@inaoep.mx

