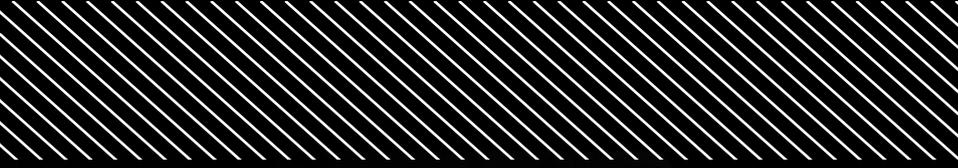




20
21

INGENIERÍA

VOLUMEN 10



ALDÍA



RASGADO DEL PAPEL: ¿SE PUEDE DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE LA FRACTURA?

(20)

El Universo en una taza de café: ¡A su salud Mr. Hawking!

Cuando Albert Einstein completó su teoría de la Relatividad General en 1915, jamás dimensionó el gran impacto que tendría en los años venideros.

(16)

Extrayendo información de la radiación invisible proveniente del Universo cercano

El presente trabajo detalla el estudio del medio interestelar en galaxias cercanas utilizando observaciones en el rango infrarrojo, ondas milimétricas y de radio.

(06)

¿Pero qué hiciste robot?

Los robots autónomos – que son capaces de aprender nuevas tareas al interactuar con su entorno – están poco a poco cada vez más cercanos a nuestra realidad.

(36)

Entrevista a Jorge Yutronic Fernández

La tecnología da mucho poder, lo que requiere mucha responsabilidad por parte de la ingeniería.

(42)



Universidad
Central

DIRECTOR

Christian Nicolai, Decano Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central de Chile.

EDITOR GENERAL

Sergio Cárdenas, Académico de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

COMITÉ EDITORIAL

Loreto Muñoz, Académica investigadora de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Alejandro Riveros, Académico investigador de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Juan Luis Palma, Académico investigador de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Cristina Ortega, Académico investigador de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

María José Ortega, Periodista de la Dirección de Comunicaciones Corporativas.

Juan Francisco Fuentealba, Académico investigador de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Sebastián Chandía, Diseño gráfico.

Cuando salgamos de la pandemia volveremos a encontrarnos. Además encontraremos sus secuelas, y nos encontraremos con viejos problemas, y con al menos dos años más de edad. Nos encontraremos con problemas sobre la cuestión hídrica, la habitabilidad y calidad de vida en nuestras ciudades, la poca complejidad de nuestra economía y otros. Es inevitable para la ingeniería, contribuir a enfrentar estos problemas con ingenio, creatividad y cuidado de nuestro entorno y de las personas.

En este número de IAD queremos mostrar cómo la ciencia y la tecnología están indisolublemente atadas a la ingeniería, esto a través de los artículos técnicos y de investigación. Pero también queremos mostrar como hoy la complejidad de los problemas exige trabajo interdisciplinario, que va incluso hasta las ciencias sociales y la importancia del enfoque de género.

En el primer artículo, nos encontraremos con que la astronomía actual va mucho más allá del rango visible para nosotros, es así como observando y procesando las ondas electromagnéticas en el infrarrojo, ondas milimétricas y de radio, ninguna de ellas visible para el ojo humano, podemos estudiar dos componentes principales del medio interestelar, ellos son gas y polvo. En este número de la revista IAD, mostramos cómo extraer información de esa radiación invisible proveniente del universo cercano a nosotros y entender los procesos físicos en galaxias más alejadas.

Las distancias en astronomía las medimos en años luz, la distancia que la luz recorre en un año, pero tal como observamos el universo en esas magnitudes, la ciencia observa el universo en las escalas de las partículas fundamentales, donde tampoco podemos ver. Presentamos un artículo, que nos enseña cómo, utilizando simulaciones de Monte Carlo, podemos hacer un "arte" para conectar las magnitudes macroscópicas que podemos medir con lo micro que no alcanzamos a ver. De este modo, podemos determinar cómo cambian las propiedades del cuerpo en función de la temperatura, por ejemplo, la magnetización o energía, en función de la temperatura, lo que puede ser

aplicado incluso en física cuántica, biología o medicina.

La ingeniería y la tecnología tienen su base en las ciencias, para crear mejores condiciones de vida para la humanidad, por lo tanto, ¿cómo responderemos si acaso un robot es confiable o no? Explicar las decisiones en el actuar de un robot no es trivial, debemos considerar el conocimiento que nos dan las ciencias de la computación, la robótica, la inteligencia artificial y las ciencias sociales, entre otras. Para iniciar una reflexión profunda en este tema, que linda con la ética, invitamos a revisar el artículo ¿Pero qué hiciste robot?

Que mejor que conversar de ciencia y tecnología en torno a una taza de café, a propósito, podemos recordar que Stephen Hawking, con la radiación que lleva su nombre, nos permitió iluminar un poco los agujeros negros, mostrando que pueden emitir radiación térmica, análogo a una taza de café que emite calor, por lo que los agujeros negros no eran tan negros después de todo. Así de profundo caló en la sociedad este reconocido científico. Y estando en nuestro escritorio, nos motiva a preguntarnos cuál fue el legado del profesor Hawking... ¿De qué están hechos los agujeros negros y cuáles son sus propiedades termodinámicas?

¿Quién no ha tratado de rasgar un trozo de papel y tratar de obtener la forma que queremos? Como si nuestras manos fueran unas tijeras. En nuestra revista incluimos un interesante artículo, que tiene una fenomenología muy cotidiana, tan cotidiana que es muy difícil de explicar. Es así como la física no-lineal viene a responder este tipo de preguntas con un modelo energético, que más allá de la pura inquietud científica nos lleva a revisar que podemos predecir y cómo podemos mejorar las tecnologías de packaging.

Los defectos en los materiales siempre existen, es muy costoso tener materiales perfectos en grandes escalas. Introduciendo defectos de manera artificial se pueden comprender y controlar las propiedades físicas de algunos materiales. Así se puede estudiar el comportamiento de sistemas magnéticos de bajas dimensiones,



Christian Nicolai O.

Decano

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

que no sólo es un tema emergente en la física de materia condensada, sino que, de potencial para diseñar seleccionadores de frecuencias, para ser utilizados en ciertas aplicaciones, ya sea de uso militar o tecnología para misiones espaciales.

En la actualidad, las aplicaciones de la visión computacional la encontramos en variadas áreas como la Medicina, el Control de Calidad y los Sistemas Inteligentes de Transporte, entre otras. Sin embargo, la historia nace en la mitad del siglo pasado, junto a los primeros computadores digitales, lo que vemos hoy es una aceleración del desarrollo debido al crecimiento exponencial de la capacidad de cómputo, herramientas matemáticas y detectores avanzado.

Queremos destacar especialmente el artículo acerca de ¿Por qué es necesario incorporar enfoque de género en los procesos de creación científica?, la entrevista a Jorge Yutronic, que nos provoca a pensar la Ingeniería que viene, la complejidad de los problemas y la interdisciplinariedad, y a reflexionar sobre el hecho de que "La tecnología da mucho poder, lo que requiere mucha responsabilidad por parte de la ingeniería", y una muestra de que podemos avanzar en lo interdisciplinario es el artículo Ingeniería y Arquitectura: Encuentros, del Profesor Raposo.

Creemos firmemente que la ciencia y tecnología, la ingeniería y la arquitectura, en nuestra Facultad deben ser interdisciplinarias e inclusivas, lo presentado apunta en esa dirección y esperamos sirva de motivación a nuestros lectores.

ÍNDICE

06

EXTRAYENDO INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN INVISIBLE PROVENIENTE DEL UNIVERSO CERCANO

→ *Basilio Solís Castillo*

Análisis del medio interestelar en galaxias cercanas usando observaciones en infrarrojo, ondas milimétricas y radio.

10

UN “ARTE” PARA CONECTAR LO QUE PODEMOS VER CON LO MICRO QUE NO ALCANZAMOS A VER

→ *Alejandro Riveros Rodríguez*

Las características que podemos ver y medir de un cuerpo proviene del ordenamiento y movimiento de los elementos microscópicos que no podemos ver del cuerpo. Esta conexión se puede realizar en la práctica mediante las simulaciones Monte Carlo usando computadores.

16

EL UNIVERSO EN UNA TAZA DE CAFÉ: ¡A SU SALUD MR. HAWKING!

→ *Cristián Erices*

Cuando Albert Einstein completó su teoría de la Relatividad General en 1915, jamás dimensionó el gran impacto que tendría en los años venideros.

20

RASGADO DEL PAPEL: ¿SE PUEDE DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE LA FRACTURA?

→ *Juan Francisco Fuentealba*

El rasgado del papel parece un problema de interés meramente científico, pero en realidad es un tópico que puede presentar muchos desafíos desde el punto de vista ingenieril.

25

DINÁMICA DE LA MAGNETIZACIÓN ..EN LÁMINAS DELGADAS CON DEFECTOS CONTROLADOS.

→ *Juan Luis Palma*

Los sistemas magnéticos de baja dimensionalidad son un tema emergente en la física de la materia condensada.



31

VISIÓN POR COMPUTADOR, SU HISTORIA Y ALGUNOS PRINCIPALES HITOS→ *Hernán Alejandro Olmí Reyes • Camilo Angel Peña Ramírez*

La Visión por Computador, o Visión Computacional, (V.C.) es una rama de la inteligencia artificial, cuyo objetivo es proveer del sentido de la vista a un computador o robot para que éstos puedan interactuar de forma más eficiente en ambientes complejos (uso de la visión como sensor adicional)

34

INGENIERÍA Y ARQUITECTURA: ENCUENTROS→ *Alfonso Raposo M.*

Cómo lo indica el título de este artículo, el presente texto focaliza la atención en una tendencia reflexiva que, en el marco de una estructura analítica cómo la tipología polar, pone el pensar hacer, decir y pensar de la ingeniería en un extremo y en el otro la arquitectura.

36

¿PERO QUÉ HICISTE ROBOT? EXPLICANDO LA TOMA DE DECISIONES EN AGENTES AUTÓNOMOS.→ *Francisco Cruz*

Los robots autónomos – que son capaces de aprender nuevas tareas al interactuar con su entorno – están poco a poco cada vez más cercanos a nuestra realidad.

42

ENTREVISTA A JORGE YUTRONIC FERNÁNDEZ

La tecnología da mucho poder, lo que requiere mucha responsabilidad por parte de la ingeniería

44

BALAS DE KRYPTONITA→ *Juan Francisco Fuentealba • Alejandro Riveros • Juan Luis Palma*

¿Qué tan cerca estamos de conseguir Kryptonita? Lo que envió a Superman al hospital y a Bloodsport a la cárcel, para después ser miembro de Suicide Squad.

EXTRAYENDO INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN INVISIBLE PROVENIENTE DEL UNIVERSO CERCANO

Análisis del medio interestelar en galaxias cercanas usando observaciones en infrarrojo, ondas milimétricas y radio.

El presente trabajo detalla el estudio del medio interestelar en galaxias cercanas utilizando observaciones en el rango infrarrojo, ondas milimétricas y de radio. Se estudian los dos componentes principales del medio interestelar, como son el polvo y gas interestelar. Describiremos la metodología utilizada para derivar los parámetros del polvo interestelar a través del modelamiento de la radiación infrarroja. Finalmente presentamos las distribuciones de las componentes en las galaxias estudiadas y cómo podemos obtener ciertas relaciones entre ellas.

• **Basilio Solís Castillo**

Profesor Asociado y Académico carrera Licenciatura en Astronomía, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, sede Coquimbo, Universidad Central de Chile.

Introducción

A diferencia de las galaxias más alejadas que se han descubierto y que llenan los titulares de diversos medios de comunicación, el Universo cercano nos da la posibilidad de estudiar en detalle las características y distribución de la materia presente en el medio interestelar. Estas galaxias nos sirven de referencia para el estudio de aquellas regiones muy distantes y de las cuales aún se tiene poca información y, adicionalmente, nos permiten realizar comparaciones con nuestra propia galaxia, para así conocer con mayor exactitud los diferentes fenómenos que allí ocurren.

El medio interestelar de las galaxias está dominado por dos componentes: el gas y el polvo interestelar. La abundancia de gas en una galaxia es una cantidad muy importante ya que nos permite estimar la cantidad de estrellas que se forman en un tiempo dado [1], lo cual es conocido como la tasa de formación estelar. Dado que el gas interestelar, principalmente dominado por Hidrógeno, puede encontrarse en forma molecular o atómica se requieren observaciones en diferentes longitudes de onda para estimar su masa. Por una parte, las ondas milimétricas nos permiten estimar el hidrógeno molecular y por otra, las ondas de radio entregan información respecto a la abundancia de hidrógeno atómico. Ambas componentes dominan la masa del material interestelar en las galaxias.

A pesar de que el polvo interestelar comprende cerca del 1% de la masa del medio



Figura 1

Imagen de la galaxia NGC 628 que combina la emisión infrarroja en 3.6 (azul), 5.8 (verde) y 8.0 (rojo) μm . Crédito: NASA/JPL-Caltech.

interestelar, su estudio es de vital importancia para entender la dinámica y distribución de la materia. El polvo está formado principalmente por pequeños granos de tamaños que van desde 5 Å a alrededor de 100 μm . La presencia de estos granos en el medio interestelar modela la emisión de energía proveniente de las galaxias, debido a su rol en la absorción de la radiación óptica y ultravioleta proveniente principalmente de estrellas jóvenes, para luego re-emitirla en longitudes de onda del infrarrojo, ondas milimétricas y sub-milimétricas [2]. Un ejemplo de ello podemos observarlo en la imagen de la galaxia NGC 628 (Fig. 1) que combina diferentes longitudes de onda del infrarrojo. A pesar de su importancia, muchos detalles de la composición, formación y dinámica del polvo interestelar aún son desconocidos.

Diversos estudios han revelado que existe una relación entre ambas componentes del medio interestelar [3]. El polvo interestelar actúa como escudo y provee además una superficie en donde las moléculas más complejas se puedan formar, por lo que su abundancia se relaciona directamente con la cantidad de gas molecular existente en una determinada región. A pesar de ello, aún existe incerteza en los diferentes parámetros utilizados para derivar estas componentes de las observaciones. Es allí que la metodología utilizada cobra especial relevancia.

En el presente trabajo, nos enfocaremos en el estudio del gas y polvo interestelar presente en galaxias cercanas. En primer lugar, presentaremos las fuentes de las cuales se extrajeron los datos para nuestro estudio, posteriormente explicaremos la nueva metodología utilizada para poder estimar el polvo interestelar. Finalmente mostraremos cómo estos datos fueron utilizados para estudiar la distribución del polvo y gas interestelar en las galaxias cercanas.

Obtención de los datos

Dada la diversidad de los datos necesarios para estimar las componentes del medio interestelar, requerimos de diferentes mapeos del universo cercano realizados en el último tiempo. Para la derivación del polvo interestelar utilizamos las observaciones obtenidas por los observatorios espaciales Spitzer [4] y Herschel [5] agrupados en los surveys SINGS [6] y KINGFISH [7]. En ellos se cubre la porción del infrarrojo e infrarrojo lejano abarcando un rango

de longitud de onda de 3.6 a 500 μm . Por otra parte, la componente del gas interestelar fue estimada de las observaciones milimétricas y de radio obtenidas por el radiotelescopio IRAM [8] y el VLA [9], respectivamente. Las observaciones realizadas por IRAM en la longitud de onda de 1.3 mm nos entrega información sobre la abundancia de la molécula de monóxido de carbono (^{12}CO), que es usado comúnmente como trazador del hidrógeno molecular. Finalmente, las observaciones en la longitud de onda de 21 cm realizadas por el VLA nos permiten estudiar la componente de hidrógeno atómico. De estos observatorios nos concentramos en los surveys HERACLES [10] y THINGS [11], respectivamente.

Para poder combinar la información proveniente de estas observaciones, obtenidas por diferentes instrumentos y longitudes de onda (ver Fig. 2), se requiere de un proceso intermedio, la convolución de los datos a la misma resolución. Esto nos permite combinar y comparar los datos de cada galaxia independiente de su fuente. El producto final son imágenes de las galaxias en diferentes longitudes de onda pero en la misma escala y resolución, donde cada pixel tiene la misma escala física, que varía entre 0.5 a 2.53 kpc de diámetro, dependiendo de la distancia de cada galaxia con respecto a la nuestra.

Otro aspecto a considerar es la cantidad de metales presentes en las galaxias y que se denomina metalicidad. Esta se mide principalmente a través de la abundancia relativa entre elementos más pesados como el oxígeno, con respecto a los más livianos, como el hidrógeno. De ahí el que trazador de metalicidad más utilizado en el contexto extragaláctico sea la razón O/H, que normalmente se mide como: $10 + \log(\text{O}/\text{H})$.

Para nuestro estudio utilizamos la metalicidad en galaxias cercanas reportadas en Ref. [12], que debido a su poca distancia con respecto a la Vía Láctea permiten además derivar cómo esta abundancia de metales varía con respecto al radio, una cantidad conocida como el gradiente de metalicidad. La metalicidad y el gradiente reportadas en Ref. [12] serán utilizadas para poder obtener la cantidad de metales en cada región de cada galaxia.

Debido a que los granos de polvo interestelar están principalmente compuestos por silicatos, hielo y carbono, existe una relación intrínseca con la cantidad de metales existentes. Es por ello que para tener un entendimiento mayor de lo que sucede en el medio interestelar, la metalicidad es un factor muy relevante.

Modelación del polvo interestelar

A diferencia del gas y de la metalicidad que pueden ser derivadas directamente de las observaciones en las longitudes de onda anteriormente mencionadas, la estimación del polvo interestelar es algo más compleja. Para ello es necesario entender el rol que los granos de polvo juegan en el medio interestelar. Estos granos absorben la radiación, principalmente ultravioleta, proveniente de sistemas estelares muy jóvenes. Debido al principio de mínima energía, los granos de polvo re-emiten la radiación absorbida, pero en una longitud de onda más larga, en este caso en la región del infrarrojo e infrarrojo lejano ($\lambda > 1 \mu\text{m}$). Esta radiación proveniente de los granos de polvo puede ser modelada como un cuerpo negro con una opacidad que es dependiente de la frecuencia y que considera diferentes componentes del polvo. El modelo más simple, que asume la presencia de una sola componente del polvo, considera tres parámetros: masa, temperatura e índice espectral, también conocido como emisividad. Por lo tanto, dada la emisión en las diferentes longitudes de onda podemos ajustar la mejor curva y derivar estos tres parámetros del polvo interestelar para cada región o pixel (ver figura 3).

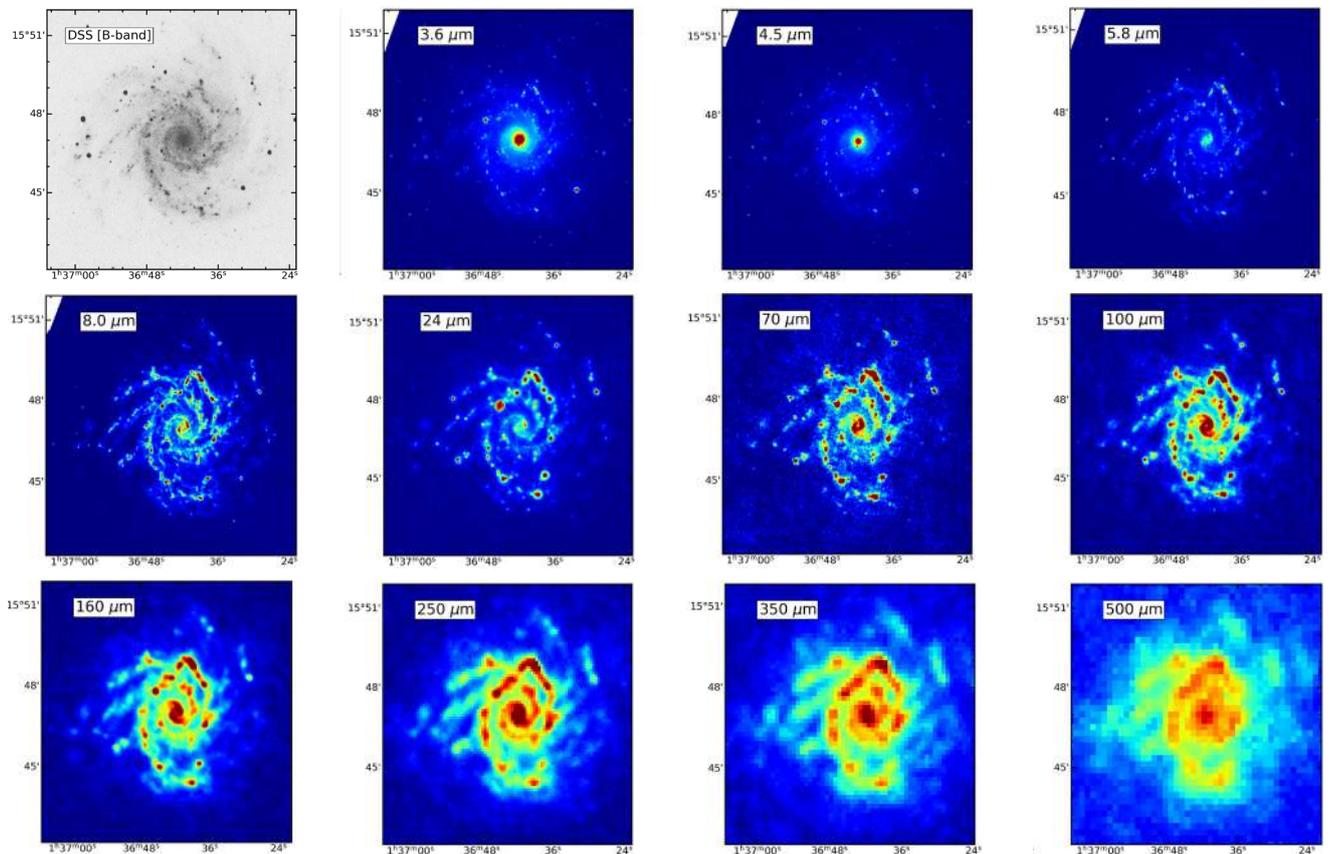


Figura 2

Mapas de intensidad específica de la galaxia NGC 628 en un rango de longitudes de onda que incluye el rango óptico (B-band) y el infrarrojo de 3.6 a 500 μm .

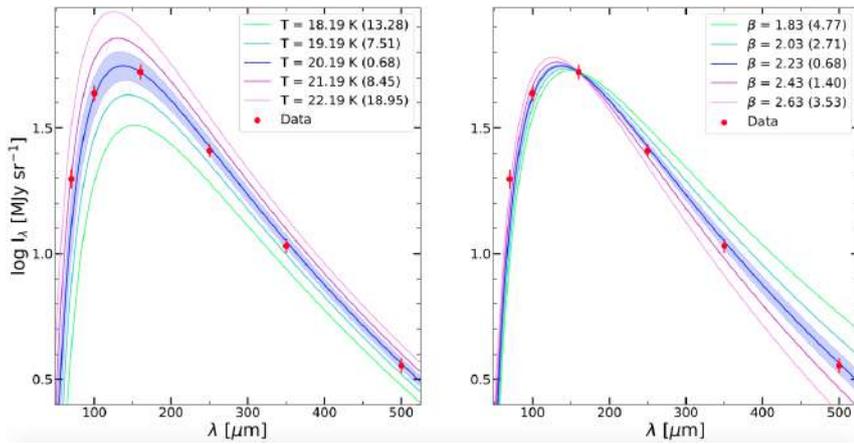


Figura 3

Intensidad específica en función de la longitud de onda para una región de la galaxia NGC 628. Los puntos rojos denotan la intensidad en cada longitud de onda, la línea azul representa el mejor ajuste de la curva y las diferentes líneas de colores representan el ajuste con parámetros levemente diferentes.

Diversos problemas surgen de ajustar la emisión del polvo interestelar a la radiación de un cuerpo negro. La técnica comúnmente utilizada es el ajuste de mínimos cuadrados. Sin embargo, diversos autores han mencionado que el uso de esta metodología, dada la degeneración de los parámetros; temperatura e índice espectral, puede producir correlaciones artificiales entre ellos. Una metodología nueva que permite solucionar este problema es el método de ajuste bayesiano jerárquico, el cual permite realizar el ajuste, pero considerando la relación intrínseca entre los parámetros, sus errores y circunscribiéndolos a distribuciones normales propias del caso. Diferentes autores han propuesto que este método provee mejores estimaciones de los parámetros ajustados y eliminaría en gran medida la correlación artificial entre ellos [13].

Resultados

Aplicando el modelo presentado por Ref. [12] podemos determinar la metalicidad en cada región de la galaxia en cuestión, y combinándolo con las observaciones del infrarrojo lejano, ondas milimétricas y radio, podemos estimar la masa del polvo y gas interestelar. Sin embargo, uno de los problemas existentes es la diferencia de escala de cada galaxia. Algunas galaxias son más grandes que otras o se encuentran más cerca de nosotros, por lo que la región definida o pixel de la imagen corresponderá a regiones más grandes o más pequeñas que otras. Para poder comparar cada región de una galaxia específica con otra galaxia es necesario poder normalizar los valores de las masas definiendo así la densidad superficial de masa, que se obtiene dividiendo por el área en kpc^2 de cada región.

En la figura 4 se muestra la densidad superficial de la masa del polvo interestelar (Σ_{dust}), del gas molecular (Σ_{mol}) y del gas

atómico (Σ_{H}) para la galaxia NGC 3521 en función de la metalicidad, de acuerdo con la calibración KK04 (ver Ref. [10]). Los perfiles muestran los valores promedio de la densidad superficial de masa por intervalo de metalicidad. En el gráfico podemos observar la distribución del polvo y el gas interestelar en la galaxia. Una alta metalicidad se relaciona con las regiones centrales de la galaxia, en cambio las regiones de baja metalicidad se ubican principalmente en los bordes externos. De acuerdo con ello, podemos decir que la masa de polvo y gas interestelar aumentan mientras más cerca del centro de la galaxia se esté. Sin embargo, los diferentes componentes del gas no se distribuyen de la misma forma. Podemos observar que en el centro de la galaxia (a la derecha del gráfico) el gas molecular es el dominante, en cambio, en las regiones exteriores (a la izquierda) el gas atómico es el componente principal del gas.

Adicionalmente, la distribución de masa superficial nos permite comparar los diferentes componentes del medio interestelar en galaxias cercanas. A pesar de la

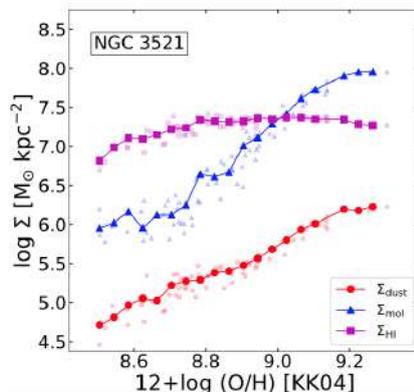


Figura 4

Distribución de la densidad superficial de masa del polvo interestelar (Σ_{dust}), gas molecular (Σ_{mol}) e hidrógeno atómico (Σ_{H}) de la galaxia NGC 3521 en función de la metalicidad.

gran diferencia en términos de masa de la abundancia entre el polvo y gas interestelar, independiente si consideramos su forma molecular o atómica, podemos observar que la distribución del polvo (línea roja) y el gas molecular (línea azul) es bastante similar. Esto nos habla de la gran relación mencionada anteriormente, donde el polvo interestelar provee las condiciones necesarias para que moléculas como el H_2 , principal componente del gas molecular, se puedan formar. La manera en que esta relación cambia de galaxia en galaxia nos permite dilucidar cuáles son los parámetros que tienen un mayor impacto en su distribución. En general, a partir de estudios como este se ha podido concluir que la distribución de polvo y gas interestelar depende de la morfología, edad y evolución de las galaxias.

Conclusiones

El estudio del Universo cercano es fundamental para entender los procesos físicos que tienen lugar en galaxias más alejadas y de las cuales tenemos menor información disponible. Además, dado al avance tecnológico del último tiempo que ha permitido el estudio con mayor precisión de las galaxias cercanas, hoy podemos comparar lo que sucede en nuestro vecindario galáctico con la información que tenemos de nuestra galaxia.

El presente trabajo provee una visión pancromática de las galaxias cercanas. A través del estudio de la radiación producida en diferentes longitudes de onda podemos aprender de mejor manera los componentes del medio interestelar y los procesos que allí ocurren. Nuestro análisis nos permite estudiar la distribución del polvo y gas interestelar en las galaxias, cuál es la relación que existen con la metalicidad y su dependencia con respecto a diversos parámetros como morfología, edad y estado de evolución.

Referencias

- [1] Kennicutt, Jr., R.C., ARA&A, 1998, 36, 189.
- [2] Draine, B.T., ARA&A, 2003, 41, 241.
- [3] Groves, B.A., AJ, 2015, 799,96.
- [4] <http://legacy.spitzer.caltech.edu>
- [5] <https://www.herschel.caltech.edu>
- [6] Kennicutt, Jr., R.C. et al., PASP, 2003, 115, 928.
- [7] Kennicutt, R.C. et al., PASP, 2011, 123, 1347.
- [8] <https://www.iram-institute.org>
- [9] <https://public.nrao.edu/telescopes/vla>
- [10] Leroy, A.K. et al., AJ, 2009, 137, 4670.
- [11] Walter, F. et al., AJ, 2008, 136, 2563.
- [12] Moustakas, J. et al., ApJS, 2010, 190, 233.
- [13] Shetty, R. et al., MNRAS, 2016, 460, 67.

Profesor de Ingeniería Civil en Computación e Informática dictará ponencia magistral en encuentro internacional

En el evento de carácter iberoamericano, se abordarán temáticas asociadas al ámbito de la informática y computación, que abarcan desde ingeniería de software, sistemas interactivos, sistemas de soporte a la toma de decisiones, sistemas inteligentes y mujeres en ciencias de la computación.



Rodolfo Canelón, académico de la carrera Ingeniería Civil en Computación e Informática participará como uno de los ponentes principales de las XVI Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento, conocida también por sus siglas IISIC 2021.

Esta versión del evento es organizada por la Universidad Autónoma de Chile y se llevará a cabo entre los días 22 y 24 de septiembre del 2021, en tanto el plazo para el envío de artículos es el 15 de mayo, la notificación de aceptación el 15 de junio, mientras que el envío del artículo final será el 15 de julio. Por otro lado, las revistas en línea estarán disponibles el 31 de octubre. Se espera contar con la participación de universidades y centros de investigación científica de Chile, Argentina, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, España, entre otros.

Según explicó Canelón, este evento “invita a investigadores a discutir el estado actual, los desafíos de la ingeniería de software e ingeniería del conocimiento y sus aplicaciones futuras como parte del nutrido programa de conferencias que incluyen charlas magistrales, presentaciones y sesiones regulares y especiales. Por lo que, se presentaran artículos de alta calidad en las áreas de ingeniería de software, sistemas interactivos, sistemas de soporte a la toma de decisiones, sistemas inteligentes, mujeres en ciencias de la computación”.

Por otra parte, se refirió a los artículos presentados a las IISIC 2021 que “después de ser aceptados, serán publicados en ediciones regulares o especiales de las revistas vinculadas al evento con indexaciones: Scopus, SCImago (SJR: Q2), INSPEC y Publindex”. En ese sentido, las revistas asociadas a IISIC 2021 son: International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Tech-

nology; JOIV - International Journal on Informatics Visualization indexada en Scopus; Investigación e Innovación en Ingenierías. Indexada en B Publindex.

También relató sobre su ponencia magistral, la cual será destacada como una de las principales de esta versión del evento. Reveló que “tendré el honor de ser el conferencista invitado para la apertura del evento en el Track Ingeniería de Software”. En ese contexto, especificó que el título del trabajo que presentará es ‘Construcción de procesos ágiles para DataMining y TextMining usando ingeniería del dominio’.

Asimismo, el docente centralino explicó la relevancia e impacto que tiene esta instancia, la cual se centrará en temas de vanguardia, así como temas emergentes relacionados con la ingeniería de software, sistemas interactivos, sistemas de soporte a la toma de decisiones, sistemas inteligentes y mujeres en ciencias de la computación; “servirá de centro de divulgación de artículos de las diversas universidades del país y el extranjero, en ese sentido impactará directamente en las asignaturas y áreas de investigación para el desarrollo de proyectos de tesis en estudiantes de pregrado y postgrado, así como, la difusión y discusión de las actividades de investigación que llevamos a cabo en la carrera de Ingeniería Civil en Computación e Informática y programas de postgrados de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de nuestra universidad” detalló.

Canelón es Ingeniero en Informática con Magister en Sistemas de Información, ambos grados obtenidos en la Universidad Lisandro Alvarado (Venezuela). Asimismo, tiene un doctorado en Ciencias de la Computación de la Universidad Central de Venezuela.

UN “ARTE” PARA CONECTAR LO QUE PODEMOS VER CON LO MICRO QUE NO ALCANZAMOS A VER

Las características que podemos ver y medir de un cuerpo como, por ejemplo, su temperatura, la dureza de una barra de metal, la capacidad de esparcirse de un líquido o las propiedades magnéticas de un imán, provienen del ordenamiento y movimiento de los elementos que componen la barra de metal, líquido e imán a nivel microscópico. Más aún, existe “un arte” llamado simulaciones Monte Carlo que permite realizar en la práctica esta conexión mediante el uso de computadores.

• *Alejandro Riveros Rodríguez*
Doctor en Ciencias con mención en Física.

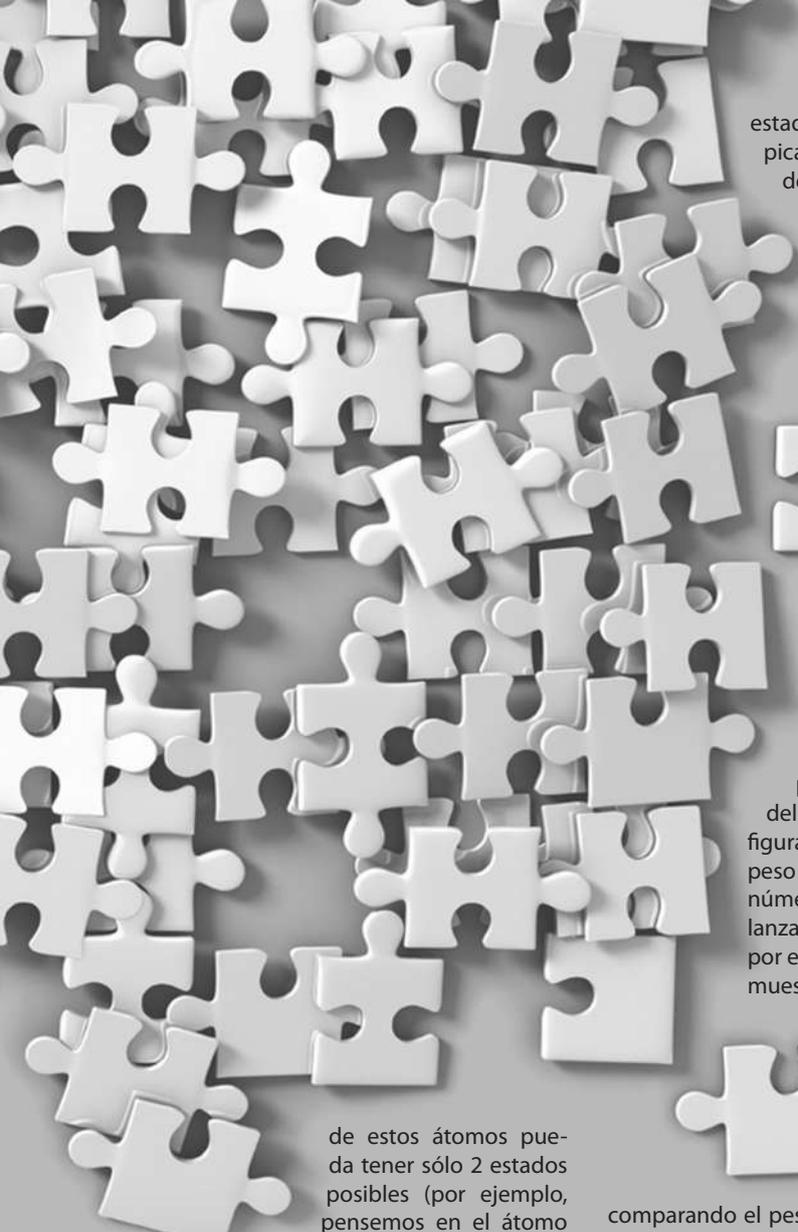
Tal vez nos pueda sorprender saber que las características que vemos de un cuerpo en nuestra vida diaria se deben al ordenamiento y movimiento de los elementos que lo componen. En efecto, todo cuerpo, ya sea ser vivo u objeto, está formado por un número muy grande, ¡inimaginablemente grande! de moléculas y átomos y, precisamente, la forma como se ubican estos elementos determina sus características y propiedades. Por ejemplo, el carácter rígido y duro de una piedra mientras que la capacidad de esparcirse de un líquido al derramarse se debe al orden compacto de los átomos en la piedra y del desorden y mayor espacio entre los átomos del líquido, respectivamente. Otro bonito ejemplo de propiedades cotidianas para nosotros, es la temperatura de un cuerpo; en efecto, mientras mayor sea la agitación y movimiento de sus átomos y moléculas, mayor será su temperatura. Por eso al calentar un cuerpo sólido, por ejemplo, una barra de metal, no es de extrañar que si la temperatura es lo suficientemente alta podamos romper el orden compacto de su estructura y fundirlo a estado líquido o bien, al calentar el agua para nuestro café o té del desayuno se produzca vapor de agua. Por lo tanto, podemos relacionar la temperatura de un cuerpo con el orden o desorden de los elementos que lo conforman. Mientras mayor sea el desorden y movimiento de los elementos microscópicos, mayor será la temperatura del cuerpo. En cambio, mientras mayor sea el orden microscópico de sus elementos, menor será su temperatura. Sin embargo, por supuesto no todos los cuerpos presentan la misma facilidad para cambiar su nivel de orden molecular cuando aumenta su temperatura. En efecto es mucho más sencillo (requiere menos calor) convertir hielo en agua que fundir el metal. Más aún, la cantidad de material también es importante, por ejemplo, es más fácil calentar una pequeña cantidad de agua (por ejemplo, en una taza) que calentar el agua de una piscina.

Por otro lado, la temperatura de un cuerpo no solo afecta el orden en que se ubican sus elementos, sino también afecta las propie-

dades propias de los átomos del cuerpo como por ejemplo sus propiedades eléctricas y magnéticas. Por esto, la capacidad que tienen los imanes para adherirse a la cubierta del refrigerador se debe al orden de la información magnética de los elementos que forman los magnetos; por lo que no es de extrañar que si calentamos excesivamente los magnetos estos pierdan su capacidad magnética y no se puedan adherir a la cubierta del refrigerador (por ejemplo, el hierro pierde su capacidad magnética a temperaturas sobre 1.000°C). Por lo tanto, la propiedad magnética de los imanes se debe al ordenamiento de la información magnética inherente a los átomos que lo conforman.

Existe una rama de la física llamada mecánica estadística, que explica y estudia las propiedades de los cuerpos, como por ejemplo la temperatura, la magnetización y la energía (entre otras propiedades) en base a las configuraciones microscópicas del cuerpo. Una configuración microscópica es un posible ordenamiento de los elementos microscópicos que componen el cuerpo que son relevantes para la propiedad física. Debido a que existe un número muy grande de posibles ordenamientos de los elementos microscópicos, se pueden determinar las propiedades físicas de los cuerpos formalmente, usando mecánica estadística realizando promedios sobre todas las configuraciones microscópicas posibles del sistema en estudio.

En este punto seguramente el lector se preguntará ¿Cómo es posible en la práctica tomar en cuenta todas las posibles configuraciones microscópicas si existe un número gigantesco de moléculas y átomos? La verdad es que ¡No es posible!, es imposible en la práctica contabilizar ¡Todas las configuraciones microscópicas!, debido al gigantesco número de elementos microscópicos ¡Sería una locura el solo pensar en tomar en cuenta todas ellas! Aún más, aunque simplifiquemos enormemente un modelo de una estructura atómica con apenas 100 átomos donde cada uno



estadística hay que promediar sobre todas las configuraciones microscópicas, la gran mayoría de ellas no inciden fuertemente y solo un “poco” de ellas son importantes al calcular el promedio. Esto es análogo a calcular el promedio de nuestras notas en un curso en el que participamos. Para el cálculo de la nota final de un curso se promedian las notas obtenidas, no obstante, generalmente algunas evaluaciones tienen mayor porcentaje (peso estadístico) como las pruebas o exámenes respecto a otras evaluaciones de menor porcentaje como tareas. En esta analogía la propiedad física del cuerpo (por ejemplo, la magnetización) juega el rol de la nota final del curso, mientras que las configuraciones microscópicas juegan el rol de todas las evaluaciones.

Por lo tanto, en la práctica para determinar las propiedades macroscópicas como la energía o la magnetización, solo es necesario promediar sobre las configuraciones microscópicas que tienen mayor peso estadístico (las más importantes) para esa propiedad física. Este “arte” se puede hacer mediante un tipo de simulaciones realizadas usando computadores llamadas simulaciones Monte Carlo, generando en la simulación con mayor frecuencia las configuraciones más importantes (de mayor peso estadístico) y no perder tiempo en generar muchas configuraciones microscópicas poco relevantes (de bajo peso estadístico) para la propiedad física del cuerpo o sistema. La aceptación o rechazo de cada una de las configuraciones generadas durante la simulación depende de cuánto sea el peso estadístico de la configuración en comparación a una ruleta para un número aleatorio entre 0 y 1, similar a una decisión del tipo “cara o sello” al lanzar una moneda. Precisamente de ahí proviene el nombre Monte Carlo, por el “casino de Monte-Carlo” del principado de Mónaco. En la figura 1 se muestra esquemáticamente dos configuraciones microscópicas de posibles ordenamientos de momentos magnéticos (información magnética) de un material magnético. A la izquierda todos los momentos (flechas) apuntan en un mismo sentido, en cambio a la derecha algunos momentos (con flechas de color rojo) apuntan en dirección contraria. En una simulación Monte Carlo el paso desde la configuración de la izquierda a la de la derecha es aceptado o rechazado comparando el peso estadístico de esa nueva configuración con un número aleatorio (“cara o sello” para una moneda lanzada al aire).

de estos átomos pueda tener sólo 2 estados posibles (por ejemplo, pensemos en el átomo con un electrón orbitando o sin electrón), existirían 2^{100}

posibles configuraciones microscópicas. Si ponemos ese número en la calculadora nos daríamos cuenta de que es un valor aproximadamente igual a $1.000.000 \times 1.000.000 \times 1.000.000 \times 1.000.000 \times 1.000.000$ (¡O sea un número gigantesco!) y aún si usáramos el computador más rápido para manejar este número gigantesco de configuraciones, el computador se tardaría ¡Más de 100 veces la edad del Universo en obtener los resultados!

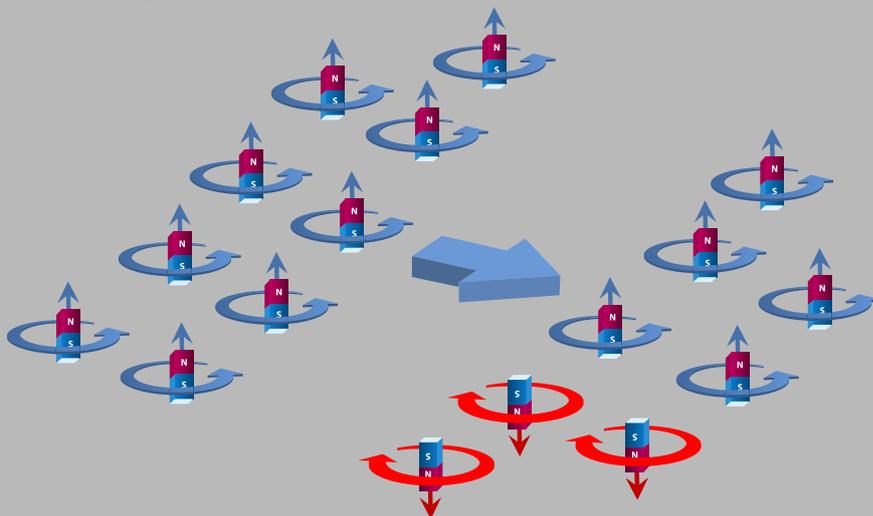
Sin embargo, hay un factor fundamental que no hemos tomado en cuenta: el peso estadístico asociado a cada una de las configuraciones microscópicas del sistema para calcular el promedio. En otras palabras, si bien es cierto que en mecánica

Técnicamente, durante la simulación computacional, este recorrido entre las configuraciones microscópicas, generando principalmente las de mayor peso estadístico, debe satisfacer balance detallado, accesibilidad y no estar correlacionado para asegurar que la propiedad física calculada como un promedio sea confiable y cercano a su valor real.

Por lo tanto, gracias a este “arte”, en vez de utilizar las 2^{100} configuraciones del modelo de 100 átomos descrito anteriormente, basta con realizar una simulación Monte Carlo del sistema, generando apenas unas quinientas mil configuraciones (usamos el adverbio “apenas” porque la cifra 500.000 comparada con 2^{100} ¡Es extremadamente pequeña!), ya que en esas quinientas mil configuraciones fueron generadas con mayor frecuencia aquellas configuraciones

Figura 1

Esquema de dos posibles configuraciones microscópicas (izquierda y derecha) para la información magnética de un material magnético. En una simulación Monte Carlo la nueva configuración microscópica (de la derecha) es aceptada o rechazada comparando el peso estadístico de esa nueva configuración con un número aleatorio (similar a un “cara o sello” para una moneda lanzada al aire).



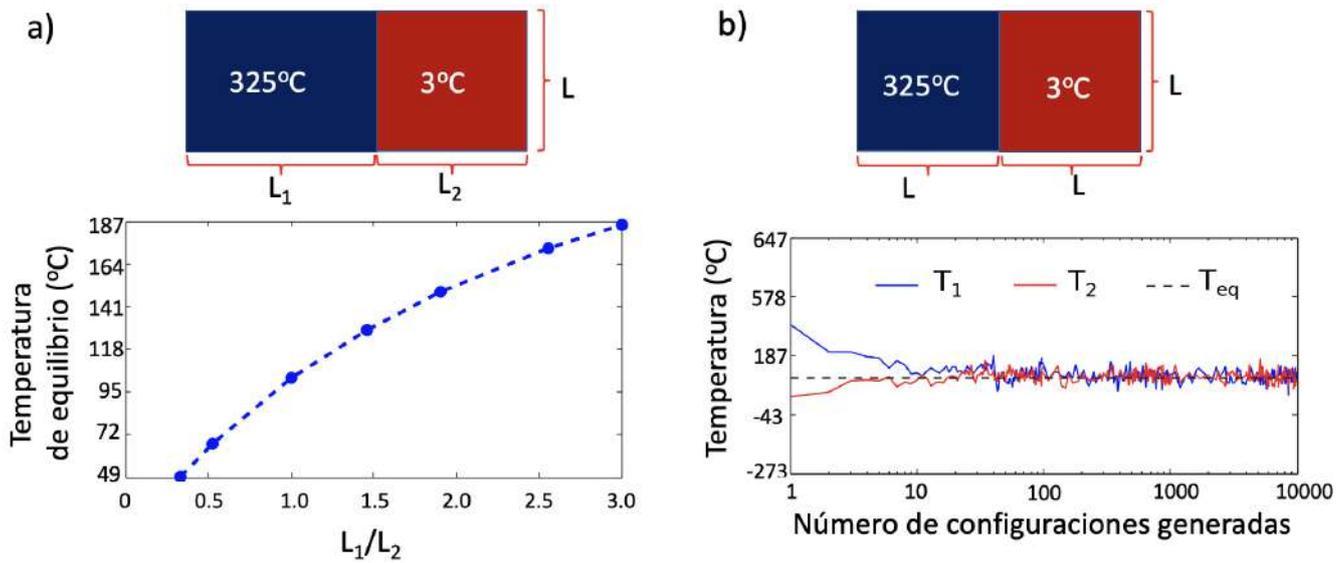


Figura 2

a) Temperatura de equilibrio de los dos sistemas magnéticos (azul y rojo) puestos en contacto (pegados) en función de la relación de sus longitudes L_1/L_2 cuando el sistema 1 (azul) está inicialmente a 325 °C y el sistema 2 (rojo) está inicialmente a 3°C. b) Temperatura de los dos sistemas desde que se ponen en contacto a medida que se van generando las configuraciones microscópicas durante una simulación Monte Carlo.

microscópicas de mayor peso estadístico (más importantes) compatibles con la propiedad física que se quiere calcular. Esta simulación Monte Carlo de 500.000 configuraciones microscópicas puede ser realizada en computadores y contabilizada para calcular propiedades físicas en pocos minutos de cálculo computacional.

En efecto, gracias a las simulaciones Monte Carlo se ha podido determinar y entender una serie de propiedades físicas principalmente en el área de la materia condensada, pero también aplicado en biología y medicina (para mayor detalle de estos resultados principales ver el libro de Landau y Binder [1]). Recientemente, en un trabajo hecho en colaboración con la Universidad de Santiago, hemos generado un método usando simulaciones Monte Carlo para generar configuraciones microscópicas de un sistema magnético con una energía fija (para detalles técnicos del método ver nuestro trabajo en el artículo Palma y Riveros [2]). En este trabajo usamos ese método para determinar la temperatura de equilibrio de 2 láminas magnéticas puestas en contacto (pegadas una al lado de la otra) promediando sobre las configuraciones microscópicas del ordenamiento magnético de las láminas en contacto. En particular, se muestra en la figura 2a, la temperatura de equilibrio de las 2 láminas cuando inicialmente (antes de ponerlas en contacto) la lámina 1 (azul) estaba a 325°C y la lámina 2 (roja) estaba a 3°C en función de la relación entre las longitudes de las 2 láminas magnéticas. Es interesante notar, por ejemplo, que cuando $L_1/L_2 = 1$ (láminas del mismo tamaño) la temperatura de equilibrio es diferente al intuitivo promedio entre las 2 temperaturas iniciales de las láminas: $(325 + 3)/2 = 164^\circ\text{C}$, lo que concuerda con que el calor específico de las 2 láminas no es constante respecto a la temperatura. Por otro lado, en la figura 2b se muestra como cambian las temperaturas T_1 y T_2 de las láminas azul y roja, respectivamente, a medida que se van generando las configuraciones microscópicas del ordenamiento de los momentos magnéticos de las 2 láminas en contacto (desde que se ponen en contacto). Se puede ver que luego de unas 100 configuraciones generadas por la simulación Monte Carlo, las temperaturas de ambas láminas magnéticas convergen a la temperatura de equilibrio (fluctuando en torno a ella).

Finalmente, también hemos utilizado “el arte” de las simulaciones Monte Carlo para determinar a través de las configuraciones microscópicas del ordenamiento magnético las propiedades de sistemas magnéticos a temperatura del “cero absoluto” (esto es a -273°C) y a temperatura muy cercana a ese valor (para mayores detalles técnicos el lector puede consultar nuestro trabajo en el artículo de Palma et al [3]); y también lo hemos utilizado en el trabajo Palma y Riveros [4] para calcular transiciones de fase cuánticas para láminas magnéticas a temperaturas muy bajas (cerca al “cero absoluto”) cuando se le aplica un campo magnético (por ejemplo al acercarle un imán grande).

En conclusión, la mecánica estadística realiza la conexión formal para entender las características físicas que observamos (macroscópicas) de los cuerpos a través de la información microscópica del cuerpo (ordenamiento a escala molecular y atómica) que no podemos ver. Esto sumado con el avance computacional para el procesamiento de cálculos, las simulaciones Monte Carlo representan un “arte” para poder calcular en la práctica las propiedades físicas en base al promedio de la información de las configuraciones microscópicas. Las simulaciones Monte Carlo son especialmente interesantes y eficientes para determinar cómo cambian las propiedades del cuerpo en función de la temperatura, por ejemplo, la magnetización o energía en función de la temperatura y puede ser aplicado incluso en física cuántica, biología o medicina.

Referencias

- [1] D. P. Landau and K. Binder, “A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics”, Cambridge University Press, (2005).
- [2] G. Palma and A. Riveros, “General method to sample systems in the microcanonical ensemble using Monte Carlo simulations”, The European Physical Journal B 94, 23 (2021).
- [3] G. Palma, F. Niedermayer, Z. Racz, A. Riveros, and D. Zambrano, “Finite-size corrections to scaling of the magnetization distribution in the two-dimensional XY model at zero temperature”, Physical Review E 94, 022145 (2016).
- [4] G. Palma, and A. Riveros, “Meron-cluster simulation of the quantum antiferromagnetic Heisenberg model in a magnetic field in one- and two-dimensions”, Condensed Matter Physics 18, 23002 (2015).

Estudiante de Ingeniería Civil Industrial comparte avances de su proyecto adjudicado ante MINEDUC en 2020

La duración del proyecto es de 18 meses y tributa al área de innovación tecnológica y de procesos, así como prácticas sustentables y medio ambiente del concurso postulado el año pasado.



Francisco Javier Arredondo Müller, estudiante de la carrera Ingeniería Civil Industrial, dio cuenta de los avances que ha tenido respecto al proyecto “Taller de prototipado y fabricación sustentable basado en el diseño e impresión 3D con polímeros plásticos biodegradables y/o reciclados”, el cual logró adjudicarse ante el Fondo de Desarrollo Institucional de Emprendimiento Estudiantil 2020 (FDI) del Ministerio de Educación.

Arredondo relató que el cronograma originalmente pautado en el proyecto se ha visto afectado, como por ejemplo en las fechas de firma de convenios y entrega de fondos, “las cuales se corrieron un poco lo que no permitió partir antes del receso de vacaciones. Esperábamos ganar ese tiempo para practicar, pero no fue posible, por lo que la partida resultó algo más lenta de lo esperado”.

En esa línea, el estudiante centralino destacó que el contexto de la pandemia ha sido el principal desafío para poner en marcha su iniciativa, aun cuando recordó que “en la formulación del proyecto estaba contemplada la situación sanitaria, pero con la esperanza de tener un 2021-2 presencial para implementar talleres en sala, lo cual se ve algo difícil”. Ratificó que la estrategia para implementar en forma práctica los talleres ha sido el principal desafío.

No obstante, respecto al proceso de ejecución del proyecto, Arredondo saca un balance positivo en torno al aprendizaje, el cual considera que “es hartito; personalmente llevaba años lejos de la impresión 3D (que es el motor del proyecto), por lo que mucha actualización de tecnología, refrescar y seguir aprendiendo en diseño 3D. Lo más importante entender que más allá de la planificación que se presenta del proyecto, se debe tener una planificación interna como ejecutante, priorización de adquisiciones, respaldo de proveedores, cotizaciones ordenadas, toda esa parte operativa que se presenta en el proyecto pero que se debe planificar aparte como ejecutante”.

El proyecto, tiene como propósito principal promover y difundir prácticas sustentables mediante innovación tecnológica y de procesos en la comunidad estudiantil de la universidad, principalmente en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, a través de una academia/taller de prototipado y fabricación sustentable basado en el diseño e impresión 3D con polímeros plásticos biodegradables y/o reciclados.

“La propuesta consiste en talleres de diseño e impresión 3D. Estos talleres se apoyarán principalmente en la infraestructura de la facultad y, con las máquinas financiadas por este proyecto esperamos implementar un mini laboratorio de prototipado y fabricación” señaló el estudiante.

Finaliza Proyecto CORFO Escala Innovación desarrollado por investigadora de la Escuela de Ingeniería y la empresa La Casona del Monte

Escalamiento Técnico y Comercial del núcleo funcional Spirulina organolépticamente tratada



La Dra. Loreto Muñoz junto a Yanett Omegna, Directora del Proyecto "La Casona del Monte" y la académica de la Facultad de Ciencias de la Salud UCEN, Claudia Narbona, fueron las encargadas del desarrollo de esta iniciativa.

Con éxito concluyó el proyecto CORFO Escala Innovación Código 19EI-106312: Escalamiento Técnico y Comercial del núcleo funcional Spirulina organolépticamente tratada. El desarrollo de esta iniciativa estuvo a cargo de la académica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Dra. Loreto Muñoz, Yanett Omegna, Directora del Proyecto "La Casona del Monte" junto a su equipo y la académica de la Facultad de Ciencias de la Salud UCEN, Claudia Narbona.

El objetivo del proyecto, que comenzó el junio del año 2019, se enmarcó en un convenio entre la empresa "La Casona del Monte" y la Universidad Central de Chile, para el desarrollo de un "núcleo funcional" en base a espirulina, fibra dietética y proteínas vegetales.

"La innovación es uno de los factores que hace la diferencia entre las empresas competitivas y las que no lo son. En este sentido, el trabajo colaborativo industria – academia, permite por parte de la empresa, tener mayor acceso a conocimiento y tecnologías innovadoras y a su vez, entrega a la academia la oportunidad de tener las perspectivas comerciales y de mercado entregada por la empresa, para que se genere un beneficio mutuo Win-Win", comentó la académica, Dra. Loreto Muñoz.

Actualmente existe una necesidad e interés por parte del consumidor, de la industria e instituciones gubernamentales, por alimentos que tengan alguna contribución a la salud, que ayuden en la prevención de enfermedades y por supuesto que favorezcan al bienestar de la población. Dado ese contexto, a través de este proyecto CORFO, se logró desarrollar un "núcleo" funcional

en base a espirulina organolépticamente tratada con la inclusión de fibras solubles, proteínas vegetales y otros componentes. Este núcleo, puede ser incorporado a diferentes alimentos listos para el consumo, mejorando considerablemente su perfil nutricional y funcional.

En este sentido, Yannet Omegna y el equipo de "Casona del Monte" agradecieron a "quienes ayudaron profesionalmente en todo el desarrollo técnico del gran desafío de formular un nuevo producto para la industria alimentaria de Chile y el mundo. En efecto, si las profesionales de la Universidad Central no creyeran en los emprendedores innovadores, estos productos hoy no serían una realidad. También hay que agradecer a CORFO que seleccionó y aprobó el proyecto, bajó la Gerencia de Innovación, cofinanciado parte del trabajo I+D+i que fue necesario para conseguir lo antes mencionado".

En el proyecto, el núcleo fue agregado exitosamente en pasta seca y fresca, galletas dulces y saladas, pan, cereales y mezclas nutritivas para consumo líquido, entre otras. Se lograron excelentes resultados tecnológicos y una gran aceptación por parte de los consumidores. Algunos de los atributos más importantes fueron la posibilidad de rotular estos alimentos como "buena fuente de fibra" y "buena fuente de proteínas", lo cual es un valioso aporte desde el punto de vista nutricional. Además, se logró comprobar que luego que estos productos son consumidos (aproximadamente 40 g/porción) logran aumentar la percepción de saciedad, disminuyendo el deseo de comer.

"Contar con la confianza de la Casona del Monte, como parte del desarrollo de sus sueños, genera un orgullo pero a su vez una gran responsabilidad, para nosotras como profesionales y parte de la Universidad Central, ya que llevar a cabo la concreción de ese sueño, implica un trabajo responsable y muy estrecho entre ambas partes, de mutuo respeto, confianza, de compartir las

Froyatt NutriShake

Caja (30 Sachet) y Doypack 280 g

Spirulina, imulina, proteína de aveja, harina tostada, quínoa, sabor vainilla.



frustraciones, así como las alegrías. Fue una experiencia muy enriquecedora y espero poder seguir participando con ellos en la realización de algún otro desafío a futuro" aseguró la académica de Facsalud, Claudia Narbona.

El desarrollo, análisis y evaluación del núcleo y prototipos de productos desarrollados con él, fueron realizados en el Laboratorio de Ciencias de los Alimentos de la Escuela de Ingeniería y el Laboratorio de Técnicas Dietéticas de la Carrera de Nutrición y Dietética de la Universidad Central de Chile.

"Para nosotras como equipo de investigación, este desarrollo fue un gran desafío, pero a su vez fue un gran aprendizaje personal y profesional. La Casona del Monte, estuvo trabajando con nosotras a la par, discutiendo resultados, sugiriendo cambios y evaluando productos, lo que nos permitió trabajar verdaderamente en colaboración, fortaleciendo el proyecto y por supuesto los resultados obtenidos", concluyó la Dra. Loreto Muñoz.

Finalmente, cabe destacar que este proyecto fue desarrollado en un 100% por mujeres, tanto por parte del equipo de La Casona del Monte, como por parte de las profesionales de la Universidad Central de Chile.



NutriShake

Kids

Spirulina Plus



EL UNIVERSO EN UNA TAZA DE CAFÉ: ¡A SU SALUD MR. HAWKING!

Stephen Hawking iluminó los agujeros negros. Un agujero negro no es tan negro, es similar a una taza de café.

• **Cristián Erices**
Dr. en Ciencias Físicas

Cuando Albert Einstein completó su teoría de la Relatividad General en 1915, jamás dimensionó el gran impacto que tendría en los años venideros. Esta teoría predice la existencia de uno de los objetos más fascinantes de nuestro Universo: los agujeros negros. Existe una evidencia abrumadora que confirma su existencia. Hace un par de años se tomó literalmente la primera fotografía, esto es, la primera imagen de la "sombra" de un agujero negro en la galaxia M87 [1,2]. El año pasado parte del premio Nobel de física fue entregado por "el descubrimiento de un objeto compacto supermasivo en el centro de nuestra galaxia". Sí, al centro de nuestra Vía Láctea, a una distancia que la luz le tomaría 26.600 años en llegar, se detectó un agujero negro [3]. Mientras tanto en la Tierra, miro la taza de café sobre el escritorio y mi vista se pierde en el oscuro café. Me deleita saber que algo tan lejano es al mismo tiempo tan similar a algo tan terrenal. Los agujeros negros después de todo, no son tan negros como podríamos pensar. Son como una taza de café.

Un agujero negro es el estado final de una estrella que al agotar su combustible nuclear que les da estabilidad, colapsa, cayendo sobre sí misma por los efectos de la gravedad hasta transformarse en un objeto infinitamente pequeño, de densidad infinita. Es lo que en física llamamos una singularidad. Alrededor de ésta se forma un horizonte de eventos, una región del espacio con la curiosa propiedad de que si algo la traspasa con rumbo hacia la singularidad, no podrá salir jamás. Ni siquiera la luz. De ahí la negrura de estos objetos.

A principios del siglo XIX comienzan a desarrollarse las primeras nociones de la termodinámica. La revolución industrial demandaba mejorar los motores a vapor y para eso necesitábamos comprender el comportamiento de los gases y líquidos. Esta disciplina estudia sistemas con una enorme cantidad de constituyentes de los que solo son relevantes las cantidades macroscópicas. La taza de café contiene una enorme cantidad de moléculas cuyas posiciones y velocidades individuales no son relevantes. Más bien, nos resulta más práctico estudiar algunas magnitudes macroscópicas como el volumen, la presión, temperatura o energía. Relaciones simples entre estas magnitudes constituyen las leyes de la termodinámica. El desarrollo de la termodinámica dio origen a la Mecánica Estadística. En ella, las propiedades individuales de las partículas del sistema pueden ser relacionadas con las cantidades termodinámicas. En la Mecánica Estadística una cantidad fundamental es la "entropía". La entropía cuantifica



el número de estados de las partículas microscópicas de un sistema que da lugar a los mismos valores de las magnitudes macroscópicas. Las moléculas de la taza de café pueden ubicarse dentro de la taza o repartir su energía de distintas maneras, y aún así a nivel macroscópico dar origen a idénticas tazas de café con el mismo volumen, la misma presión y la misma temperatura. Según la segunda ley de la termodinámica la entropía siempre aumenta, es decir, las variables termodinámicas tienden a tomar valores que maximizan el número de posibles configuraciones microscópicas. Si a la taza de café le echamos leche, probablemente los dos líquidos formarán una solución homogénea. La cantidad de estados microscópicos que producen esta mezcla es inmensamente mayor, es decir tiene mayor entropía, que aquellos donde la leche y el café quedan completamente separados, los cuales constituyen estados de menor entropía. Podemos entender entonces a la entropía como una medida del grado de desorden de un estado.

Casi 50 años después de completar la Relatividad General, cuando se pensaba que los agujeros negros eran solamente un constructo teórico, vivíamos una época efervescente en la física gravitacional. Nuestros más brillantes físicos teóricos de la época, descubrían propiedades termodinámicas de los agujeros negros [4]. Curiosamente, el área de la región del espacio donde nada puede escapar, el área del horizonte de eventos de un agujero negro, siempre crece cada vez que el agujero negro "traga" materia (estrellas, polvo, etc.). Stephen Hawking demostró este resultado en toda su generalidad. Incluso en procesos más exóticos donde la masa del agujero negro puede disminuir, el área del horizonte de eventos siempre aumenta. Lo que para Hawking era solamente una mera analogía, para Jacob Bekenstein era algo más profundo: Los agujeros negros tendrían entropía y esta sería proporcional al área del horizonte de eventos. Él demostró que en todos los ejemplos que aparentemente contradecían a la segunda ley, la incorporación de la entropía del agujero negro salvaba el cálculo. A Hawking le parecía absurda esta idea. Si los agujeros negros tuviesen entropía, estos serían sistemas termodinámicos y por tanto, deberían ser objetos compuestos de constituyentes microscópicos y estar provistos de temperatura. Cualquier objeto que tenga cierta temperatura, incluso un cubo de hielo, inevitablemente emite radiación. La radiación generada por un cubo de hielo no la podemos ver a simple vista pero en algunos casos más calientes sí. Un agujero negro en cambio, en su concepción original, debiese tener temperatura cero porque no emite nada, ni siquiera luz.

Bekenstein había evadido la cuestión de la temperatura. Para él los agujeros negros debían ser fríos y la temperatura que su propia teoría parecía implicar debía ser irrelevante [5]. Un artificio teórico en su artículo de 1972. Sin embargo, en agosto de 1975 Stephen Hawking mostró una propiedad asombrosa de los agujeros negros. Estudiando las propiedades cuánticas del vacío en las inmediaciones del horizonte de eventos, demostró que éstos emiten radiación, tal cual como si tuvieran temperatura, hoy llamada “radiación de Hawking” [6]. Hawking demostró que al emitir radiación los agujeros negros van perdiendo masa y al mismo tiempo van aumentando su temperatura hasta que el agujero negro termina su vida evaporándose violentamente, tal como una gota de agua lo hace sobre un sartén caliente. Entonces, ¿por qué un agujero negro emite radiación si nada puede escapar de él?!

Poco más de cinco años después de la Relatividad General nació la Mecánica Cuántica: La física del mundo atómico y subatómico. Una de las predicciones más profundas de esta disciplina es que el vacío, la ausencia absoluta de materia y energía, la nada misma, es inquieta. Esto se entiende debido al “principio de incertidumbre” de Werner Heisenberg, según el cual no es posible determinar con precisión absoluta la energía de un sistema y el instante en que acontece. Aún con el instrumento más preciso, nunca podríamos evitar el principio de incertidumbre. Es una restricción de la Naturaleza. La propia indeterminación de la energía, permite que la ley de conservación de la energía se declare sin jurisdicción en el mundo de lo muy pequeño. En consecuencia, en un instante suficientemente pequeño de tiempo, casi instantáneamente, un par de partículas, digamos un electrón y -su antipartícula, de igual masa y carga eléctrica opuesta- un positrón, pueden crearse y aniquilarse entre ellos, sin violar en el proceso ninguna ley física. Esto ocurre continua y aleatoriamente en cualquier parte del espacio. Hawking mostró que si este proceso cuántico ocurre en las inmediaciones del horizonte de un agujero negro, podría ocurrir que uno de los pares no pueda volver a aniquilarse, puesto que una de las partículas podría caer al interior del agujero negro, mientras que la otra quede afuera, alejándose. Si bien es cierto, la creación y destrucción de pares de partículas ocurre aquí y allá, lejos del agujero o en su interior, es sólo en el horizonte de eventos donde este proceso es relevante para el fenómeno de la radiación de Hawking. En este caso, el par perderá contacto para siempre porque la partícula que cae jamás podrá salir. La partícula exterior en cambio, podrá escapar a la atracción gravitacional y ser detectada lejos del agujero negro. Un observador distante podrá detectar un flujo de partículas provenientes del horizonte de eventos del agujero negro. El cálculo detallado que Hawking realizó, mostraba que esta radiación tenía exactamente la forma que uno esperaría de un cuerpo caliente como la taza de café.

Sabemos que la taza de café está hecha de moléculas de agua moviéndose a gran velocidad, las que en conjunto obedecen las leyes de la termodinámica, pero ¿de qué está hecho un agujero negro para que satisfaga las mismas leyes? Para esto debemos entender la descripción microscópica de un agujero negro, lo que se consigue encontrando una teoría que reconcilie a los dos pilares fundamentales de la física moderna: la Mecánica Cuántica y la Relatividad General. Una gran teoría que unifique a ambas es el santo grial de la física. Estas preguntas y muchos problemas abiertos aún, como la materia y energía oscura, han llevado a modificar la Relatividad General. Actualmente publicamos una investigación en una teoría de gravedad modificada, donde los agujeros negros presentan exóticas e interesantes propiedades termodinámicas. Esta teoría predice la existencia de agujeros negros que pueden convertirse el uno en el otro cuando alcanzan cierta temperatura, tal cual como el agua pasa de un estado a otro a determinadas temperaturas. Al hacer la cuenta, la equivalencia con los estados del agua es notable [7].

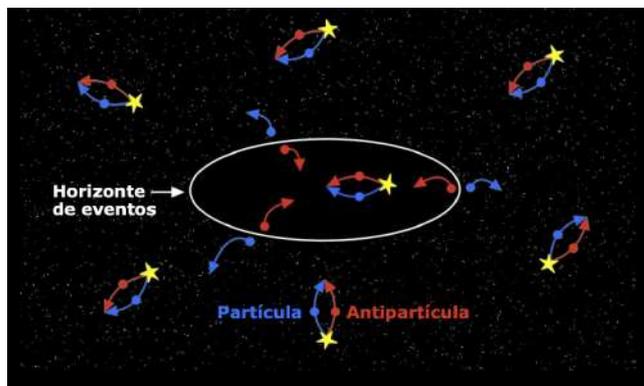


Figura 1

En las inmediaciones del horizonte de eventos el par partícula-antipartícula no puede aniquilarse. Las partículas que quedan fuera podrán ser detectadas por un observador eventualmente obteniendo una lectura en un termómetro.

La Mecánica Cuántica y la Relatividad General son teorías irreconciliables. Stephen Hawking fue el primero en encontrar un puente de entendimiento entre ambas, puesto que la radiación que lleva su nombre corresponde a un efecto cuántico en un agujero negro. Hawking iluminó la región más oscura de nuestro Universo, y abrió una puerta para seguir desentrañando la naturaleza cuántica de la gravedad. Mientras nuestros humildes esfuerzos por lograrlo aún continúan, embelesado aún mirando la taza sobre el escritorio, veo el legado de Hawking brillando desde la negrura del café. Despierto. ¡A su salud Mr. Hawking!

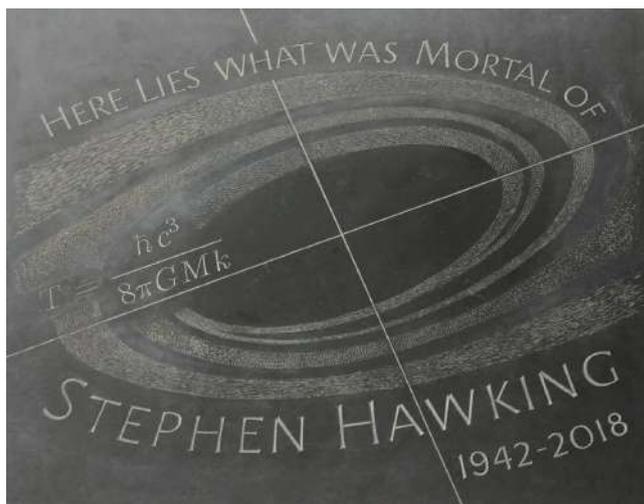


Figura 1

Esta imagen es de la tumba de Stephen Hawking (1942-2018) en la abadía de Westminster. Antes de morir manifestó que su fórmula más conocida apareciera en su tumba. Al lado izquierdo la fórmula de la temperatura de radiación de Hawking representa la temperatura de un agujero negro (T) expresada en términos de su masa (M), la velocidad de la luz (c), la constante de Planck (\hbar), la constante de Newton (G) y la constante de Boltzmann (k). Las constantes de la mecánica cuántica, la gravitación y la termodinámica relacionadas en una sola fórmula.

Fuente imagen: <https://stephenhawkingfoundation.org>

Referencias

- [1] K. Akiyama et al. (Event Horizon Telescope), *Astrophys. J.* 875, L1 (2019).
- [2] K. Akiyama et al. (Event Horizon Telescope), *Astrophys. J.* 875, L6 (2019).
- [3] R. Genzel et al. *A&A* 615, L15 (2018).
- [4] J. M. Bardeen, B. Carter and S. W. Hawking, *Commun. math. Phys.* 31, 161 (1973).
- [5] J.D. Bekenstein *Lett.Nuovo Cim.* 4, 737 (1972).
- [6] S. W. Hawking, *Commun. math. Phys.* 43, 199 (1975).
- [7] C. Elices, P. Filis, E. Papantonopoulos. arxiv.org/abs/2104.05644 (2021)

VI CONGRESO NACIONAL DE NANOTECNOLOGÍA 2021

22 AL 24 DE NOVIEMBRE

ONLINE

TÓPICOS

- Nanomagnetismo y espintrónica.
 - Nanoelectrónica, nano-óptica, nano-optoelectrónica y nanofotónica.
- Nanotecnología para la industria de los alimentos.
 - Nanomateriales en procesos sustentables, producción de energía y medio ambiente.
- Nanobiomateriales con aplicación en medicina, farmacología y toxicología.
- Dispositivos y estructuras con aplicación en minería, agricultura y forestal.
- Grafeno, derivados y materiales bidimensionales.
- Otros tópicos de nanomateriales y nanotecnología

COMITÉ ORGANIZADOR

Juan Escrig (Universidad de Santiago de Chile), Rodrigo Espinoza (Universidad de Chile), Sandra Fuentes (Universidad Católica del Norte), Gina Pecchi (Universidad de Concepción)

MÁS INFORMACIÓN

<https://sites.google.com/a/usach.cl/nanotecnologia/juan.escrig@usach.cl>



Lanzamiento del Libro de Actas ENDFi reunió a académicos de distintos países de Latinoamérica

El documento digital reúne 12 artículos sobre los trabajos y ponencias presentados durante 2020 en el I Encuentro Virtual de Enseñanza de la Física organizado por la UCEN a través de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Con una gran convocatoria que reunió a más de 50 académicos, investigadores y expertos en áreas disciplinares relacionadas a la física y su enseñanza a nivel superior, tanto de Chile como de otros países latinoamericanos, se llevó a cabo el lanzamiento del Libro de Actas ENDFi 2020, publicación digital que reúne 12 artículos que resumen las presentaciones y trabajos presentados durante el I Encuentro Virtual de Enseñanza de la Física, realizado en junio de 2020.

La actividad fue presentada por Nelson Sepúlveda, académico de Ciencias Básicas de la Escuela de Ingeniería y coordinador principal del evento que fue coorganizado junto a la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF). Además, Sepúlveda fue el articulador y principal impulsor para la consecución del libro.

Como invitados especiales estuvieron Yadrán Gómez, quien fue presidente de la SOCHEF durante 2020, el decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Christian Nicolai y los comentaristas y autores de artículos: por una parte Lisbeth Alvarado junto

a Nelson Hoyos y por otro lado Rolando Díaz, Eduardo Menéndez-Proupin, María José Carreño, Rodney Díaz y Karina Lizana.

La máxima autoridad de la Facultad, el Decano Christian Nicolai, se refirió a la importancia de “tener un texto que pueda ser referenciado -ya que cuenta con su número ISBN- de forma inequívoca todo lo que se ha planteado en los distintos trabajos que componen el libro”. Asimismo, señaló que “soy un convencido que gran parte de los problemas que debemos enfrentar hoy día los hemos ocasionado por no conocer la física como la ciencia que nos explica y nos permite reconocer la naturaleza y que implican que hagamos uso de esta disciplina en la búsqueda de soluciones”.

Después de que cada equipo de autores de artículos comentara sus contenidos, los antecedentes y metodologías asociados, se dio paso a reflexiones generales recogidas en el libro y además se compartió de forma digital como descargable.



RASGADO DEL PAPEL: ¿SE PUEDE DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE LA FRACTURA?

El rasgado del papel parece un problema de interés meramente científico, pero en realidad es un tópico que puede presentar muchos desafíos desde el punto de vista ingenieril. Por ejemplo, existen varias líneas de investigación aplicada relacionadas al packaging interesadas en diseñar estrategias eficientes de apertura y sellado de envases de alimentos, entre otras cosas.

• **Juan Francisco Fuentealba**
Doctor en Ciencias con mención en Física

El rasgar un papel es un ejercicio cotidiano en nuestra vida y lo hacemos en diferentes momentos y circunstancias como cuando necesitamos arrancar una hoja de un cuaderno, cuando abrimos un paquete o cuando despegamos un póster de una pared, pero a pesar de la regularidad con la que realizamos estas acciones no nos detenemos en los detalles de este proceso. En este artículo intentaremos motivar la discusión sobre este tipo de fenómenos, pero antes de eso debemos definir algunos conceptos. Se conoce como rasgado al proceso de fractura de una lámina que involucra grandes desplazamientos del material con respecto al plano (Figura 1), por otro lado una "lámina delgada" es un objeto en el cual dos de sus tres dimensiones son mucho más grandes que la tercera dimensión. En el caso del papel, el espesor es esa tercera dimensión, la que evidentemente satisface esta condición. En una lámina o placa delgada se puede considerar una grieta o fractura, como un punto propagándose en una superficie bidimensional, y su trayectoria podría describirse como una curva en el espacio (por ejemplo: una parábola, recta, hipérbola, espiral, etc).

Una consecuencia muy importante en la reducción del problema en una dimensión, es que se genera una dependencia fuerte de la respuesta mecánica de estos objetos con la geometría. Por lo mismo, el desarrollo de una fractura dependerá de la disposición



Figura 1
Rasgado de una lámina delgada

inicial que utilizemos para rasgar el material y los resultados en la trayectoria de la fractura pueden variar mucho de un caso a otro. En este artículo, estudiaremos el caso más simple que corresponde a estudiar la evolución de una **fractura aislada tirada por dos puntos**.

El experimento que se propone, se puede observar en la figura 2, en la cual la fractura avanza entre los dos puntos de tiro que se van alejando (el uno del otro) a medida que la fractura va avanzando. El papel utilizado en el experimento es polipropileno que es un polímero bastante común utilizado como envoltorio de alimentos por sus propiedades de impermeabilidad. El poli-

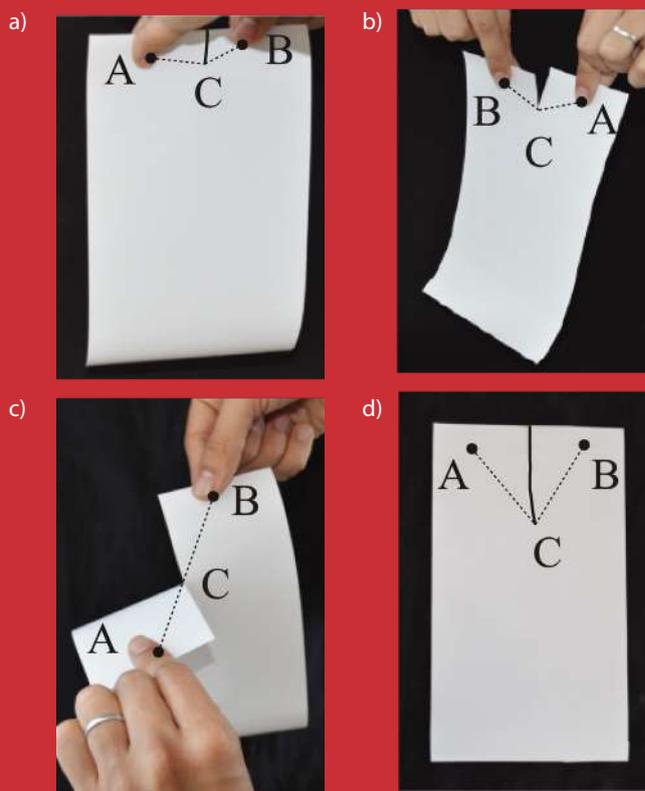


Figura 2
Set de fotografías que ilustran el rasgado del material. (a) Se seleccionan dos puntos de tiro (A y B) y se hace un defecto inicial entre estos dos puntos hasta el punto C. (b) Los puntos A y B se separan gradualmente. Las líneas rectas muestran la relación entre los puntos de tiro (o tracción) y la cabeza de la fractura. (c) Si la lámina es lo suficientemente delgada y flexible, los puntos A y B se alinean en una línea recta y la fractura se comienza a propagar cuando la fuerza es lo suficientemente grande. (d) Se supone que la lámina no se puede extender. Por lo tanto, para investigar las características geométricas del rasgado, la lámina debe observarse en una superficie plana (configuración plana).

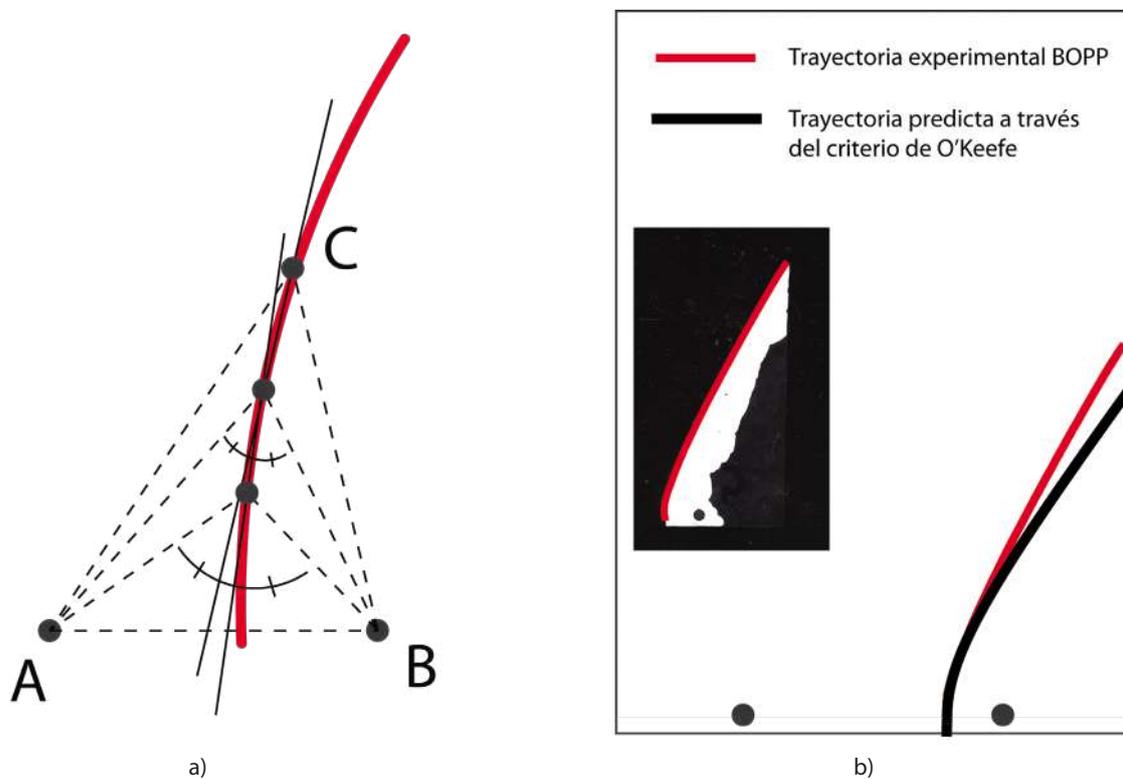


Figura 3

(a) Esquema de propagación de una fractura según condición de O'Keefe. La cabeza de la fractura (punto C) se desplaza a lo largo de la línea negra delgada que corresponde a la bisectriz del ángulo ACB. La dirección de la bisectriz, va cambiando a medida que la fractura va evolucionando. La curva roja corresponde a la trayectoria de la fractura. (b) Comparación entre curva experimental en láminas de BOPP transparente (línea roja) y curva teórica propuesta por O'Keefe (línea negra) conociendo los puntos de tiro (círculos plomos). El inserto izquierdo de la figura corresponde a una foto del experimento finalizado.

propileno, es un material bastante fácil de doblar y, a diferencia del papel regular, necesita de bastante energía para producir nuevas fracturas, aunque se rompe muy fácilmente si ya existe un defecto en el material (en la literatura se le conoce como pre-crack). Esta última condición es bastante favorable para el desarrollo de este experimento ya que evitamos el crecimiento de nuevas grietas mientras estudiamos la propagación de la fractura aislada.

Predecir la trayectoria de una fractura es un ejercicio muy complejo, lleno de hipótesis y de aproximaciones. En la mayoría de los casos, no hay soluciones exactas de las ecuaciones que gobiernan el sistema, pero el análisis energético de este tipo de problemas siempre nos puede entregar pistas sobre la naturaleza del fenómeno. Un criterio para predecir la dirección de propagación supone que la grieta comenzará a crecer tan pronto como sea posible en la primera dirección que satisfaga el criterio de Griffith, en otras palabras, la fractura se propagará en la dirección que maximiza la **tasa de liberación máxima de energía** para una fuerza dada [1]. A través de una descripción geométrica de este problema, y considerando que la punta de la fractura (punto C) y los dos puntos de tiro (A y B) forman un triángulo en su configuración plana (Figura 2d), y examinando el trabajo realizado por la fuerza, O'Keefe describió una sencilla regla para predecir la trayectoria de la fractura en este problema que consiste en que la punta de la fractura avanza en la dirección de la bisectriz de ángulo ACB [2]. Si la fractura avanza de forma infinitesimal entonces cada punto de la curva que representa la trayectoria de la fractura satisface esta misma condición manteniendo siempre fijo los puntos de tiro (en la configuración plana). A partir de esto, llegamos a la conclusión que solamente conociendo la ubicación de los puntos de tiro y la posición inicial del pre-crack entre A y B se puede, en teoría, describir la trayectoria del experimento (Figura 3a). En la figura 3b se puede observar la trayectoria de un experimento en polipropileno junto con la comparación de una curva teórica considerando el criterio de O'Keefe de propagación, podemos ver que hay pequeñas diferencias entre la predicción y la trayectoria real. Existen muchas razones que pueden explicar esta diferencia, pero en este caso son producto de la anisotropía de la lámina que se define como la diferencia entre las propiedades de un material según la dirección en que son examinadas. Takei et al., hicieron diferentes experimentos, específicamente una serie de "trouser test", en láminas de polipropileno, y encontraron que existe grados de anisotropía diferentes para diferentes direcciones, pero con una periodicidad de $\pi/2$ grados entre el valor mínimo y máximo de anisotropía. La forma de caracterizar la anisotropía del material fue a través de medir la deflexión del ángulo de propagación de la fractura con respecto a una dirección de referencia, mientras mayor es la desviación, mayor es la anisotropía [3].

Conociendo que la anisotropía del material es importante en la trayectoria de la fractura, algunos años después, Ibarra et al, 2016 [4], desarrollaron este mismo experimento (fractura aislada que se propaga entre dos puntos de tiro), reportando los siguientes resultados:

- a) Las trayectorias obtenidas en el experimento corresponden a una familia de **hipérbolas** donde los focos están definidos por los puntos de tiro.
- b) En presencia de anisotropía, la fractura no avanza en la dirección de "tasa máxima de energía liberada", si no que la fractura se desvía hacia direcciones con menos energía de fractura. Confirmando las observaciones de Takei et al.
- c) La variación del módulo de Young, en las láminas usadas, no presenta diferencias importantes con respecto a las trayectorias obtenidas. Este resultado es importante, porque justifica el hecho de que las láminas, al ser objetos delgados, almacenan poca energía en los pliegues y no necesita ser considerada en el cálculo de la tasa de máxima energía liberada.

Finalmente, Ibarra et al., 2019 [5], usando una descripción geométrica, propusieron un modelo analítico para esta configuración de rasgado en coordenadas hiperbólicas, que presenta un buen ajuste entre la

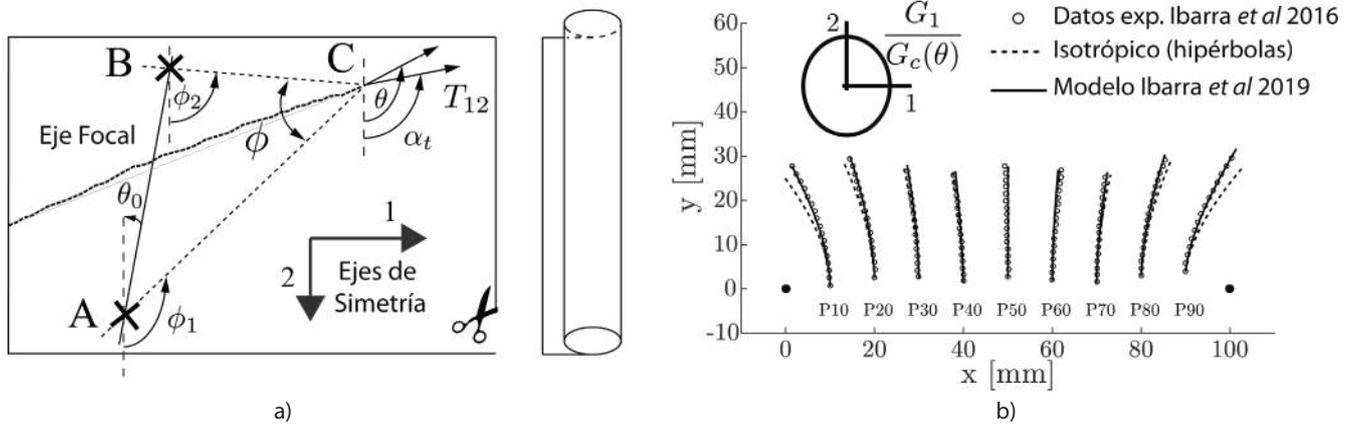


Figura 4

(a) Diagrama del experimento en configuración plana: θ indica la dirección instantánea de propagación de la fractura, y α_t la dirección del vector de tiro T_{12} (que al mismo tiempo pasa por la bisectriz del ángulo Φ). Si el material es isotrópico $\theta = \alpha_t$. En el extremo inferior derecho la orientación de referencia se traza a lo largo del eje principal de simetría de la energía de fractura (eje 1). La orientación del eje 1, con respecto al eje que une los puntos de tiro (eje focal), es θ_0 . (b) Resumen de trayectorias de fracturas observadas, presentadas por Ibarra et. al. [4], y comparación con trayectorias predichas por modelo anisotrópico. La línea que une los puntos de tiro (ubicada a 100 mm de distancia e indicada por puntos de negros) indica el eje focal. En este caso el eje de simetría 1 está orientado paralelo al eje focal $\theta_0 = 0$. Ambas figuras fueron extraídas de [5], para más detalles recomendamos al lector revisar el artículo citado.

teoría y los resultados experimentales para láminas con baja anisotropía indicando la fuerte relación entre los ejes de anisotropía del material (máxima y mínima anisotropía) y la trayectoria de la fractura (ver figura 4).

A modo de consideraciones finales los resultados de esta serie de trabajos nos invitan a pensar varias cosas. La primera es la **compleja física y matemática que está involucrada en problemas simples y cotidianos que nos da una perspectiva de que algunos fenómenos que creemos conocer, en realidad no los entendemos del todo. La naturaleza, a toda escala, está repleta de procesos no lineales**, es decir, sistemas en que la respuesta del mismo tiene un comportamiento complejo y muy difícil de predecir. En el caso del rasgado, la no-linealidad está relacionada con la fuerte dependencia que existe entre el material y la geometría del sistema. Por lo mismo, invitamos al lector a que la próxima vez que rasgue un papel, tome atención en la configuración en la cual está rompiendo el material y como esa disposición influye en la trayectoria de la fractura involucrada. En alguna próxima

edición de esta revista estaremos revisando otros problemas de rasgado que involucren interesantes e intrincadas trayectorias.

Referencias

- [1] Bourdin, B. et al., The variational approach to fracture, Journal of Elasticity 91 (2008) p5-148.
- [2] O’Keefe, R., Modeling the tearing of paper, American Journal of Physics 62, 4 (1994) p299-304.
- [3] Takei, A. et al., Forbidden directions for the fracture of thin anisotropic sheets: an analogy with the Wulff plot, Physical Review Letters 110, 144301 (2013).
- [4] Ibarra, A. et. al, The tearing path in a thin anisotropic sheet from two pulling points: Wulff’s view, Soft Matter 12, 27 (2016) p5979 – 5985.
- [5] Ibarra, A. et. al, Predicting tearing paths in thin sheets, Physical Review E 100, 023002 (2019).



Investigación YouTube





Universidad
Central

SAVE THE DATE

III Conferencia Internacional del Grupo la ValSe Food-CYTED y VI Simposio Chia-Link 2021

Valiosas semillas ancestrales iberoamericanas
para la alimentación del futuro



15, 16 y 17 de noviembre

- Tópicos:**
- Agronomía
 - Salud y Nutrición
 - Tecnología
 - Tendencias y futuro
 - Foro de empresas

Comité Organizador

Loreto Muñoz • Universidad Central de Chile, Chile
Claudia M. Haros • Instituto de Agroquímica y Tecnología
de Alimentos IATA-CSIC, España
Ma. Carolina Zúñiga • Universidad de Chile



Universidad Central de Chile @Ucen ucen.cl Universidad Central Universidad Central (CL) www.ucentral.cl



Charla “Impermeabilización de estructuras y techos verdes” convocó a estudiantes de la Facultad

La actividad se realizó el viernes 04 de junio a través de la plataforma Teams y se enmarca en la asignatura "Diseño y construcción en albañilería y hormigón armado", de la profesora Daniela Brizuela y en las actividades previas al IV Congreso de Impermeabilización.



Universidad Central
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Asociación Chilena de Impermeabilizadores

IV Congreso Chileno de Impermeabilización 2021

Más 50 estudiantes participaron de la Charla “Impermeabilización de estructuras y techos verdes”, organizada por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. La actividad contó con la exposición de Fernando Guerra, Gerente Técnico de la Asociación Chilena de Impermeabilización y la Académica UCEN, Jadille Mussa.

Esta actividad se enmarca en la asignatura de "Diseño y construcción en albañilería y hormigón armado", dictada por la académica, Daniela Brizuela, y también en las charlas previas al IV Congreso de Impermeabilización 2021.

En la primera exposición a cargo de Fernando Guerra, se trató la “Introducción a la Impermeabilización”, donde el experto destacó que “se necesitan especialistas de alta calidad para responder a los requerimientos que el sector de la construcción nos plantea”.



Por su parte, la académica Jadille Mussa, expuso sobre “La impermeabilización para incorporar los techos verdes como parte del paisaje”, donde hizo hincapié en que se “requiere trabajar multidisciplinariamente, con miradas diferentes. No necesariamente tenemos que estar de acuerdo, pero tenemos que llegar a un consenso para construir este nuevo mundo, donde estamos en tanto riesgo por este calentamiento global”.

DINÁMICA DE LA MAGNETIZACIÓN

...en láminas delgadas con defectos controlados.

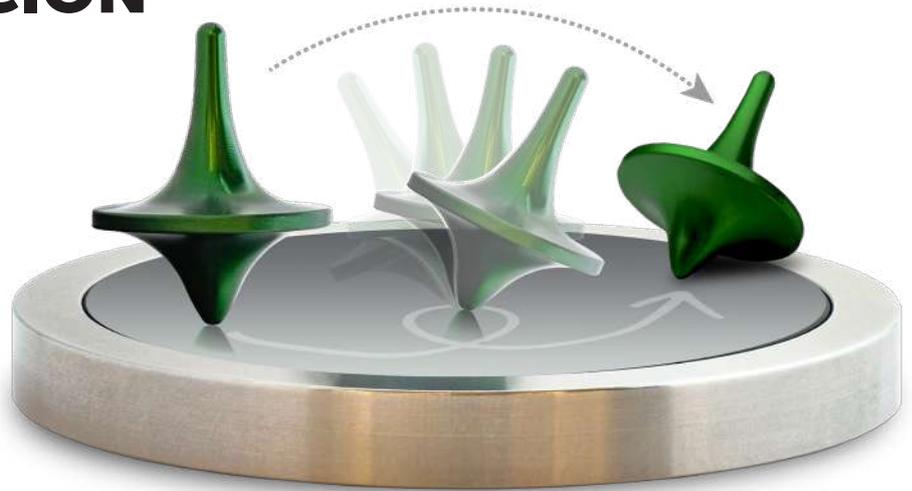
• **Juan Luis Palma**
 Doctor en Física / Académico Investigador Financ.

Este trabajo fue publicado en Scientific Reports de Nature Research [1], junto con mis colaboradores Eduardo Saavedra, Rosa Corona, Dora Altbir y Juan Escrig de la UdeSantiago, y junto con Nicolás Vidal de la Universidad de la Frontera, a quienes quiero comenzar agradeciendo por ser un excelente equipo de investigación.

Los sistemas magnéticos de baja dimensionalidad son un tema emergente en la física de la materia condensada. Estos sistemas nos ayudan a entender muchos fenómenos nuevos que nos permiten diseñar o mejorar potenciales aplicaciones en espintrónica, magnónica, electrónica o en dispositivos de microondas.

Todo esto, nos motivó a estudiar desde un punto de vista numérico, las propiedades magnéticas; tanto estáticas como dinámicas de películas metálicas muy delgadas, de diez nanómetros de espesor (recordemos que un nanómetro es la distancia que se obtiene al dividir un milímetro en un millón de partes). En particular, estas películas metálicas tienen agujeros ordenados que hemos introducido de forma artificial. En este estudio numérico, hemos diseñado en particular una lámina con agujeros circulares, y luego estos agujeros los vamos "alargando" de manera sistemática a lo largo de una dirección en particular. Esta forma en la que los "alargamos" se conoce como forma de "estadio", y es diferente de una elipse. La figura 1 muestra la forma que tienen este tipo de estructuras.

Estos sistemas de láminas con agujeros, que comúnmente se conocen como ANTIDOTS ya fueron descritos en el **volumen 5, año 2018, de la revista ingeniería al Día**, en el artículo:



DEFECTOS EN UN MATERIAL; ¿PORQUÉ SON IMPORTANTES PARA EL MAGNETISMO? Escrito por Juan Luis Palma

Los invito a leer este artículo [2], para obtener un mejor entendimiento de la geometría y entender de dónde viene el nombre "ANTIDOT".

El estudio que actualmente se presentará, es un análisis numérico, en el cual podríamos generar cualquier geometría que se nos ocurra, pero la verdad es que siempre debemos pensar en las capacidades experimentales, de crear cosas tangibles con las técnicas que hoy en día contamos en el mundo. En este contexto, hemos creado este tipo de geometría sabiendo cómo podemos sintetizar estas experimentalmente. La técnica que se utiliza es la de ablación por un haz iónico enfocado (Focused Ion Beam). Esta técnica se basa en disparar un haz de iones de Galio, que penetra en la muestra y la van destruyendo. "Es como dibujar con un cincel sobre una roca, claro que a escala nanométrica..."

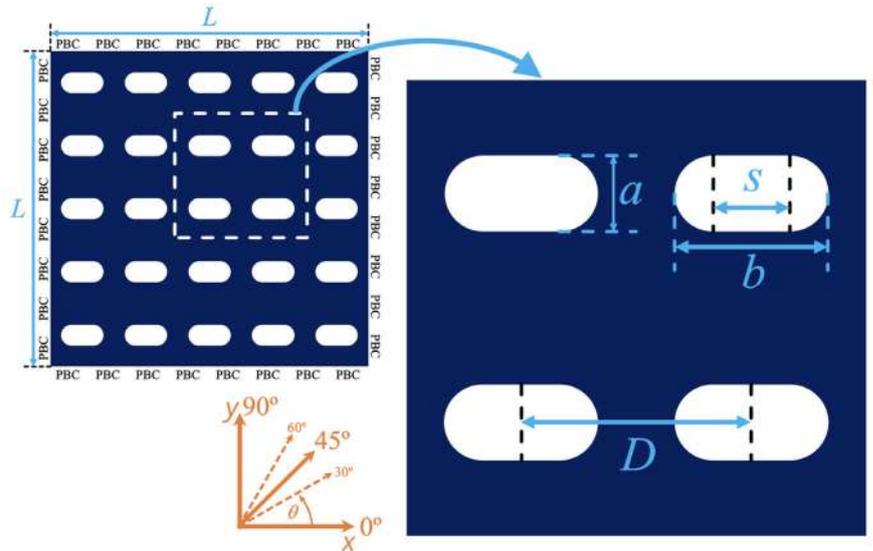


Figura 1

Representación esquemática del arreglo de ANTIDOTS con forma de estadio.

Una pregunta que se le podría ocurrir al lector es, ¿Por qué alargar los agujeros?, porque en realidad se me podría ocurrir cualquier forma de deformación de la geometría para obtener algún cambio y luego estudiar estas deformaciones en función de este cambio. Esta pregunta, la cual es muy válida, tiene una respuesta en la anisotropía. La anisotropía es una preferencia especial por una dirección que minimiza la energía de un sistema, y si alargamos los agujeros con forma de estadio en la dirección horizontal, entonces tendremos una alineación preferente de los momentos magnéticos de los átomos en

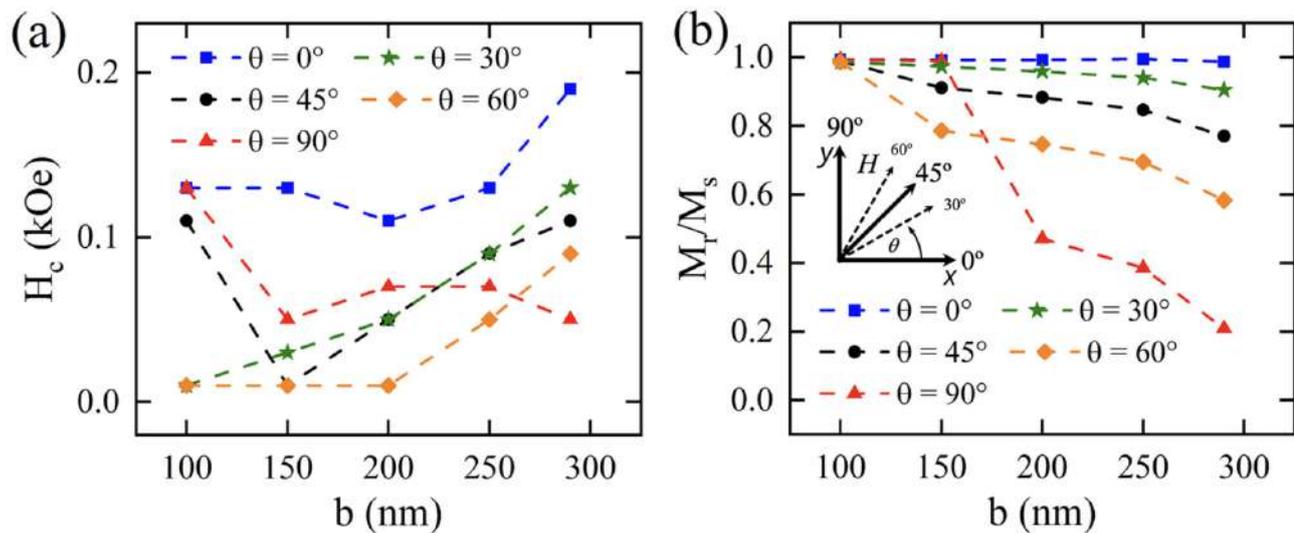


Figura 2

(a) Valores de campo coercitivo (H_c) en función de la geometría, desde agujeros circulares hasta agujeros muy alargados. (b) Valores de la magnetización remanente (M_r) en función de la geometría, desde agujeros circulares hasta agujeros muy alargados.

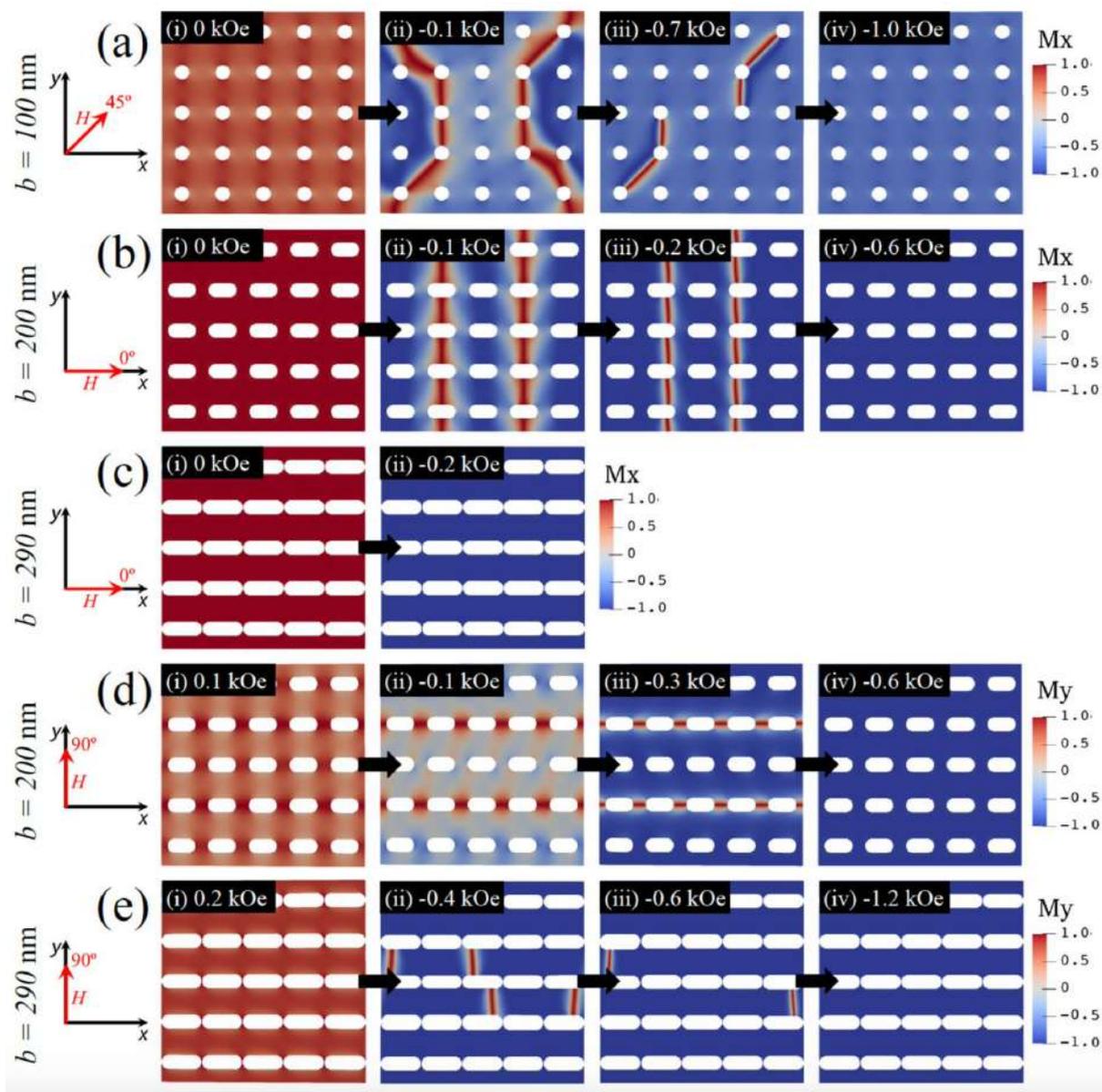


Figura 3

configuraciones de la magnetización a distintos campos aplicados, con distinta dirección de campo aplicado y con diferentes parámetros "b". En el caso de la magnetización en la dirección horizontal, dirección "x" (M_x), el color rojo indica a los espines que apuntan hacia la derecha, y el color azul a los espines que apuntan hacia la izquierda.

esta dirección. Si los momentos magnéticos prefieren estar en esta dirección, podremos estudiar cuales son las configuraciones de los momentos magnéticos que minimizan la energía de todo el sistema, y que nos permiten obtener configuraciones estables para la magnetización.

Obtener una configuración estable de la magnetización es muy importante desde el punto de vista de aplicaciones para el almacenamiento de la información. Para conocer las propiedades cuasi-estáticas de estos sistemas, hemos estudiado la reversión de la magnetización, mediante la aplicación de un campo magnético externo aplicado. Esto se hizo para diferentes valores del parámetro "b" mostrado en la figura 1. De las curvas de histéresis magnética, se pueden extraer dos informaciones relevantes (entre otras). La primera es: ¿Cuánto campo magnético externo se necesita para que la magnetización de la muestra sea cero?, el cual se conoce como campo coercitivo (H_c). La segunda es ¿Cuánta magnetización contiene la muestra cuando se disminuye el campo externo aplicado, desde la saturación hasta cero? Esto se conoce como magnetización remanente. Recordando que, la saturación de un material magnético es el estado donde todos los espines apuntan en la dirección del campo aplicado. La figura 2, muestra un resumen de estas dos cantidades en función de la dirección del campo magnético externo aplicado y del parámetro "b", que determina que tan alargado es el agujero de la muestra.

El pasar de un estado saturado a otro (digamos, un estado que apuntan todos sus espines a la derecha a un estado en dónde apuntan todos los espines a la izquierda) nos genera configuraciones intermedias en dónde se forman regiones bien definidas de espines, las que se conocen como dominios magnéticos. Estas son las que se necesitan controlar para generar dispositivos de grabación magnética. La figura 3, muestra un esquema de estas regiones en función del campo aplicado y del parámetro "b", que determina que tan alargado es el agujero de la muestra.

Estas propiedades cuasi-estáticas ya las habíamos analizado anteriormente. Ahora analizaremos cómo perturbar dinámicamente estos sistemas. Si aplicamos un campo magnético de tal manera de saturar todos los momentos magnéticos de la muestra en una dirección y luego repentinamente retiramos ese campo magnético, entonces los momentos magnéticos de este sistema, comenzaran a ordenarse de tal manera de minimizar la energía de toda la muestra. En la figura 4 se muestran los estados de mínima energía. El color rojo indica que los espines apuntan en dirección horizontal. Si un espín apunta en la dirección vertical, se volverá de color blanco. Por lo que mientras más intenso sea el color rojo, indica que los espines apuntan con una componente mayor en la dirección horizontal. Aquí podemos ver el rol que juega la geometría. Mientras más alargados sean los agujeros, existe una anisotropía en la dirección horizontal, impuesta por la geometría de la muestra. Esta diferencia es muy clara entre la muestra con agujeros circulares (Figura 4 (a)) y la muestra con los agujeros más alargados (Figura 4 (f)). Ya que en la primera se ve que en promedio los espines apuntan en 45° con respecto a la línea horizontal, mientras que en la última se ve que el promedio apunta en la dirección horizontal.

Un espín, lo podemos representar por una flecha que se encuentra apuntando en alguna dirección. Este espín está en equilibrio junto a todo el grupo de espines que se encuentran en la configuración de mínima energía. Si se aplica un campo magnético externo, el espín tratará de alinearse con este campo magnético. Para hacerlo comenzará a realizar un movimiento de precesión alrededor del campo aplicado, tal como el movimiento que hace una pirinola (o trompo) alrededor de un eje imaginario (esto se esquematiza en la figura 5). Si el campo es suficientemente intenso, el movimiento del espín terminará cuando se alinee con el campo magnético externo. De lo contrario, si el campo no es tan intenso, no logrará alinear al espín en su dirección o si la aplica-

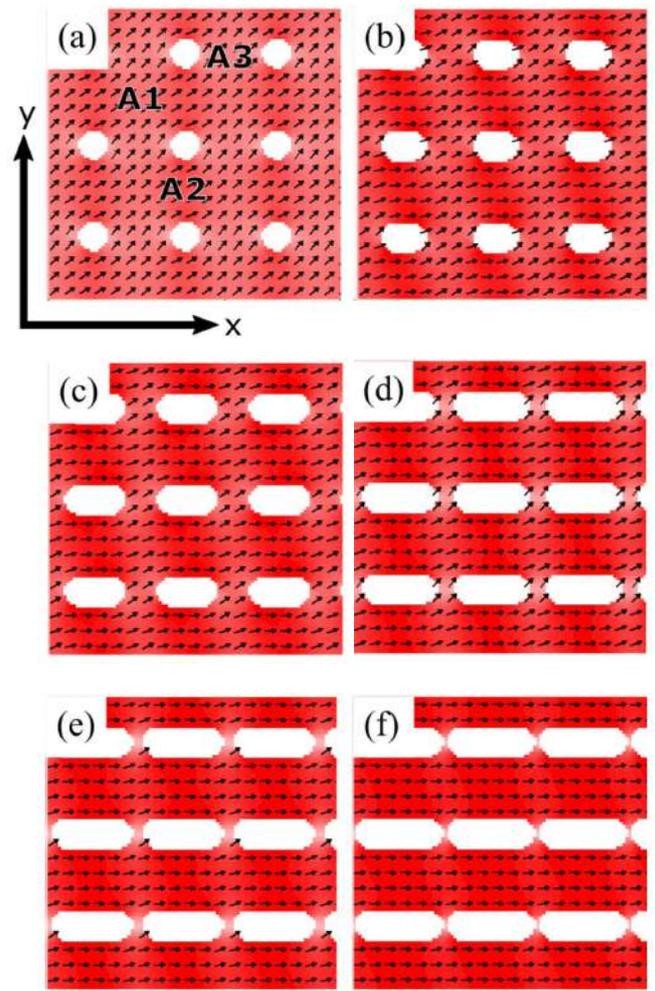


Figura 4

Estados de mínima energía.

ción de campo externo dura un corto tiempo, sólo generará un movimiento de precesión en el espín. Este movimiento del espín tiene una frecuencia y tiene una amplitud. Si esa frecuencia del espín se iguala a alguna frecuencia aplicada, tendremos una resonancia de una onda aplicada.

Estos ordenamientos de los espines, que conllevan a que la muestra tenga la mínima energía, se pueden perturbar con pequeños pulsos de campo magnético. Recordemos que los campos, ya sea eléctricos o magnéticos, son ondas que viajan en el espacio. Cuando hablamos del concepto de pulso, hablamos de una onda que dura un corto periodo de tiempo. En este caso en particular, el pulso que se le aplica a las configuraciones mostradas en la figura 4, es de la forma $h(t) = 1000 e^{-10^{19}t}$ [A/m]. Este campo equivale a 10 millones de veces el campo de la tierra (para los más técnicos en el área, al hacer esta comparación se está considerando el factor $4\pi/\mu_0$). Esto nos permite ver la evolución temporal del sistema cuando se ha perturbado. La evolución temporal de la magnetización bajo la acción del campo de excitación se recoge durante 30 nanosegundos registrando la configuración de magnetización a intervalos de tiempo uniformes de 10 picosegundos, permitiendo una resolución espectral de 0,033 GHz. El espectro de resonancias de frecuencias para estos sistemas está en el orden de los Gigahertz, la conocida banda X se le designa a las frecuencias entre 8.0 y 12.0 Giga Hertz, designado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos a nivel mundial (IEEE Society). Para imaginar estos rangos de frecuencia, debemos saber que la red de nuestro hogar funciona con una corriente eléctrica sinusoidal, como una onda, a 50 Hertz. Esto quiere decir, que una ampolleta de filamento de Tungsteno se apaga 50 veces por cada segundo.

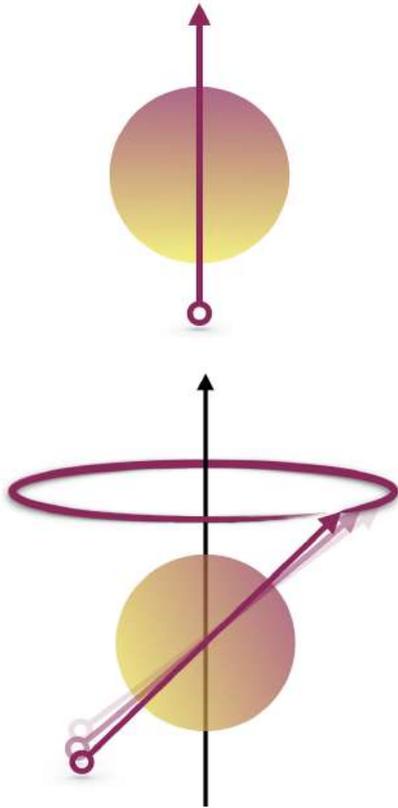


Figura 5

Movimiento de precesión de un momento magnético. Representación de espín de un átomo (arriba). Si se aplica un campo magnético, representado como una flecha negra, el espín intenta alinearse con el campo, pero no lo hace instantáneamente, sino que lo hace con un movimiento precesional (como si fuese una pirinola o un trompo).

Para imaginar una onda del orden de Giga Hertz, podríamos decir que una ampollita a esa frecuencia se apagaría mil millones de veces por cada segundo. Este tipo de frecuencias se utilizan en aplicaciones militares de radar, en la comunicación con satélites y en la comunicación con naves espaciales.

Para poder observar a qué frecuencias responde nuestro sistema, debemos obtener el espectro de resonancias y ver cómo responde la susceptibilidad dinámica a diferentes frecuencias. La susceptibilidad es una cantidad que mide el cambio en la magnetización de la muestra, cuando se cambia el campo aplicado a la muestra. El espectro que muestra la figura 6, muestra unos picos de resonancia a ciertas frecuencias. Estos picos de resonancia dependen fuertemente de la geometría impuesta por la geometría. Es decir, tenemos nuestra primera conclusión; podemos cambiar la frecuencia a la que las muestras resuenan, por el solo hecho de cambiar la geometría de la película delgada, en donde estamos incorporando una anisotropía en el eje horizontal. Si el pulso aplicado va en la dirección horizontal, observamos un espectro como en el de la figura 6 (izquierda), donde el pico de resonancia desaparece para la muestra con

agujeros más alargados que contienen una alta anisotropía horizontal. Por el contrario, si se aplica el pulso en la dirección vertical, el pico de resonancia no desaparece a medida que alargamos el agujero, e incluso, dependiendo del largo del agujero (es decir, dependiendo del parámetro b) podemos elegir la frecuencia a la cual nuestra muestra va a absorber en el espectro de los Gigahertz. Podemos decir que hemos creado un método que puede seleccionar qué frecuencias se van a absorber, o con las cuales nuestro dispositivo podría funcionar.

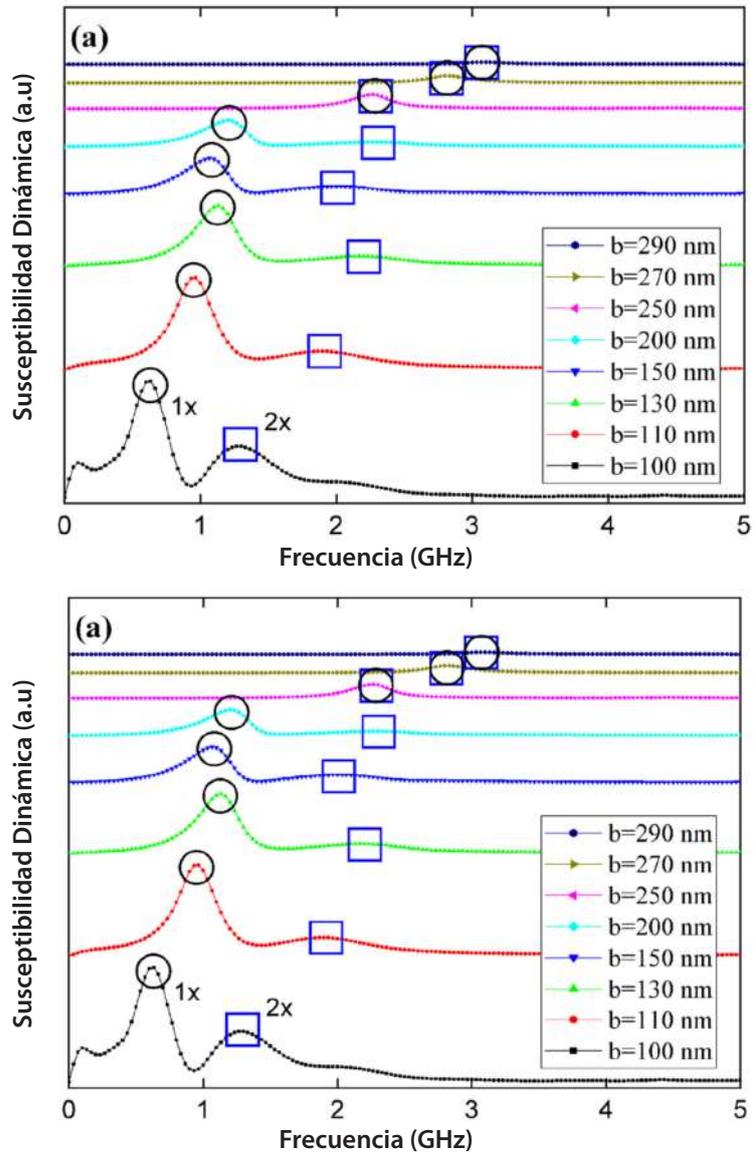


Figura 6

Espectro de la susceptibilidad dinámica que muestra la resonancia de frecuencias en función del alargamiento de los agujeros (parámetro "b" de la figura 1) para un pulso aplicado en el eje horizontal (arriba) y en el eje vertical (abajo).

Una vez que conocemos las frecuencias a las que nuestra muestra puede responder, necesitamos conocer el origen de los picos de resonancia. Para esto es necesario reconstruir los perfiles espaciales de los modos de resonancia calculando la transformada temporal de Fourier para cada sitio espacial, en cada imagen, a la que se le asocia una posición (o mejor dicho un código de color) para su frecuencia en el espectro de potencia. Esto lo veremos para un caso en particular, que se muestra en la figura 7. Cuando el pulso se aplica en el eje vertical, encontramos el resultado más interesante que nos permite elegir la frecuencia a la cual nuestro sistema produce picos de resonancia. De la figura 6 (abajo), se han clasificado los modos como 1y, 2y y 3y, los cuales solo podemos observar los peaks y la frecuencia a la que responden, pero no podemos saber en qué región de la muestra tenemos nuestros espines oscilando a esas frecuencias. En la figura 7 observamos las regiones en las cuales los espines se mueven con mayor frecuencia, o podríamos decir, observamos las regiones en donde se produce la resonancia. Las zonas rojas mostradas en la figura 7 representan las zonas en las cuales los espines tienen mayor amplitud de oscilación, y las zonas azules son las zonas en las que los espines no están oscilando, en donde los espines se quedaron quietos.

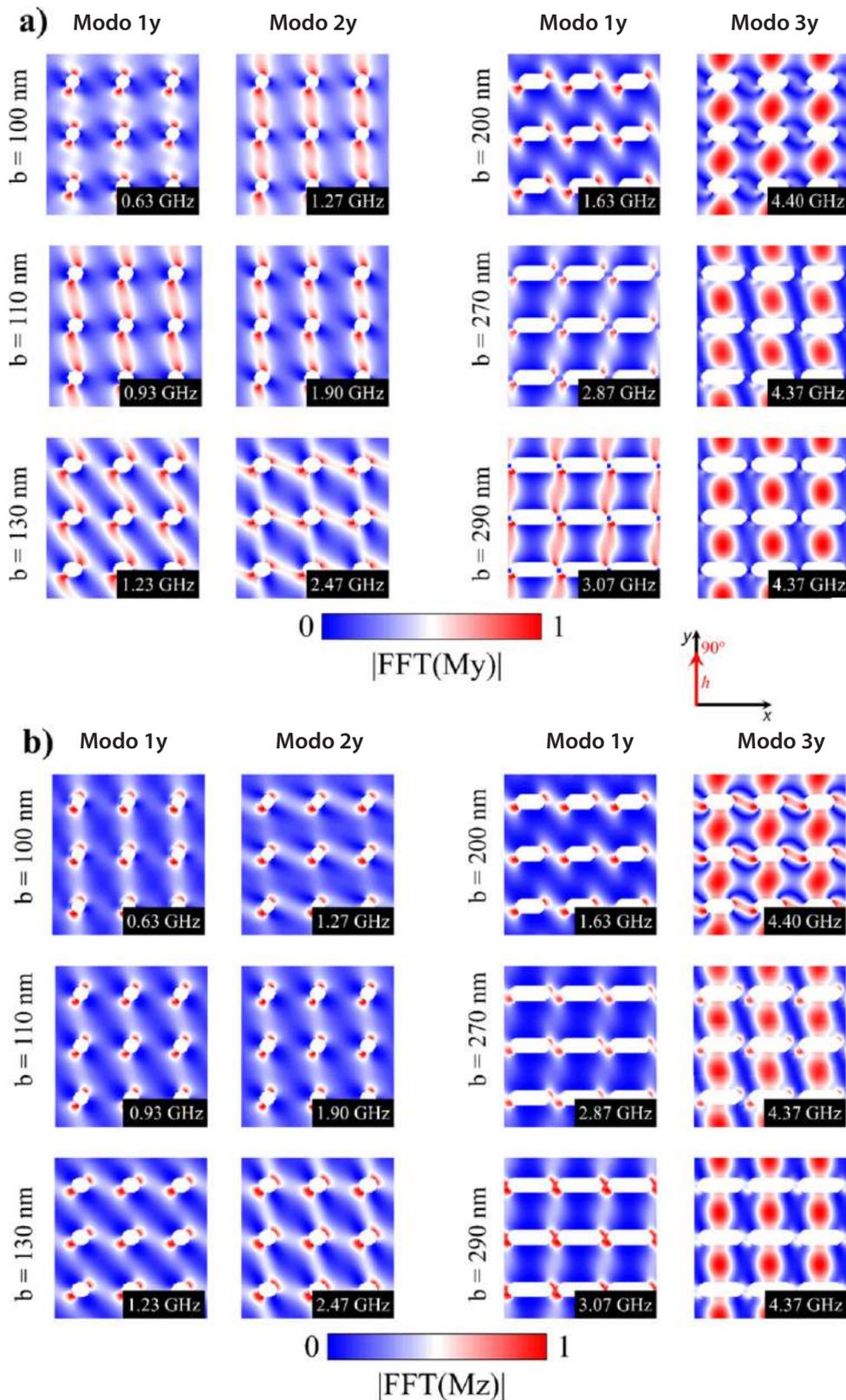


Figura 7

componente vertical (arriba) y componente fuera del plano (derecha) de la distribución espacial para cada pico de resonancia mostrado en la figura 6 (abajo), cuando el pulso de excitación se aplica en la dirección vertical. Las zonas rojas representan las zonas de mayor amplitud de precesión del espín.

Para finalizar, pero no a modo de una conclusión técnica ya que no viene al caso, podemos decir que las propiedades estáticas de estos sistemas son altamente sensibles a la geometría. Y que, además, este tipo de sistema nos permite diseñar las propiedades dinámicas. Así, tenemos un potencial para diseñar seleccionadores de frecuencias, para ser utilizados en ciertas aplicaciones, ya sea de uso militar o tecnología para misiones espaciales. Para conocer los detalles técnicos, para el lector más especializado, por favor leer la referencia del artículo [1].

Referencias

- [1] Saavedra, E. et.al., Scientific Reports, Vol. 10, 2024 (2020) p1-12.
- [2] Palma, J. L., http://revistaingenieriaaldia.ucecentral.cl/rev_5/art_5.pdf

Con éxito concluye innovador proyecto de título de alumnas de la carrera Ingeniería en Construcción

Durante el segundo semestre del año 2020, y tras un intenso trabajo, las estudiantes María José López y María José Duque, ahora tituladas de la carrera Ingeniería en Construcción, concluyeron su proyecto de título llamado "Evaluación de la incorporación de realidad virtual en la inmobiliaria Inverna".



Como exitoso fue calificado el proyecto de título "Evaluación de la incorporación de realidad virtual en la inmobiliaria Inverna", de las estudiantes de la carrera de Ingeniería en Construcción, María José López y María José Duque. El trabajo fue guiado por el académico Jaime Arriagada Araya, con la contraparte técnica de Felipe Errázuriz Guzmán, Jefe de Desarrollo Comercial de Inmobiliaria Inverna y del académico Alejandro Sanhueza de la carrera Ingeniería Civil en Computación e Informática.

A principios de este año, y considerando todas las condiciones sanitarias establecidas por la autoridad, se pudo llevar a cabo la implementación del proyecto de realidad virtual en la sala de ventas del edificio Locarno 085, ubicado en la comuna de la Cisterna. En principio la tecnología fue utilizada en las áreas de video juegos, pero se ha extendido a otras áreas donde se requieren simular procesos con alta cercanía a la realidad, además de diferentes procesos educativos.

Las ahora egresadas, López y Duque, señalaron que según el estudio realizado, el 100% de los encuestados afirmó que esta nueva tecnología, es útil para el sector inmobiliario y creen que en un tiempo más será fuertemente utilizada. Además, señalan que en esta implementación participaron 6 profesionales de la Inmobiliaria, 40 técnicos y profesionales de los subcontratos, y 24 posibles compradores.

También señalaron que "se proyectan como profesionales utilizando esta nueva tecnología, aportando en la innovación en la construcción de nuestro país, siendo de gran utilidad para el sector inmobiliario, al identificar de mejor manera las características formales y técnicas de las edificaciones".

Por su parte, Felipe Errázuriz, de Inmobiliaria Inverna, señala que "siempre es bienvenido para la industria inmobiliaria tener la oportunidad de innovar e implementar nuevas tecnologías que entreguen un valor adicional al cliente, un ejemplo de ello es la realidad virtual, la cual permite generar un acercamiento mucho más directo, al sumergir al usuario virtualmente dentro del bien inmueble del cual está interesado, logrando que pueda

estimar distancias y volúmenes que son difíciles de percibir a través de planos e imágenes, como también perspectivas, formas y nociones de espacio dentro de la propiedad, que ayudarán a que sea mucho más fácil la toma de decisiones".

Este aporte se evidencia fuertemente en las etapas tempranas de venta, especialmente para quienes compran para vivir. Las emociones son un fuerte gatillante que definen qué y dónde comprar, sumado a lo entretenido que puede convertirse el hecho de utilizar gafas y joysticks para tener un recorrido virtual.

"Esta tecnología genera un gran aporte, tanto para la inmobiliaria al utilizarla como herramienta de ventas, como también para el cliente al poder recorrer virtualmente su futura propiedad, lo cual se evidenció durante la implementación en la sala de ventas del proyecto de Locarno 085 en La Cisterna. Estamos muy agradecidos de haber participado y esperamos mantenernos a la vanguardia y seguir sumando nuevos proyectos con esta tecnología próximamente", agregó Errázuriz.

Finalmente, el profesor Arriagada destaca la continuidad que se ha tenido respecto a la implementación de realidad virtual desde el año 2018, tras adjudicarse junto al profesor Sanhueza, un proyecto interno de innovación educativa. Desde entonces, se ha aplicado en distintos cursos de la Escuela de Ingeniería y es la primera vez que la tecnología permite vincular a la carrera con la empresa, potenciando la vinculación con el medio y visualizando la influencia de las nuevas tecnologías ante los cambios de paradigmas en los procesos de edificación de proyectos de mediana y gran escala.

Además, señala que "frente a las inclemencias que ha traído la pandemia, donde se suscitaban variados problemas respecto a los tiempos, la implementación se logró resolver con una correcta coordinación y con el absoluto cumplimiento de las normas sanitarias vigentes. Ejemplos como éste potencian las líneas de investigación de los académicos, involucrando a estudiantes y empresas, resolviendo necesidades de todas las partes, colaborando a distintos actores y potenciando a la carrera y sus estudiantes".

VISIÓN POR COMPUTADOR, SU HISTORIA Y ALGUNOS PRINCIPALES HITOS

La Visión por Computador, o Visión Computacional, (V.C.) es una rama de la inteligencia artificial, cuyo objetivo es proveer del sentido de la vista a un computador o robot para que éstos puedan interactuar de forma más eficiente en ambientes complejos (uso de la visión como sensor adicional) [1].

En la actualidad, las aplicaciones de la visión computacional la encontramos en variadas áreas como la Medicina, el Control de Calidad, los Sistemas Inteligentes de Transporte, la Milicia, la Astronomía, entre otras.

• **Hernán Alejandro Olmí Reyes** • **Camilo Angel Peña Ramírez**

Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Central de Chile

Las primeras investigaciones, documentadas, relacionadas con la visión por computador las encontramos a mediados de los años cincuenta, fecha en la que aparecen los primeros computadores de propósito general y con fines no militares, tales como el UNICAV y el ENIAC (ver figura 1). Debido a los limitados recursos informáti-

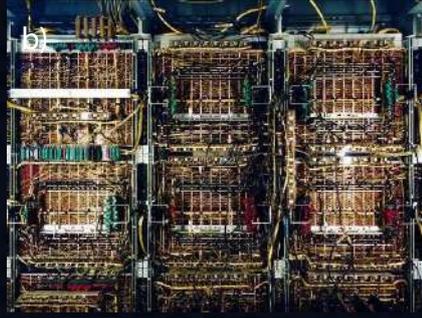


Figura 1

UNIVAC. (a) interfaz de usuario¹. (b) interior² (una de sus salas de conexiones).

cos de estos computadores, estas investigaciones no lograron resultados relevantes, lo que provocó un abandono de esta línea de investigación.

En la década de los 70's, y gracias a la aparición de computadores con mayores recursos informáticos (basados en la utilización de los primeros circuitos integrados), las investigaciones son retomadas lográndose esta vez resultados significativos. Así, por ejemplo, podemos mencionar el trabajo realizado por Roberts, en el año 1963, que demostró la posibilidad de procesar una imagen digitalizada para obtener una descripción matemática de los objetos incluidos en la escena, o el trabajo de Wichman (1967), quien presentó en la Universidad de Stanford un equipo de cámara de televisión conectada a un computador que podía identificar objetos y sus posiciones en tiempo real. Adicionalmente, se establecieron las primeras técnicas de detección de bordes, destacando los operadores de Roberts, Sobel y de Prewitt (ver figura 2) [1, 2].

Estos resultados, además de generar un nuevo conocimiento, permitieron concluir que sí es factible interactuar con un computador por medio de imágenes; y permitir, de este modo, que éste "tome" algunas decisiones. Gracias a esto, en los inicios de la década de los años ochenta se desarrollan variadas investigaciones en el procesamiento de imágenes y se aborda, por primera vez, una metodología completa del análisis de imágenes a través de un computador. En este contexto, se destaca que si bien encontramos variadas metodologías, o algoritmos, destinados al procesamiento de imágenes, el principio de funcionamiento de estos puede ser es-

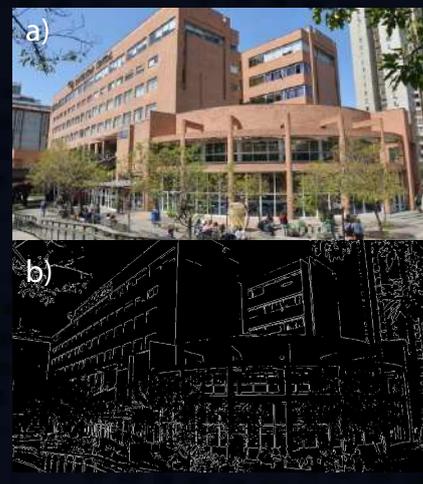


Figura 2

Detección de bordes por medio del operador de Sobel (a) Imagen, (b) bordes detectados

quematizado, de modo general, como el sistema ilustrado en la figura 3.

De modo general, podemos considerar que en las décadas de los ochenta y noventa, se desarrollaron un considerable número de los algoritmos que permitieron en los años 90 la aparición de las primeras aplicaciones funcionales (no solo de laboratorio). En este contexto, es importante destacar que estas aplicaciones eran funcionales solo en escenarios "altamente" controlados y, por ende, no aplicables a escenarios "reales". A modo de ejemplo, podemos mencionar que el Reconocimiento Óptico de Caracteres tuvo avances significativos referidos al desarrollo de sistemas para la digitalización de documentos impresos, mientras que sus resultados en el reconocimiento de caracteres en la vía pública, como lo es el caso del reconocimiento de placas patente de vehículos, no fueron tan alentadores [3].

1 Amber Case, Licencia CREATIVE COMMONS: Attribution-NonCommercial 2.0 Generic, en: <https://www.flickr.com/photos/caseorganic/3550639944>
2 Licencia CREATIVE COMMONS: Attribution-Share Alike 4.0 Internationa, en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UNIVAC_1_Interior.jpg

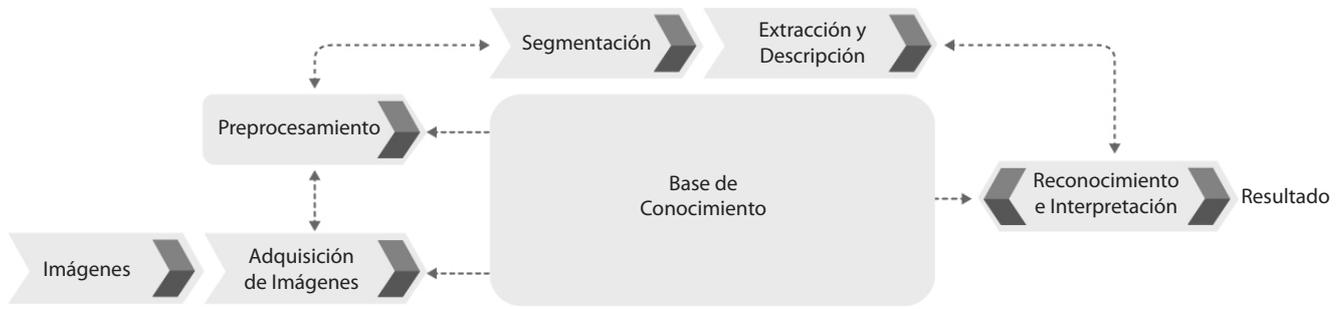


Figura 3

Diagrama de procesos de un sistema de visión por computador.

Llegado el tercer milenio, se incorporan nuevas metodologías a los sistemas de Visión por Computador, las que generan cambios de paradigmas en la implementación de algunos procedimientos, un aumento significativo en las tasas de eficacia, y una disminución considerable de la dependencia de los resultados a las características intrínsecas de un escenario no controlado. Específicamente, las nuevas metodologías son el Aprendizaje de Máquina y, la otra, la utilización de la Transformada de Características Invariante a la Escala.

Respecto a la utilización del Aprendizaje de Máquina en la Visión por Computador, se puede considerar que éste provocó dos beneficios importantes. El primero, está directamente relacionado con el proceso de reconocimiento e interpretación de características obtenidas visualmente, mostrado en la figura 3, en el cual las características intrínsecas de este proceso “coinciden” con la metodología general utilizadas por las herramientas de Aprendizaje de Máquina, como lo son las Redes Neuronales Artificiales y, las Máquinas de Soporte Vectorial, entre otras. El segundo beneficio, es su posible utilización como herramienta de apoyo, en el proceso de segmentación, y en el proceso de extracción y descripción de características. Esto último, es debido a que la totalidad de los procesos que conforman un sistema de visión por computador se “comunican” con un módulo de Base de Conocimiento y, por ende, presentan una problemática y solución acorde a los de un sistema de aprendizaje de máquina.

Por otro lado, la Transformada de Características Invariante a la Escala (conocida como SIFT debido a sus siglas en el idioma inglés) permitió contrarrestar los efectos que dificultan el reconocimiento y/o clasificación de objetos debido a sus posibles cambios de orientación, de posición y de escala. Específicamente, SIFT es un método destinado a encontrar puntos característicos en una imagen, descritos por medio de un histograma que indica la orientación de gradientes locales de la imagen, de forma que la localización y la descripción de estos puntos presente una considerable invarianza a la orientación, la

posición y la escala. A modo de ejemplo, la figura 4(b) muestra los puntos característicos detectados desde la imagen mostrada en la figura 4(a).

Respecto a los resultados obtenidos por los sistemas de Visión por Computador que utilizan técnicas de Aprendizaje de Máquina, y la Transformada de Características Invariante a la Escala, estos permitieron la aparición de aplicaciones destinadas a escenarios ya no tan controlados, obteniéndose tasas de eficacia que permitieron su comercialización. A modo ilustrativo, podemos mencionar los sistemas de reconocimiento de placas patente ubicados en diversos centros comerciales, supermercados, etc.; los que presentan eficacias cercanas al 99 %. Sin embargo, la eficacia de estos sistemas de visión por computador se reduce considerablemente al ser utilizados en escenarios no controlados, donde la eficacia promedio es de un 85 % [4-7].

Cercano al año 2010, se produce un nuevo avance significativo en la Visión por Computador. Este es la utilización de las Redes Neuronales Artificiales Convolucionales (RNAC). Estas “nuevas” Redes Neuronales Artificiales son, básicamente, el resultado de mejoras sustanciales aplicadas a una Red Neuronal Artificial clásica, y la delimitación a priori de sus casos de usos, lo que genera en cierto modo redes “especializadas” [4]. Dentro de estas redes podemos encontrar las RNAC y las Redes Neuronales Artificiales Recurrentes, las que presentan una afinidad positiva para el procesamiento de imágenes digitales; es decir, son redes “especializadas” para el procesamiento de imágenes.

Los resultados obtenidos al utilizar RNACs en los sistemas de Visión por Computador, se pueden resumir en:

- a) Un aumento significativo en las tasas de eficacia.
- b) Una disminución del grado de dependencia existente entre la efectividad y las características aleatorias del escenario.

Por otro lado, el principio de funcionamiento de las RNACs permite su incorpo-

ración no solo en el proceso de Reconocimiento y Clasificación (proceso intrínseco a los sistemas basados en el aprendizaje), siendo en la actualidad una solución factible para el desarrollo de los procesos de Segmentación, y Extracción y Descripción (ver figura 3). A modo de ejemplo, podemos destacar la utilización de RNACs para el reconocimiento automático de placas patente, en donde se ha demostrado la factibilidad de reconocer las placas utilizando, únicamente, un sistema de clasificación desarrollado por RNACs que procesa la totalidad de la imagen, es decir sin ningún tipo de segmentación previa. Esto último, es reflejado en la no existencia de un consenso entre los investigadores de que etapas de la metodología, “clásica”, de un sistema de reconocimiento de placas patentes, mostrados en la figura 5, deben readecuarse o, simplemente, eliminarse.

En este contexto, se destaca que el procesamiento de una única imagen, a diferencia del procesamiento de diversas regiones de ésta, permite obtener información global de la imagen lo que mejora y/o facilita la clasificación. Sin embargo, este método puede generar un significativo número de cuadros delimitadores que en-

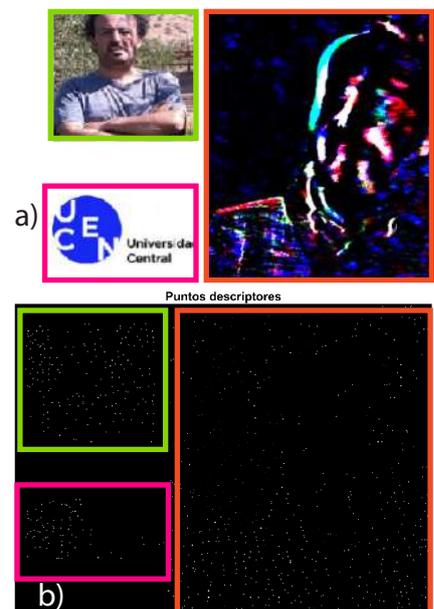


Figura 4

SIFT (a) Imagen (b) Puntos característicos de la imagen



Figura 5

Diagrama de procesos de un sistema para el reconocimiento de placas patentes por medio de visión por computador.

marcan diferentes objetos de interés dentro de la imagen. Siendo, de este modo y debido a las características intrínsecas de las RNAs, no posible la utilización “directa” de una RNA, como la RNAC, dado que la longitud de la capa de salida es variable. Por el contrario, el definir y procesar diferentes regiones de la imagen implica, por lo general, la obtención de un elevado número de zonas (regiones) candidatas, dado que los objetos de interés presentan diferentes ubicaciones espaciales y diferentes relaciones de aspecto.

Como solución a este inconveniente, encontramos algoritmos que dividen y procesan regiones de la imagen, incluyendo un indicador que especifica la probabilidad de que la zona candidata detectada posea información de interés. A modo de ejemplo, podemos mencionar la aplicación, disponible en la WEB, You only look once (YOLO). Esta aplicación la encontramos en el trabajo desarrollado por C. H. Lin, et al, [8] quienes para el reconocimiento de las placas utilizan un sistema de tres etapas basado en Mask-RCNN y YOLO. Respecto a los resultados los autores destacan que fue posible el correcto reconocimiento de las placas patente para rotaciones por encima de 60 grados, obteniéndose una eficacia cercana al 91%.

De modo general, los resultados de los sistemas que utilizan RNACs (al menos en el proceso de reconocimiento), promedian una eficacia superior al 90 % [8 - 12] en escenarios prácticamente no controlados. Por otro lado, la eficacia de estos sistemas en escenarios controlados presenta un valor, en términos prácticos, igual a un 100 [%].

Finalmente, la figura 6 muestra un diagrama temporal que detalla algunas de las

metodologías o técnicas que fueron hitos importantes en la evolución de la Visión por Computador.

Referencias

[1] A. De la Escalera. Visión por Computador Fundamentos y Métodos. Pearson Educación. ISBN: 9788420530987. (2001)

[2] E. Alegre., G. Pajares., A. De la Escalera. Conceptos y Métodos en Visión por Computador. ISBN:978-84-608-8933-5 España (2016)

[3] G. Westheimer Vision Research: Retrospects and Prospects on the 50th Anniversary of Vision Research. El sevier, (2012) doi: 10.1016/j.visres.2010.06.009

[4] Anagnostopoulos, C. N. License Plate Recognition: A Brief Tutorial. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 6(1), pp. 59-67, (2014). doi: 10.1109/MITS.2013.2292652

[5] Du, S., Ibrahim, M., Shehata, M., Bawdy, W. Automatic License Plate Recognition (ALPR): A State-of-the-Art Review. IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology, 23(2), pp. 311-325, (2013). doi: 10.1109/TCSVT.2012.2203741

[6] H. Olmí, C. Urrea, M. Jamett, Numeric Character Recognition System for Chilean License Plates in semicontrolled scenarios, International Journal of Computational Intelligence Systems 10(1), pp 405-418, (2017). doi: https://doi.org/10.2991/ijcis.2017.10.1.28

[7] B. El Kessab, C. Daoui, B. Bouikhalene and R. Salouan, A Comparative Study between the Support Vectors Machines and the K-Nearest Neighbors in the Handwritten Latin Numerals Recognition, Interna-

tional Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition 8(2), pp 325-336, (2015). doi: 10.14257/ijisp.2015.8.2.31

[8] R. Laroca et al., “A Robust Real-Time Automatic License Plate Recognition Based on the YOLO Detector,” 2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Rio de Janeiro, pp. 1-10, (2018) doi: 10.1109/IJCNN.2018.8489629.

[9] H. L. Cheng, et al, An efficient license plate recognition system using convolution neural networks, 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI), (2018). doi: 10.1109/ICASI.2018.8394573

[10] S. Hananía, Reconocimiento de caracteres presentes en placas patente chilenas situadas en escenarios semi-controlados usando procesamiento de imágenes y redes neuronales convolucionales (Memoria, conducente al título de Ingeniero Civil en Computación e informática), Universidad Central de Chile, Santiago, Chile, (2020)

[11] N. Saif et al., “Automatic License Plate Recognition System for Bangla License Plates using Convolutional Neural Network,” TENCON 2019 - 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Kochi, India, pp. 925-930, (2019) doi: 10.1109/TENCON.2019.8929280.

[12] P. Dhar, S. Guha, T. Biswas and M. Z. Abedin, “A System Design for License Plate Recognition by Using Edge Detection and Convolution Neural Network,” 2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2), Rajshahi, pp. 1-4, (2018) doi: 10.1109/IC4ME2.2018.8465630

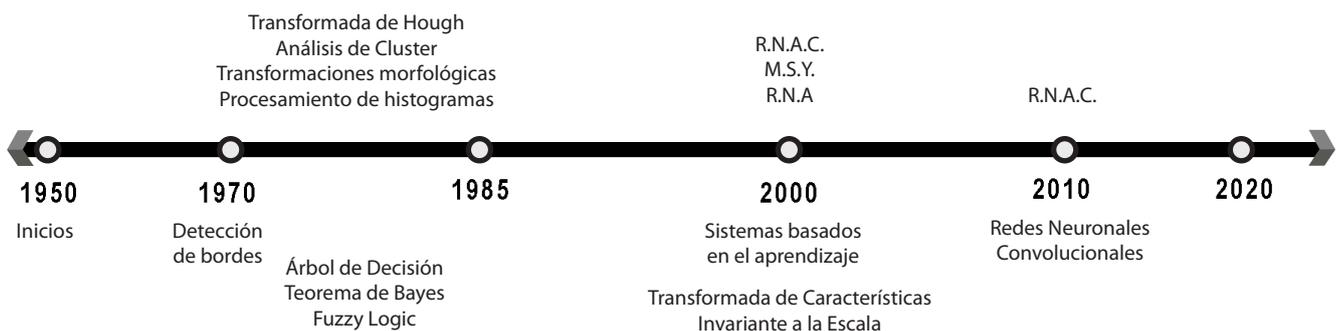


Figura 6

Evolución en los sistemas de Visión por Computador.

INGENIERÍA Y ARQUITECTURA: ENCUENTROS

Cómo lo indica el título de este artículo, el presente texto focaliza la atención en una tendencia reflexiva que, en el marco de una estructura analítica cómo la tipología polar, pone el pensar hacer, decir y pensar de la ingeniería en un extremo y en el otro la arquitectura. Aquí se despliega una argumentación que busca dar respaldo a una posición intermedia.

• **Alfonso Raposo M.**
Magister en Arquitectura

Introducción

Hay una cierta tradición que sostiene que entre ingeniería y arquitectura no hay encuentro posible. Una se encuentra circunscrita por un pensar cuantitativo y otra por un pensar cualitativo. Mi argumento al respecto es pensar, como muchos otros autores, de que esperar que se entiendan es como pensar en unir el aceite con el vinagre. Habría que reconocer que este planteamiento, en el mundo contemporáneo actual, ya se encuentra en vías de superación. El argumento que he encontrado en mis lecturas es que la mixtura del aceite y el vinagre tiene que ver más bien con un asunto de sabor. Tesis que yo comparto y suscribo ampliamente. Desde luego, está el aspecto arquitectónico de la tecno-textura con su doble rostro de artísticidad plástica y materialidad. Asunto vital tanto de la arquitectura como de la construcción de edificios. Está también del diseño ingenieril estructural y cálculo sísmico de las estructuras. En esto, los arquitectos no dudamos en recurrir a los ingenieros cuando las cosas se ponen difíciles.

No voy a probar lo que voy a decir, pero si a esbozar una sospecha. Creo que todo lo anterior es una partícula de razonamiento que habita en una esfera de pensamiento más compleja, dentro de la cual es posible intuir, que el pensar de este artículo es también, un pensar científico, a pesar de su aspecto cualitativo. Un ejemplo top al respecto es el de las matemáticas puras. Si lo pienso, su pureza radica en que su escritura es puramente simbólica, pura visibilización de caracteres, muchos de ellos de la antigüedad greco-latina. Posiblemente esto ya está mejor dicho y mejor pensado de lo que yo lo expreso. Aquí tan sólo, quería tan sólo recordarlo. ("Me ha dicho que he dicho un dicho...")

Claramente todo esto está tomando el carácter de sentido común. El asunto empieza a tornarse más complejo, cuando se trata de la materialidad de edificios patrimoniales. Pensemos en Valparaíso, cuyas zonas centrales han sido declaradas por UNESCO, patrimonio de la humanidad. En mis lecturas me enteré que en el Reino Unido hay más de un millón de edificios considerados en el "Listing Buildings II", una norma similar a las que brindan protección a nuestros edificios declarados patrimonio nacional, como lo son, por ejemplo, la Estación Mapocho y la Estación Central acá en Santiago de Chile.

El asunto tiene una trastienda aún más compleja. Premonitoriamente, la ex Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la UCEN, decidió cambiarse de nombre y se llama hoy Facultad de Ingeniería a secas, abriendo un espacio académico aparte para Arquitectura.

Esto implica una virtual renuncia a una suerte de epistemología de la Ingeniería. Arquitectura por su parte busca su epistemología en aquello que denomina Teoría e Historia de la Arquitectura, algo que Ingeniería podría encontrar en la denominada epistemología de la ingeniería. En lo que sigue, procuraremos encontrar referencias bibliográficas actuales que nos iluminen en este respecto.

Desarrollo

Tratando de resolver ese enigma me encontré con un aviso: "Experto en conservación de estructuras patrimoniales establece puentes con investigadores de Ingeniería y Arquitectura."

Cito a continuación lo señalado por este autor (Roca Fabregat, 2014)

"1. Introducción

Aunque se considera la ingeniería, hoy, como claramente distinta de la ciencia, el predominio de los componentes de la ciencia básica en la educación de los ingenieros contribuye implícitamente a transmitir la idea de que la ingeniería es, en esencia, poco más que la mera aplicación de lo exacto y lo natural, a la realidad de la práctica. Para ayudar a desafiar esta visión y contribuir a una reflexión sobre la epistemología de la ingeniería, proponemos un modelo en el que se considera que la ingeniería se desarrolla en cuatro dimensiones vinculadas en una relación transdisciplinaria. Luego articulamos este modelo con las cuatro preguntas clave de la filosofía del conocimiento [1] [2] para aclarar la naturaleza de esta relación e iluminar algunos atributos distintivos del conocimiento de ingeniería." ()

En esta materia, el autor () propone un modelo que reproducimos a continuación porque me parece una visibilización facilitadora de la comprensión de la cosa. Se trata de un diagrama que reconoce 4 modos de concebir al ingeniero, una de las cuales resulta particularmente cercana a la de los arquitectos.

En el recuadro "Ingeniero como diseñador" es claramente donde, nosotros los arquitectos podemos encontrarnos fluidamente. Como señalé anteriormente, lo hacemos, con mayor o menor éxito. Por cierto, no siempre están contentas las personas que hacen el encargo, tanto respecto de la forma como de múltiples aspectos: demasiado caro, muy duro de aspecto, muy estrecho, con muy malas instalaciones, etc. etc.





Figura 1

Es de Antonio Días de Figueiredo. Perteneciente al Centro de Informática y Sistemas, Universidad de Coimbra (2006) Coimbra, Portugal

Nosotros los arquitectos y los ingenieros también tenemos que entender que lo que hacemos sucede en un contexto complejo en que hay que tener prevista la interacción de múltiples contextos: lo político cultural, lo político gubernamental, etc. Por ejemplo ¿Qué vamos a hacer con nuestro edificio VK Vicente Kovacevic? Espero no haber estado muy disperso con lo dicho hasta aquí.

Volvamos ahora a las Estaciones ferroviarias. Omitamos mirar las del Norte y miremos acá cerca: La Estación Mapocho, La Estación Central y añadamos una más lejana: la Estación de Rancagua. Todas ellas patrimoniales. Podríamos mirar detenidamente una propuesta de modificación de la de Rancagua. Conozco personalmente esta Estación Ferroviaria. Hace años me correspondió ir con otros colegas, algunas veces en Bus, porque estábamos participando en un Concurso para un Proyecto de peatonalización una vía central: La calle Brasil, como estaba de moda en ese tiempo (Peatonalización de Calle Ahumada, Paseo Huérfanos y Calle Bandera últimamente).

Cuando estuve hace algunos años en la estación ferroviaria de Rancagua me llamó la atención de que en la Sala principal de Acceso (Foyer) hay un gran mural que representa la batalla denominada el Desastre de Santiago. Es de una gran Artista Plástica chilena denominada Voluspa Jarpa. A quien conocía yo personalmente. Menciono este hecho porque muestra cómo la artísticidad arquitectónica se entrecruza con las preocupaciones tecnológicas del Ingeniero como diseñador. Veamos brevemente la más cercana:

En materia ferroviaria el orden de preocupaciones actuales ya es otro, se vierte a consideraciones arquitectónico-urbanísticas y su articulación con aspectos de movilidad urbana y su correlato social. Considero oportuno considerar este entrecruzamiento en el caso de un Proyecto de título del joven titulado Franco Faúndez (Profesor Guía: Luciano Basauri) para examinar sus razonamientos. Presentaremos aquí, en calidad de Cita el siguiente Transcrito:

Es preciso entender el espacio público como un escenario de operaciones culturales, es decir, un escenario de manifestaciones sociales, ya que –el espacio público– constituye el espacio –en la ciudad– instituidor de identidad y desarrollo sociocultural. Así, el espacio público debiera evolucionar del carácter pasivo del parque o la plaza tradicional, para asumir un carácter proactivo, entendido como un espacio estimulante donde se conjuga un rol recreativo, destinado a las demandas de ocio y placer, con un rol interactivo, destinado a la cultura y la socialización. Así, el espacio público debiese ser capaz de reactivar espacios decadentes y obsoletos, transformándose en un detonante de actividades y desarrollo urbano y social.



Figura 2

Estación Central. Santiago de Chile. Como puede apreciarse hay una estética cultural de toda una época que caracteriza las grandes estaciones de todos los países del mundo y hay también una cultura normativa que las protege patrimonialmente. Si quisiéramos pensar en estaciones ferroviarias actuales cómo aquellas, no sería fácil encontrarlas. Actualmente lo que hay son estaciones de Metro por las cuales se echan a rodar metro-trenes.

Podemos concluir que al menos, en lo que mis apreciaciones conciernen hay concordancia. Por cierto, eso no significa que ese sea el razonamiento con que se plantean actualmente los profesores guías de los titulantes. En mi percepción, hay en ellos, un mayor énfasis en los aspectos tecnológico-constructivos, que a mi juicio colindan con el racionalismo ortodoxo.



Figura 3

(Transcrito de Wikipedia)

“Estación Central, antiguamente conocida como «Chuchunco» (en mapudungun: Chuchun-co, 'Donde se perdió el agua')?, nota 13 cambió de nombre por allí situarse la Estación Central de Ferrocarriles, que surgió a finales del siglo XIX como parte de la comuna de Santiago, por estar situado

a orillas de la Alameda, que es paso obligado para la entrada a Santiago, lo que le otorgó una importancia que se ha mantenido hasta hoy. Logró su autonomía municipal el 1 de febrero de 1985, siendo Raúl Alonso Mahn su primer alcalde designado. [cita requerida]

A pesar de ser una comuna ubicada en el límite con el centro de la ciudad, y cerca de los centros comerciales y financieros, algunos de sus barrios han sido aislados, por ejemplo, los del lado sur de la comuna. En ese sector se encontraba el ex Vertedero Lo Errázuriz, con más de 42 ha cercadas, también se encuentra la línea férrea, el Zanjón de la Aguada y el Canal Ortuzano, lo que hacía dificultosa la comunicación entre la zona sur de la comuna y comunas aledañas como Lo Espejo y Cerrillos.

¿PERO QUÉ HICISTE ROBOT?

Explicando la toma de decisiones en agentes autónomos.

• **Francisco Cruz**
Doctor en Ciencias de la Computación

El contexto

Los robots autónomos – que son capaces de aprender nuevas tareas al interactuar con su entorno – están poco a poco cada vez más cercanos a nuestra realidad. El aprendizaje por refuerzo (RL, del inglés Reinforcement Learning) [1] es una técnica de machine learning la cual brinda a los robots la posibilidad de aprender y refinar nuevas habilidades actuando y observando los cambios en el entorno producto de estas acciones. En este sentido, un robot está especialmente capacitado para desenvolverse en entornos altamente dinámicos y parcialmente observables. Esto último refiere a entornos donde las condiciones de operación no son fijas durante el tiempo de operación del robot [2]. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 1, uno podría imaginar un robot interactuando en un hogar o una oficina con diferentes personas, las cuales utilizan distintas formas para comunicarse, pronunciación en diferentes tonos de voz o con diferente velocidad, diferente jerga dependiendo la edad, diferentes tipos de gestos o lenguaje no verbal. De la misma forma, un robot desenvolviéndose en un

entorno doméstico debería ser capaz de operar durante todo el día, lo cual conlleva a diferentes condiciones de luz, e interactuar con distintos objetos de distintos tamaños, algunos situados en posiciones fijas y otros moviéndose en múltiples ocasiones (por ejemplo, una silla), personas en distintos lugares, o personas hablando al mismo tiempo.

El problema

En ese contexto, y al igual que en sistemas sociales y conductuales, un robot puede ser llamado en ciertas ocasiones a brindar explicaciones o argumentar sobre su conducta, es decir, sobre las decisiones que gatillaron las acciones ejecutadas en el entorno, desde el punto de vista del robot. Sin embargo, esto no es algo sencillo, especialmente en sistemas empíricos de caja negra, los cuales carecen de significado fenomenológico relacionado al dominio del problema [3, 4]. Adicionalmente, esta falta de entendimiento por parte de los usuarios (generalmente personas sin conocimientos técnicos en machine learning) conlleva a una falta de confianza

hacia el robot, el cual no es visto como un par en el ejercicio de desarrollar una tarea conjunta.

Una posible solución

En el último tiempo, ha existido un creciente esfuerzo por dotar a agentes autónomos con la capacidad de brindar explicaciones a su contraparte humana. La inteligencia artificial explicativa (XAI, del inglés eXplainable Artificial Intelligence) [5] ha surgido como una alternativa para analizar la toma de decisiones por parte de un sistema basado en AI especialmente enfocado hacia usuarios no expertos. Particularmente, RL explicable (XRL, del inglés eXplainable Reinforcement Learning) (ver Figura 2) se ha enfocado en brindar explicaciones especialmente de la toma de decisiones del agente, utilizando para aquello las características observadas en el entorno [6] o bien, en términos de la posibilidad de finalizar una tarea o subtarea específica [7].

Nuestra investigación en sistemas robóticos explicables (ERS, del inglés Explainable Robotic Systems) [8] ha logrado determinar la probabilidad de éxito (es decir, la probabilidad de finalizar la tarea en ejecución correctamente) luego de ejecutar una acción. Utilizando esta probabilidad podemos explicar a usuarios no expertos el comportamiento del robot usando un lenguaje mucho más cotidiano y basado en el dominio del problema.

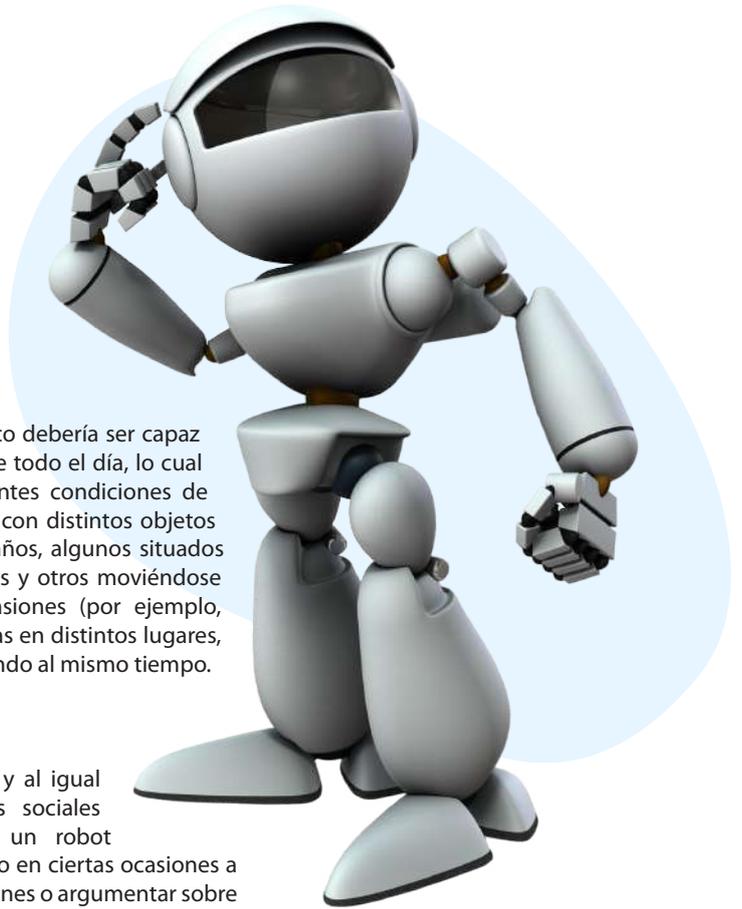


Figura 1

Robot interactuando en un entorno altamente dinámico.

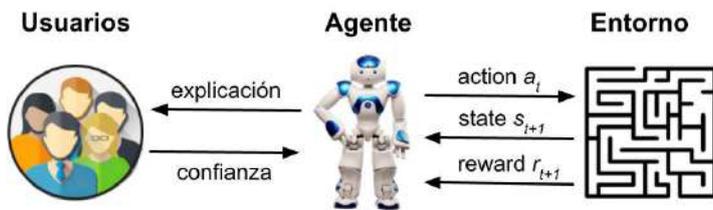


Figura 2

Aprendizaje por refuerzo explicable.

Al respecto, hemos propuesto 3 alternativas para calcular la probabilidad de éxito, basándonos en memoria, aprendizaje e introspección. Cada uno de estos métodos están dirigidos a distintos tipos de problemas, en particular a la representación utilizada, la cual puede ser discreta o continua, como se muestra en las Figuras 3 y 4, respectivamente. Además, cada alternativa conlleva distintos requerimientos computacionales respecto a la carga que introducen en el procesamiento al calcular la probabilidad. Hay que recordar que los robots, al contrario de lo que se pueda pensar, normalmente son máquinas con capacidad de procesamiento limitada.



Figura 3

Tarea de navegación robótica simulada con representación discreta.

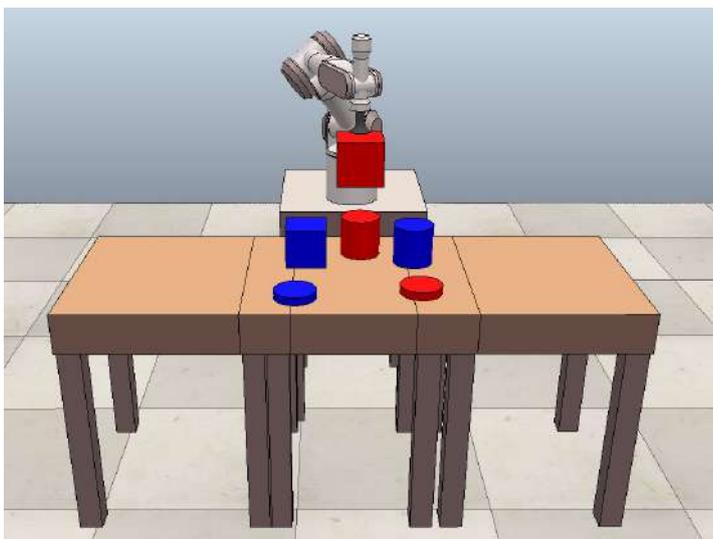


Figura 4

Brazo robótico simulado en un entorno con representación continua.

Las limitaciones y el futuro

Si bien nuestros resultados preliminares muestran que el robot es capaz de entregar una explicación basada en el objetivo a alcanzar, actualmente aún existen algunas limitaciones en este enfoque, las cuales, a su vez, representan un interesante desafío para futuros trabajos e investi-

gaciones. Por ejemplo, hasta el momento, nuestros experimentos han estado principalmente basados en simulaciones, por lo cual queda pendiente testear el enfoque en escenarios reales más complejos. Además, las tareas que hemos resuelto son de características episódicas, es decir, presentan un estado final. Sin embargo, también existe otra categoría de problemas conocidos como no episódicos en los cuales un agente debe intentar realizar una tarea continuamente durante la mayor cantidad de tiempo posible. En este tipo de problema la recompensa total acumulada por un agente puede ser virtualmente infinita.

Queda además por determinar si la probabilidad de éxito es en efecto una métrica apropiada para explicar las acciones de un robot a usuarios no expertos. Nuestra intuición nos lleva a pensar que si lo es, sin embargo, más allá de nuestra hipótesis, esto es algo que aún no ha sido demostrado. Actualmente estamos desarrollando un estudio dirigido a personas sin conocimientos sobre machine learning, en el cual puedan juzgar la utilidad de distintas explicaciones brindadas por un robot. Entre éstas estamos experimentando con explicaciones generadas a partir de la probabilidad de éxito.

En definitiva, explicar las decisiones en las cuales un robot basa su actuar no es un problema trivial. Hay diversos aspectos de distintas áreas a considerar, tales como ciencias de la computación, robótica, inteligencia artificial, interacción humano-robot, y ciencias sociales, entre otros. Sin embargo, creemos que es un desafío interesante del cual debemos hacernos cargo si esperamos confiar en los robots como pares y que éstos sean parte de nuestra sociedad en un plazo no tan lejano.

Referencias

- [1] Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement learning: An introduction. MIT press.
- [2] Cangelosi, A., & Schlesinger, M. (2015). Developmental robotics: From babies to robots. MIT press.
- [3] Cruz, F., Acuña, G., Cubillos, F., Moreno, V., & Bassi, D. (2007, June). Indirect training of grey-box models: application to a bioprocess. In International Symposium on Neural Networks (pp. 391-397). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] Naranjo, F. C., & Leiva, G. A. (2010, November). Indirect training with error backpropagation in Gray-Box Neural Model: application to a chemical process. In 2010 XXIX International Conference of the Chilean Computer Science Society (pp. 265-269). IEEE.
- [5] Dazeley, R., Vamplew, P., Foale, C., Young, C., Aryal, S., & Cruz, F. (2021). Levels of Explainable Artificial Intelligence for Human-Aligned Conversational Explanations. Artificial Intelligence, 103525.
- [6] Barros, P., Tanevska, A., Cruz, F., & Sciutti, A. (2020, October). Moody Learners-Explaining Competitive Behaviour of Reinforcement Learning Agents. In 2020 Joint IEEE 10th International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL-EpiRob) (pp. 1-8). IEEE.
- [7] Cruz, F., Dazeley, R., & Vamplew, P. (2019, December). Memory-based explainable reinforcement learning. In Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence (pp. 66-77). Springer, Cham.
- [8] Cruz, F., Dazeley, R., & Vamplew, P. (2020). Explainable robotic systems: Understanding goal-driven actions in a reinforcement learning scenario. arXiv e-prints, arXiv-2006.

“Proyecto de Reactivación Social - Parque lineal Estación de Ferrocarriles”

El ferrocarril como elemento reactivador de procesos de conexión urbana. Rancagua - VI Región. (Franco Faúndez)

Proceso de Titulación 2020– Escuela de Arquitectura
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo – Universidad Central de Chile.

Motivaciones e Intereses

Las motivaciones que me impulsan a trabajar un proyecto en base al espacio público y el equipamiento comunal, radican principalmente en indagar posibilidades que permitan reactivar y recuperar para la ciudad dichos espacios. Hoy muchos de ellos, ciertamente, en progresivo proceso de abandono y deterioro. Potenciarlos como lugares estimulantes y atractivos, que logren desencadenar situaciones de desarrollo urbano y social.

Mi interés radica en la posibilidad de explorar y proponer en la reinterpretación de un espacio eriazado, para lograr una construcción cultural, donde también se incorporan programas de carácter público, que fusionados e integrados a aquellos espacios abiertos de manera estratégica generen un proyecto global, entre arquitectura y paisaje.

La intención es hacer, desde la arquitectura, más público el espacio público, contribuyendo en la construcción cultural del paisaje, hacer ciudad de la mano con los cambios socioculturales. Partiendo como estrategia arquitectónica por el diseño de nuevos programas, mediante combinaciones programáticas, que permitan potenciar un nuevo rol al espacio público.

Descripción general y problemática

La ciudad de Rancagua se encuentra en constante crecimiento, debido históricamente al sector económico de minería, donde se implementó el uso del ferrocarril como el principal transporte,

es aquí donde se enfoca el proyecto de Regeneración Urbana de la ciudad, con el principal objetivo de revitalizar y monumentalizar la estructura de estación ferroviaria como un eje articulador, dándole una importancia urbana para generar un nuevo entorno para las actividades culturales, económicas y sociales que se desarrollan alrededor del nodo urbano de la Estación de trenes y el Barrio estación, resaltando las estructuras patrimoniales existentes sin intervenir de forma directa, generando un parque lineal en la envolvente de la estación y a su vez una conexión entre el umbral Oriente y el Poniente unificando este nodo central de la ciudad. La Problemática de este entorno radica en el abandono por parte de las organizaciones de EFE (Empresa de los Ferrocarriles del Estado), Ministerio de obras Públicas (MOP) y el municipio Rancagua, para llevar a cabo un proyecto de carácter urbano de espacio público en el sector céntrico que divide a la ciudad en dos polos. En donde se visualiza una potencial intervención e inversión por parte de los actores que influyen en dicho lugar.

Análisis

Frente a los desafíos planteados sobre la posición del suscrito en el presente texto, debo desplegar algunos elementos multi-relacionados que operan como contexto. El principal es que este trabajo es un “caso de estudio”. Se trata del caso de una revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central de Chile (FINARQ). Personalmente nunca había escrito para una revista de tal filiación institucional, e ignoraba completamente el carácter de sus esquemas de presentación. Reconozco que lo sospechaba, pero en nombre de la causa que anima a la FINARQ, lo hice, y sí, era un “lecho de Procusto” (Brevemente: en la Mitología Helénica, Procusto era un personaje que raptaba a los caminantes de un sendero y los acostaba en su lecho, luego los estiraba si quedaban cortos o los recortaba si eran más grandes. Si habían justo los dejaba ir. Espero que en este caso me dejen ir.)



Universidad Central



Admisión 2022

CONOCE NUESTRA OFERTA ACADÉMICA EN:
ucentral.cl/admision

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

- **Arquitectura** (Santiago - La Serena)
- **Arquitectura del Paisaje** (Santiago)
- **Geología** (Santiago)
- **Ingeniería Civil en Computación e Informática** (Santiago - La Serena)
- **Ingeniería Civil en Minas** (Santiago - La Serena)
- **Ingeniería Civil en Obras Civiles** (Santiago)
- **Ingeniería Civil Industrial** (Santiago - La Serena)
- **Ingeniería en Construcción** (Santiago)
- **Licenciatura en Astronomía** (La Serena)

Decano Christian Nicolai moderó diálogo CPI “Internet para tod@s, ¿cómo lograrlo?”

La instancia organizada por el Consejo de Políticas de Infraestructura reunió a diversos expertos quienes abordaron la infraestructura digital.



El martes 25 de mayo, el decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (Finarq) de la Universidad Central, Christian Nicolai, moderó el diálogo del Consejo de Políticas de Infraestructura (CPI), titulado “Internet para tod@s, ¿cómo lograrlo?”.

En la instancia participaron los presidentes de la Fundación País Digital, Pelayo Covarrubias, y de la Cámara Chilena de Infraestructura Digital, Rodrigo Ramírez; además de las alcaldesas de La Pintana, Claudia Pizarro, y de María Pinto, Jessica Mualim.

El CPI, que es presidido por el expresidente de la República, Eduardo Frei Ruiz-Tagle, tiene dentro de sus líneas de trabajo la infraestructura digital, la cual es invisible. Sin embargo, debido a la pandemia este tema ha cobrado relevancia tanto en el teletrabajo como en la educación a distancia, tema que abordaron los expositores.

“Para el CPI es motivo de orgullo tener este diálogo que forma parte de nuestro quehacer, mirado lo que hay que hacer para que se logre la inversión en infraestructura digital”, comentó Christian Nicolai, decano de Finarq y consejero del CPI.

Según un estudio realizado por la entidad, la inversión estimada para llegar con internet domiciliario al 100% de la población urbana del país alcanza los US\$25.000 millones. Según indicó el Decano Nicolai, de este monto, US\$1.700 millones son para cerrar la brecha de acceso en las localidades donde no hay servicio fijo ni móvil; US\$5.500 millones en redes de fibra óptica para el 80% de los hogares; US\$6.000 millones para expandir la red 4G existente; US\$5.800 millones en redes de transporte y respaldo backbone y US\$6.000 millones para sistemas radiantes y de fibra óptica para despliegue de 5G.



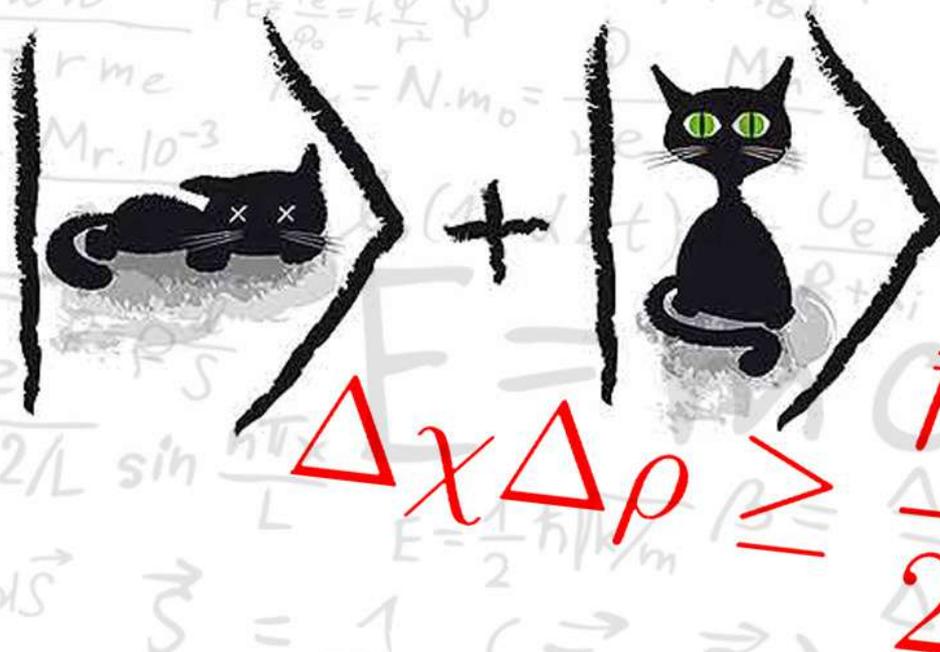
UMCE

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA



VII Encuentro Nacional de Didáctica de la Física

**21, 22
y 23 de
octubre**



Enseñanza de las ciencias físicas, en tiempos de incertidumbre

Integrantes SOCHEF, desde UCENTRAL

Nelson Sepúlveda
Presidente

Verónica Ramírez
Secretaria General

Más
Informaciones



¿POR QUÉ ES NECESARIO INCORPORAR ENFOQUE DE GÉNERO EN LOS PROCESOS DE CREACIÓN CIENTÍFICA?



Por años, décadas y siglos las mujeres hemos estado excluidas de este ámbito de trabajo y desarrollo. ¿No estuvimos? o ¿No nos quisieron ver?, esa pregunta que hoy puede ser mucho más sencilla de responder, hace una década atrás era un elemento de disidencia, pese a la evidencia que avala que las mujeres no fuimos visibilizadas en nuestros aportes a la producción científica. Hoy por fortuna está consensuado: no nos vieron y no nos quisieron ver. Pues el aporte de las mujeres al mundo de la ciencia, data desde hace muchísimo tiempo con una Marie Curie en el mundo de la física, o una Eloísa Díaz como primera médica en América Latina, o Rita Levi-Montalcini investigadora de las células y Premio Nobel de Medicina en el año 1986, ellas son por nombrar algunas de las mujeres que abrieron camino para que otras podamos hoy re-pensarnos en nuestras decisiones y las que vienen puedan decidir si quieren dedicarse a profesiones marcadas por el cuidado de otros/as o por la investigación, el desarrollo del conocimiento, la innovación y la tecnología.

Un antecedente que nos puede ayudar a comprender porqué las mujeres no eligen carreras que históricamente han sido vinculadas al mundo de lo masculino, es la socialización en los espacios primarios como es el espacio pre-escolar. En el jardín, como comúnmente se le conoce en Chile, nos orientan en elecciones que implican para las niñas el cuidado y la realización de tareas domésticas y en el caso de los niños, trepar, subir y hacer deporte, desarrollar acciones con su propio cuerpo, uso y armado de piezas, organización de materiales. Esta forma de orientar nuestras elecciones provoca desarrollos cognitivos que en el caso de los varones promueve el pensamiento lógico-matemático y en el caso de las niñas orientará la elección de trayectorias profesionales vinculadas al cuidado y protección de los otros/as. El fomento de la curiosidad, las ganas de conocer nuevas cosas, la búsqueda de nueva información, también es un aspecto que puede influir en nuestras decisiones futuras.

Diversos estudios avalan lo mencionado anteriormente: desde la primera infancia, las niñas se autoperceben como menos inteligentes que los niños, particularmente en el área científica, las investigaciones proponen que la socialización recibida en este primer ciclo educativo está marcada por los estereotipos de género que influirán en la elecciones y decisiones futuras. Así, los diversos agentes socializadores (el sistema educativo, la familia, los medios de comunicación, el uso del lenguaje, la religión, etc) tienden a asociar tradicionalmente la masculinidad con el poder, la racionalidad y la productividad (en términos económicos y salariales) entre otros, mientras que la femineidad se asocia con la pasividad, la dependencia, la obediencia y aspectos de la vida privada, como el cuidado o la afectividad [Bosh y Ferrer, 2013; Pastor 1996, Rebollo 2010].

Por cierto y tal como señalara nuestra socialización primaria en los espacios familiares fomentan conductas, opciones, decisiones, incluso colores que en el caso de las niñas se asocian a la expresión de sentimientos, el cuidado de los otros y la protección emocional de la familia. Por otra parte, vemos a los niños socializados en su rol de protectores, proveedores y con la utilización del Logos por sobre todas las cosas, estereotipos que por cierto corresponden a una heteronormatividad hegemónica, pues tampoco todos los hombres son así y con el paso de los años estas figuras se desdibujan bajo el diseño de un nuevo pacto entre los géneros.

En este mismo sentido y con el fin de ir acotando las brechas de género en estos ámbitos, el Ministerio de Ciencias y Tecnología impulsa desde el año pasado la elaboración de la Política en materia de ciencias e Innovación basada en el enfoque de género, dicha política ya está disponible y en ella señala que "De todas las transformaciones posibles para fortalecer nuestras capacidades, corregir la brecha de género es sin duda la más apremiante, y la que tendrá un mayor impacto potencial. Cerrarla implica aumentar nuestras posibilidades de encontrar talento y crea-

tividad, de hacer más y mejor ciencia, tecnología, conocimiento e innovación, y de construir una sociedad más justa, creativa y talentosa" (Min. Ciencias y Tecnología ,2021)

En este contexto, de tanto movimiento y cambio social, el enfoque de género adquiere una relevancia indiscutible, por cierto gracias a la fortaleza y el despliegue de los movimientos de mujeres que han puesto sobre la palestra la necesidad de visibilizarnos y de ejercer nuestro derecho de ocupar espacios que estaban vetados por el solo hecho de ser mujeres. Es responsabilidad de todos y todas impulsar políticas públicas y privadas que promuevan la participación de las mujeres en todos los ámbitos del desarrollo de nuestra sociedad.

Es por ello, la necesidad urgente de ampliar los espacios de sensibilización en estas materias, de formarnos y conocer a qué hacemos referencia cuando hablamos de género cómo impacta nuestra vida y posibles elecciones y trayectorias profesionales y de esta manera re-pensarnos en un contexto que fomente y promueva la participación femenina en aquellos espacios que históricamente han sido cerrados, de tal manera de democratizar el conocimiento y de esta manera construir una sociedad más rica, más justa y solidaria para todos y todas.

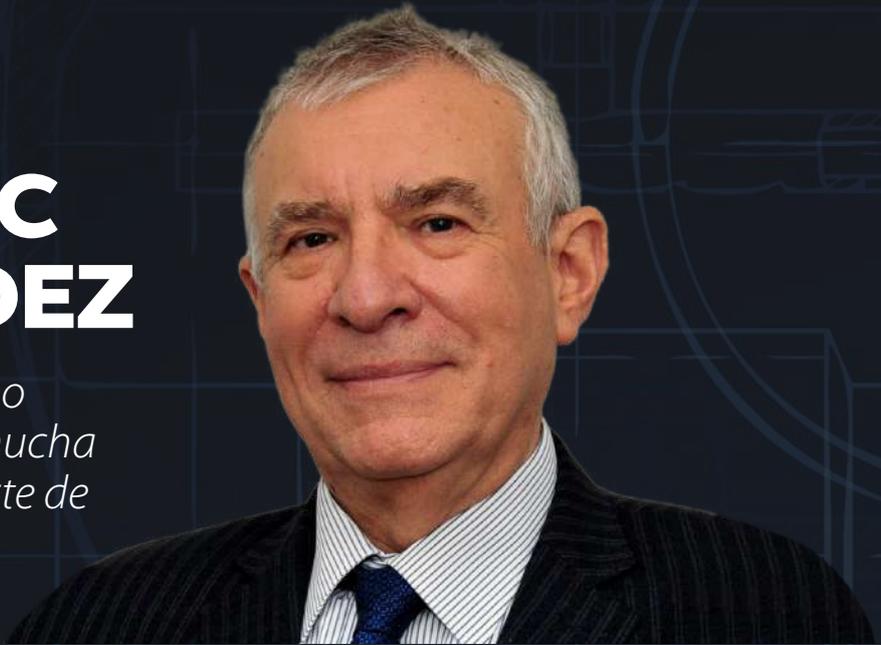


• Por Priscilla Carrasco Pizarro
Jefa de la Unidad de Género y Diversidad UCEN

Entrevista a

JORGE YUTRONIC FERNÁNDEZ

“La tecnología da mucho poder, lo que requiere mucha responsabilidad por parte de la ingeniería”



Si queremos hablar de tecnología, innovación, investigación aplicada o transformación digital en empresas y educación superior, sin duda Jorge Yutronic es la persona indicada. El Ingeniero Civil Electricista de la Universidad de Chile, se ha destacado por su vasta experiencia como consultor internacional en la materia, tanto en instituciones públicas como privadas.

Además, en la reciente década ha trabajado activamente en la incorporación de vehículos semiautónomos en la minería subterránea con el establecimiento de estándares tecnológicos y modelos de trabajo para aumentar la eficiencia industrial y de la minería, con la incorporación de sistemas digitales integrados de operación y producción.

Toda esta trayectoria le ha valido importantes reconocimientos como el Premio Medalla de Oro Instituto de Ingenieros de Chile el año 2019; Member Governing Board of International Center for Science, Technology and Innovation, Kuala Lumpur, Malaysia el año 2008 y el Premio Ingeniero Sobresaliente otorgado en forma conjunta por IEEE (Institute of Electronic and Electrical Engineers, USA) y AIE (Asociación de Industrias Eléctricas y Electrónicas de Chile), el año 2007, entre otros.

El último tiempo ha enfocado su trabajo en la articulación entre universidades y empresas, con el objetivo de aumentar los impactos en la sociedad a través de la Investigación aplicada, innovación y emprendimiento, transferencia tecnológica, vinculación con el medio y renovación e internacionalización de la educación superior. En este contexto, en Revista Ingeniería al Día conversamos con él sobre la nueva mirada de la ingeniería teniendo en cuenta la transformación digital, con énfasis en la educación.

Con los grandes desafíos que plantea la ciencia y la transformación digital ¿Cómo las instituciones de educación superior se pueden preparar para afrontar los cambios ?

Los desafíos que tiene el entorno educacional, social y económico, requieren principalmente de la inter y multidisciplinarietà. Ante esto, las instituciones de educación superior se están preparando mediante los siguientes tipos de iniciativas: analizando sus funciones de docencia, investigación y vinculación, con el uso

de plataformas digitales; capacitando a sus académicos y profesionales; orientando a sus estudiantes en modalidades flexibles e híbridas; renovando su organización; y otras.

Es necesario que las instituciones profundicen su preparación: usando los significativos avances del conocimiento a nivel internacional en los procesos de enseñanza – aprendizajes (por ejemplo, data science, neurociencia y varios otros); desarrollando plataformas digitales de nueva generación.

En el caso de la Universidad Central, la Facultad está articulada entre Arquitectura e Ingeniería, lo que genera una sinergia, siempre que respete las características de ambas profesiones.

¿Cuáles son los beneficios y riesgos de asumir estos desafíos de transformación digital, mirados desde la cultura organizacional de una institución?

Los beneficios de la transformación digital, bien hecha, son la obtención simultánea de más calidad y mayor efectividad en las diferentes funciones de educación superior, particularmente en docencia; desarrollo de comunidad y empoderamiento de las personas. Mientras que los riesgos de la transformación digital, cuando es inadecuadamente hecha, son las inversiones no conducentes a resultados valiosos; efectos indeseados en académicos, estudiantes, profesionales, directivos, tales como insuficiente empatía y escasez relaciones personales presenciales o eventuales problemas con la privacidad de datos personales.

Otro riesgo asociado a la transformación digital en una institución, cuando ella se hace tardíamente o no se hace bien, es la asimetría importante que se produce con otras instituciones que sí lo hacen bien. Y por consiguiente la pérdida de atracción de estudiantes y del posicionamiento institucional frente a actores del ecosistema.

En el actual proceso de transformación digital, las instituciones educativas buscan contribuir con innovación al desarrollo del país y al mismo tiempo usar los avances en su beneficio ¿Cómo se pueden compatibilizar ambos procesos tan importantes?

El tema digital permite y facilita el diálogo y la convergencia entre diferentes actores.

Debemos tener la capacidad de ir probando avances tecnológicos de forma rápida e ir viendo los que se quedan y los que no. Mirar con dinamismo y con ojo crítico es la clave. Ambos procesos no sólo se pueden compatibilizar, sino que, al mismo tiempo, tienen sinergia relevante entre ellos. Al contribuir con innovación al desarrollo del país, una institución crea valor relevante para los actores económicos y sociales. Parte de ese valor lo puede utilizar para el propio beneficio de la institución, además de compartirlo con otros actores. Por ejemplo, si una institución desarrolla un nuevo y mejor método de aprendizaje activo basado en medios digitales, también lo puede transferir a otras instituciones. En realidad el problema es cuando la institución no realiza innovaciones y no crea valor ni para otros ni para sí misma. Cuando se crea valor siempre hay formas de que muchos tengan acceso a éste.

En cuanto a la formación de profesionales y la importancia de la transformación digital en el campo laboral ¿Qué competencias cree usted que debe entregar una Facultad de Ingeniería y Arquitectura?

Las principales competencias son el pensamiento crítico, solución de problemas complejos; colaboración y trabajo en equipos inter y multidisciplinarios; innovación y emprendimiento; dominio de las plataformas y herramientas digitales relevantes para la profesión; desempeño en contextos inciertos y vulnerables; resiliencia; empatía, actitud inclusiva y respeto.

¿Cómo la transformación digital puede reforzar el trabajo creativo de las y los investigadores?

Uno de los tantos beneficios de la transformación digital es que puedes congrega a diferentes actores en torno a un desafío. La gente se motiva y participa, entonces tienes muchas ideas simultáneas y personas que desarrollan empatías por otros. Así comienza la creatividad, con la interacción de unos con otros salen nuevas ideas, mejoran las que tienen y entonces esa fertilidad cruzada crece, porque recibes influencias de otro y eso aumenta el nivel de creación a nivel mundial.

Entonces finalmente se refuerza el trabajo creativo de los investigadores en varias modalidades, como la capacidad de conectar redes y comunidades de colaboración a nivel nacional e internacional; apoyándolos con herramientas y contenidos para aumentar la calidad y efectividad de sus iniciativas creativas y aumentando la visibilidad de sus creaciones.

¿Cuál es el futuro de la Ingeniería en Chile? ¿Hacia dónde se deben dirigir los esfuerzos?

El futuro de la Ingeniería en Chile está determinado principalmente por la generación de soluciones efectivas para el desa-

rollo sustentable, productividad articulada con el cuidado del medio ambiente, equidad social y diálogo constructivo con las comunidades, respuesta al cambio climático, y otros criterios establecidos en los ODS de las Naciones Unidas; la digitalización avanzada en los ámbitos de ingeniería como las plataformas digitales, data science, inteligencia artificial, realidad virtual y aumentada, entre otras; el desarrollo de nuevas industrias de alto valor agregado y generadoras de empleos de calidad; el aumento de la centralidad de las personas en las obras y productos de ingeniería y la intensificación de la participación internacional.

Algunas de esas dinámicas ya se están expresando actualmente, pero aumentarán muy significativamente en el futuro próximo. Varios países están en esta transformación, lo que plantea tanto una oportunidad como un desafío.

Dado estas tendencias, es conveniente dirigir los esfuerzos hacia el aumento significativo del número de mujeres en todas las actividades de Ingeniería y la formación de bastante más ingenieros innovadores. Fomentar la actividad inter y transdisciplinaria para abordar los problemas complejos con mayor éxito, el aumento de la colaboración en el ejercicio de la Ingeniería, en particular en el co-diseño de las soluciones. Buscar efectividad e innovación en las soluciones de Ingeniería para abordar los ODS y la digitalización avanzada, no solo usar tecnologías existentes, sino que concurrir al desarrollo de otras más adecuadas. También se debe considerar el aumento del emprendimiento innovador basado en la Ingeniería, mayor ética, vinculación de calidad entre las instituciones de educación superior, las empresas y los actores sociales. Todo esto a la par de lograr el dominio pertinente en ciencia, matemática y tecnología.

¿Qué mensaje entregaría a las y los futuros ingenieros que ya comienzan a diseñar su hoja de ruta para enfrentar los desafíos del futuro laboral?

La tecnología da mucho poder, lo que requiere mucha responsabilidad por parte de la ingeniería. Yo creo mucho en el tema de abordar los objetivos de desarrollo sostenible, para el ingeniero o la ingeniera es muy importante que el problema que está abordando, tenga sentido. Nosotros hemos reconocido 17 categorías de problemas, por ejemplo el agua, energía renovable, hambre, etc. Entonces la idea es que el ingeniero tome alguno de estos problemas, que tenga un gran significado, que no esté resuelto y que valga la pena hacer buena ingeniería ahí.

Los problemas actuales son complejos e interdisciplinarios, si no combino no voy a resolver. Es así como el criterio de abordar un problema y ser potenciado con la transformación digital le da ese ingeniero la posibilidad de hacer una gran contribución. En resumen, el desafío es que aborden los objetivos del desarrollo sostenible, articulándolos con la transformación digital, especialmente en equipos interdisciplinarios, con fuerte orientación a crear valor para la sociedad.

BALAS DE KRYPTONITA

¿QUÉ TAN CERCA ESTAMOS DE CONSEGUIR KRYPTONITA? LO QUE ENVIÓ A SUPERMAN AL HOSPITAL Y A BLOODSPORT A LA CÁRCEL. PARA DESPUÉS SER MIEMBRO DE SUICIDE SQUAD.



• **Juan Francisco Fuentealba**
Doctor en Ciencias con mención en física, Ingeniero físico

• **Alejandro Riveros**
Doctor en Ciencias con mención en Física

• **Juan Luis Palma**
Doctor en Ciencias con mención en física, Ingeniero físico



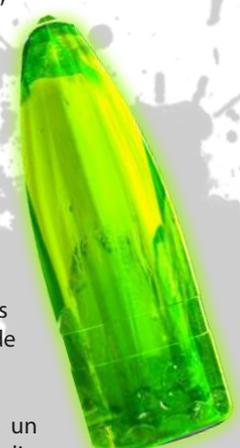
A pocos días del estreno de la nueva película de superhéroes El escuadrón suicida (The Suicide Squad), o mejor dicho de supervillanos, estamos alucinando con los nuevos personajes que nos ofrece este film y que nos mostrará una saga fuera de lo común, la cual reúne a los supervillanos de Detective Comics (DC). Esto es algo poco usual, que se sale de los márgenes generales de las historietas para crear historias más complejas, tan complejas y divertidas como en la saga Injustice. Es tan emocionante como haber visto a los superhéroes reunidos para derrotar a Thanos en el Universo Marvel (MCU). Para los que no están muy familiarizados con esta saga de The Suicide Squad, podemos comenzar explicando cómo se origina el Escuadrón Suicida. Después de la muerte de Superman, la oficial de inteligencia Amanda Weller, convence al gobierno de los Estados Unidos de generar el proyecto "Task Force X", el cual es un equipo de supervillanos. Este equipo se utilizará para combatir a los metahumanos que pongan en peligro la paz de la Tierra. La forma de asegurarse de que estos supervillanos no cometan fechorías al dejarlos libres, es implantando en su cuello bombas de "nanite", que son nano-bombas que se pueden detonar en cualquier momento, y así asegurarse de que ellos cumplan su parte del trato. Entre los personajes que componen Suicide Squad, nos encontramos a los archiconocidos: The Joker, Deadshot, Harley Quinn, Killer Croc, entre otros... (¡No se ofendan fanáticos si es que no los nombramos a todos!). Para esta segunda saga de The Suicide Squad, se reclutaron nuevos miembros, donde no podemos dejar de nombrar al llamativo King Shark, interpretado por Sylvester Stallone. Pero nuestro relato de hoy, se relaciona con otro personaje, un personaje que también ha sido reclutado para este segundo equipo y nos referimos a Bloodsport. Pero... ¿Por qué enfocarnos en Bloodsport?, ¿Qué tiene de llamativo y qué lo hace tan especial?

Bloodsport es un mercenario, que tiene un traje con tecnologías avanzadas y armas que sólo él puede utilizar, debido a que tiene un teletransportador de materia para estas armas y un almacén lleno de estas armas. Esto se lo facilitó el archienemigo de Superman, Lex Luthor. Uno de los hitos más importantes que marcó la existencia de Bloodsport en el mundo de los cómics, es que Lex Luthor le diseñó un arma que puede disparar esquivas de Kryptonita, las cuales pueden herir a cualquier ser de nuestro planeta, pero en particular esta arma puede herir a alguien en especial ¿Lo adivinaron? Claro que sí, puede herir a Superman. En efecto, Bloodsport se encontraba en prisión cuando lo reclutaron para formar parte de Task Force X, debido a que había herido gravemente a Superman, por medio de un disparo con bala de Kryptonita enviándolo a cuidados intensivos en el hospital. ¡Eso sí es una locura! Bueno, lo que en esta ocasión haremos, es el ejercicio de analizar la ciencia y tecnología con la que contamos hoy en día, como para poder crear un arma que dispare balas de kryptonita. Crear un arma no pareciera la tarea más difícil en este punto, si no que claramente lo más complicado es poder conseguir la Kryptonita.

Pero ¿Qué es la Kryptonita y por qué debilita a Superman? Analizaremos un poco los antecedentes, Superman o Kal-El es oriundo del planeta Krypton, planeta en el que habitaba una avanzada civilización, y que en algún momento de su historia desapareció debido a un colapso de los elementos radiactivos que componían su núcleo. Pocas semanas antes de la explosión del planeta Krypton, ocurren algunos eventos importantes para la historia de Kal-El, el primero es que su padre Jor-El, uno de los científicos de Krypton, prevenido de la destrucción del planeta envía a su único hijo en una cápsula hacia la Tierra, salvándolo del fatídico destino de su civilización, lo segundo es la formación de la Kryptonita generada por la fusión de algunos elementos en el núcleo de Krypton debido a la enorme presión interna antes de que el planeta explotara. En algunos cómics de Superman, incluyendo citas a las crónicas de Jor-El, hay referencias que indican que ya se estaba generando Kryptonita en el planeta algunos meses antes de la explosión. La Kryptonita es un compuesto radiactivo de color verde (aunque en realidad existen muchas variaciones de color de este compuesto, la verde solo es la más común), cuya exposición en un kryptoniano genera debilidad inmediata y dolor físico. Una exposición prolongada podría incluso provocarle la muerte. Según el canon comiquero la Kryptonita, interrumpe la absorción celular de la radiación de las estrellas (en el caso de Superman, el Sol), propia de los kryptonianos. En un principio, se pensó que la Kryptonita solo afectaba a los nativos del planeta Krypton, pero actualmente se sabe que también tiene efectos en los humanos que se exponen durante largos intervalos de tiempo a este elemento. En Action Comics Nro 600, se relata como Lex Luthor desarrolla un cáncer debido a su prolongada exposición a la Kryptonita. En términos culturales la Kryptonita representa el clásico talón de Aquiles del héroe y para el hombre de acero es el único aspecto con el que puede ser vulnerado.

Por lo tanto para conseguir la Kryptonita tenemos dos posibilidades: la primera es viajar a Krypton (el planeta natal de Kal-EL, Superman), y la segunda es intentar sintetizarla. Hasta ahora, la humanidad solo ha llegado a la Luna, y hemos puesto las sondas más sofisticadas en Marte. Incluso, próximamente lo haremos en Venus y no se ve nada en el camino que lo impida. Y aunque los esfuerzos de Elon Musk, y su programa Space X, den resultados, necesitamos mucho más que eso para poder hacer un viaje a través del espacio-tiempo para "llegar al ficticio planeta Krypton y traer Kryptonita antes de que explote el planeta". Como esta primera opción suena totalmente descabellada, entonces, mejor intentemos hacer el ejercicio de qué tan cerca estamos de sintetizarla.

Saliendo un poco de lo ficticio, el kriptón es un elemento de la tabla periódica, que se simboliza



como Kr. Hagamos hincapié, en que el elemento real de la tabla periódica es el "kriptón" y el planeta de Superman es "Krypton", noten la diferencia de como se escribe. Su nombre proviene de la palabra griega Kryptos, que significa "el que está oculto". Aquí podemos desprender que desde esta palabra viene la palabra "encriptado", término que les encanta utilizar a los informáticos. El hecho de que se relacione este elemento con algo oculto, tiene que ver con sus propiedades químico-físicas: ya que es incoloro, inoloro, e insaboro. El kriptón, es un gas noble, por ende se encuentra en la última columna de la derecha de la tabla periódica, columna encabezada por el helio (sustancia de la que se compone nuestro Sol, por fisión produce calor y energía para transformarse en carbono), lo sigue el neón, el argón (que utilizamos mucho en los laboratorios), y luego, nuestro objeto de análisis: el kriptón. Estos elementos, son gases nobles, y que interactúan muy poco con otros gases. Es por esto que es difícil formar materiales con ellos. El kriptón fue descubierto en 1898 por William Ramsay, un químico escocés y por Morris Travers, un químico inglés. El procedimiento que utilizaron, fue evaporar aire líquido. Sí, aire líquido ¿Imaginas respirar líquido? Puedes ver la película "El Secreto del Abismo" si te interesa este tema. Estos científicos, incluso descubrieron el neón, unas semanas después, utilizando el mismo procedimiento de evaporación de aire líquido.

Antes de 1850, se conocían 58 elementos químicos. Entre 1850 y 1899, se descubrieron 26 elementos químicos, gracias a las técnicas de espectroscopía. Luego entre 1900-1949 se descubrieron 13 elementos gracias a la mecánica cuántica. Luego, entre 1950-2000, se descubrieron 17 elementos, postnucleares. Y desde ahí al presente, se han descubierto cuatro elementos por fusión nuclear.

Creemos que es importante saber el año de descubrimiento de los elementos, ya que los creadores de Superman, Jerry Siegel y Jose Shuster, al crear la debilidad de este superhéroe, eligieron una piedra formada de un elemento místico, la Kryptonita. Y siendo sinceros, si lo pensamos bien, hasta esa fecha (que es 1941) lo más místico era este elemento oculto: el kriptón.

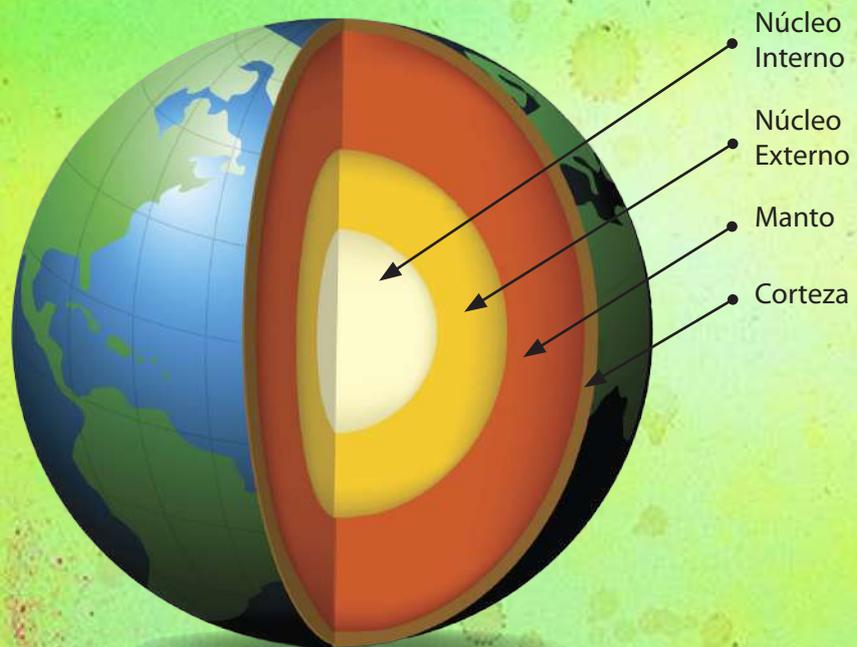
Aunque el kriptón sea un elemento difícil de detectar por sus propiedades físico-químicas, existe abundantemente en la Tierra pero solo se encuentra en fase gaseosa, por lo que Superman no tendría ningún problema con este elemento en nuestro planeta, recordemos que a él le afecta la Kryptonita y no el kriptón. Aún más, aunque en su fase gaseosa el

kriptón pueda reaccionar con el flúor volviéndose altamente inestable hasta explotar, claramente esta explosión ¡No le causaría ningún problema a Superman!, ya que su único punto débil corresponde al kriptón unido al nitrógeno en fase cristalina, Kryptonita, ese famoso cristal verde que inquieta fuertemente a nuestro superhéroe.

Sintetizar materiales, no es tarea fácil. Sin embargo, un grupo de científicos polacos, han dado una receta teórica para poder sintetizar óxido de kriptón [1]. ¡Wow!, estamos cerca de crear un cristal perfecto de Kryptonita, pero hasta ahora tenemos la receta para crear un óxido de kriptón, es decir un kriptóxido. Una forma de generar óxidos es por medio de deposición química de materiales; una de ellas, la más precisa, se le conoce como deposición de capas atómicas (Atomic Layer Deposition), máquina que tiene el centro de datos en la UCEN, y es la única en Latinoamérica. Esta técnica, va depositando elementos por medio de capas que tienen el espesor de un átomo, son como "sábanas atómicas". Estas reaccionan con otras capas atómicas, y van formando un material ¿Puedes imaginarlo? Por lo general, este tipo de técnica solo nos permite formar óxidos de materiales como: óxido de hierro (Fe_2O_3), óxido de cobalto (CoO), óxido de Titanio (TiO), incluso el famoso óxido con el que fabrican todos los plateados (y ahora coloridos) productos de la compañía Apple: el óxido de aluminio, la alúmina (Al_2O_3), aunque ellos lo obtienen por anodización, una técnica electroquímica. La creación de estos óxidos, no necesitan mayores presiones, pero no es el caso del kriptóxido. Este material necesita de muy altas presiones para sintetizarse.

Sin embargo, en el interior de los planetas existen muy altas presiones y muy altas temperaturas, entonces podrían existir las condiciones para que los gases nobles más pesados, como el kriptón, se puedan unir a otros elementos, como el oxígeno, en fase cristalina. Esto se debe a que las altas presiones generan disminución de volumen del compuesto, y esto genera procesos termodinámicos permitiendo la reacción de los gases nobles como lo indica el Principio de Le Châtelier [2]. Precisamente, esto motivó al grupo de científicos polacos a analizar si se pudiera crear una reacción estable del kriptón con otro elemento en fase cristalina a muy altas presiones, presiones similares a las que existen en el interior de los planetas. Sorprendentemente, sus simulaciones computacionales para los procesos de reacción del kriptón arrojaron mediante el cálculo de la entalpía de formación que a presiones entre 3 a 5 millones de veces la presión atmosférica, el kriptón podría formar enlaces con el oxígeno en una fase cristalina [1]. Más aún, este tipo de enlace (reacción) del kriptón con el oxígeno sería muy similar al enlace covalente entre el hidrógeno y oxígeno en la formación de la molécula de agua y sería estable.

Tratemos de imaginar qué tan grandes son estas presiones. Recordemos que la presión atmosférica es la presión que ejerce el aire sobre los cuerpos a nivel del mar, entonces si estamos en la playa nuestro cuerpo "siente" la presión atmosférica. Por otro lado, es sabido que la presión varía con la altura; en efecto a mayor altura (sobre el nivel del mar) la presión disminuye, por otro lado, a mayor profundidad (alturas por debajo del nivel del mar) la presión aumenta. Por lo tanto, para poder tratar de conseguir presiones tan altas como las requeridas para la



formación de kriptóxido podríamos sumergirnos en las profundidades del mar. Sin embargo, si midieramos la presión en el fondo del mar, esto es, en la Fosa de las Marianas, lugar más profundo de la corteza terrestre, ubicada aproximadamente a 11000 metros bajo el nivel del mar, obtendremos una presión cercana a 1000 veces la presión atmosférica. Esta presión es muy peligrosa para nosotros, pero no es lo suficientemente alta para generar kriptóxido. Por lo tanto, aún en el lugar más profundo de la corteza terrestre no existiría la presión suficiente para lograr la reacción del kriptón con el oxígeno en forma natural. ¡Se requeriría al menos 3000 veces la presión en el fondo del mar para lograrlo! Sólo a profundidades cercanas al núcleo externo en el interior de la Tierra se podría alcanzar la presión suficiente para lograr la reacción del kriptón con el oxígeno. Sin embargo, a tales profundidades no existe el oxígeno por lo que Superman puede leer este artículo sin mayor nerviosismo.

Si bien no existen las condiciones naturales para lograr la reacción del kriptón con el oxígeno, la pregunta natural es si se pueden dar esas condiciones de presiones tan altas en un laboratorio para poder sintetizar el óxido de kriptón en fase cristalina en forma artificial. La respuesta es; sí, se pueden producir presiones y temperaturas tan altas como las presiones y temperaturas del interior de la Tierra, de hecho, gracias a estas técnicas se ha logrado entender cómo afectan estas condiciones extremas a un metal o mineral determinado [3]. En efecto, usando las celdas de yunque de diamante (DACs por su sigla en inglés Diamond Anvil Cells) se pueden comprimir muestras muy pequeñas (de volumen aproximadamente 100.000 veces más pequeño que un cubo de apenas 1 mm cada lado) entre las puntas de dos diamantes enfrentados, alcanzando presiones sobre los 2,5 millones de veces la presión atmosférica mientras se comprime la muestra. Todo esto sin que se quiebren las puntas de diamante

gracias a la gran dureza del diamante. Entonces ... ¿Será este el camino para la producción de monóxido de kriptón estable?, al menos en un tamaño muy pequeño, además ¿Qué propiedades y color tendría este monóxido cristalino? ¿Sería el primer paso hacia la tan temida "Kryptonita" por parte de Superman? Si es así, pensándolo bien, Superman sí debería preocuparse, esperemos que ¡Bloodsport no se entere de este artículo!, y que su archienemigo y científico, Lex Luthor, ¡No busque colaboraciones con este equipo de científicos!.

Referencias

- [1] P. Z.-Egjierd, P. M. Lata "Krypton oxides under pressure", Scientific Reports 6, 18938 (2016).
- [2] C. Sanloup, "Noble Gas Reactivity in Planetary Interiors", Frontier in Physics 8, 157 (2020).
- [3] D. Santamaría-Pérez, "Experimentos a alta presión y alta temperatura: Ventanas al universo" Física de la Tierra Vol. 23 (1),11 (2011).



Académica de Finarq finaliza con distinción máxima el Doctorado internacional en Innovación Tecnológica en Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid



La Doctora Daniela Brizuela presentó su tesis "Influencia de la rigidez de la fibra en el comportamiento estructural de elementos de hormigón armado reforzados con FRP", por la que fue reconocida con la mención "Cum Lauder".

La Doctora Daniela Brizuela presentó su tesis "Influencia de la rigidez de la fibra en el comportamiento estructural de elementos de hormigón armado reforzados con FRP", por la que fue reconocida con la mención "Cum Lauder".

Luego de meses de estudio y un incansable trabajo, la académica y primera Ingeniera Civil en Obras Civiles de la UCEN en

obtener el grado de Doctor, Dra. Daniela Brizuela, finalizó con distinción máxima el Doctorado internacional en Innovación Tecnológica en Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid, a cargo de la Escuela Técnica Superior de Edificación.

Su tesis titulada "Influencia de la rigidez de la fibra en el comportamiento estructural de elementos de hormigón armado reforzados con FRP", la llevó a ser reconocida con la mención Cum Lauder, que es el honor más grande al que puede optar un estudiante de Doctorado.

Durante todo este proceso, la académica tuvo el apoyo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por lo que agradece a su "jefatura directa, al Decano, mis amigos del departamento de Ciencias Básicas, que me acompañaron durante todo el proceso y a todos mis alumnos que han tenido una paciencia única conmigo durante esta última parte del programa. Doy gracias de haberme encontrado y constatar que nuestros alumnos son empáticos con su entorno, buenas personas y muy inteligentes. Virtudes que hoy por hoy son sumamente necesarias y se complementan con la parte técnica".

¿Cuál fue la motivación para hacer este Doctorado?

Las motivaciones por las cuales una persona puede querer realizar un doctorado son varias, para algunos es algo a lo que aspiran desde muy jóvenes porque tienen súper claro que quieren hacer carrera en docencia y/o en investigación. Parten su trabajo desde el pregrado y siguen una carrera académica en cuanto se les presenta la oportunidad. En mi caso fue un deseo que simplemente surgió.

Para mi suerte, el año 2015 tuve la oportunidad de entrar a trabajar en mi alma mater, en la Universidad Central, donde pude conocer la docencia y la investigación en primera fuente y decidí ingresar a algún programa de postgrado. En ese momento postule al Magíster de Ingeniería Estructural de la Universidad de Chile y en forma paralela al programa de Doctorado en la Universidad Politécnica de Madrid. Ambos programas me cautivaban. Creo tener algo en el carácter, me gusta siempre ir un poquito más allá y con mucho miedo, me embarqué en este viaje y etapa de mi vida que se llamó "Doctorado".

¿Cómo fue el proceso de obtención del Doctorado?

Como dicen, "no hay un buen doctorado sin una buena historia detrás que contar" y mi caso no fue la excepción. Me embarqué en este viaje, con mucho miedo, porque estaba recién casada y sabía que por lo general realizar un programa tan extenso y que abarca tantas horas de tu vida tiene un alto costo familiar. Junto con el inicio del programa tuve una pequeña pasantía en España en la Universidad Politécnica de Madrid. Por mucho tiempo, por problemas externos mi avance fue lento, entre tanto me divorcié y ese fue el punto de inflexión que lo cambió todo. Desde ahí en adelante, sólo miré a mi hija día y noche y sacaba fuerzas que no sabía que tenía, respiraba y seguía. Hice mis noches días, mientras los días siguieron siendo días, y todo "tiempo libre" lo dediqué a estudiar, feriados, fines de semana y vacaciones, de forma ininterrumpida por años. Siempre estoy en "desventaja" en cuanto a tiempo, ya que por muchas ganas que le pueda inyectar al estudio, el sólo hecho de ser mamá de un recién nacido, en su momento, porque ahora mi hija es una niña, te hace inevitablemente tener menos tiempo y energía. Si a todo lo anterior le sumamos el estrés de la pandemia, miedos, ansiedades, más una cirugía en el pie que pasó de algo paliativo a una cirugía reconstructiva con una cantidad no menor de meses de recuperación, analgésicos de alta potencia y dolor, resumo que el proceso fue muy muy duro.

El proceso es largo, uno pasa por varias fases, al principio está encantado, luego existe una fatiga mental, es ahí donde muchos abandonan, yo misma pasé por eso, luego te animas de nuevo, te cuestionas la vida, si todo tiene sentido o no, sientes que nunca vas a terminar, incluyendo la culpa. Lo que me jugó a favor, es mi obstinación. Así pase un tiempo en un valle, donde uno cree que nada pasa, se estudia y trabaja en el tema por mucho tiempo, existe el sentimiento de que no se hace nada, cuando en realidad se está haciendo todo.

Mi trabajo de tesis tuvo una parte experimental y justo cuando necesitaba realizar esa parte, el país entró en estallido social. Trabajar en la Universidad y utilizar los laboratorios era complicado, conseguir materiales, un lujo. Luego en el momento de realizar los ensayos, entramos en pandemia y se cerraron las universidades, no tuve acceso a los laboratorios y el trabajo quedó en un punto muerto, hasta que con cada ventana de tiempo entre cuarentenas y cambios de fases, logré tener en mis manos todo lo necesario. Luego nuevamente entré en una especie de "valle de la muerte" y de repente comienzan a observarse los frutos de todo el trabajo realizado con la primera publicación, los que están en borrador y las presentaciones en congresos y seminarios. Finalmente lo que no comenzó muy bien, tuvo un final feliz para mí.

¿Siente que este aprendizaje será un aporte en su labor tanto profesional como académica? ¿Por qué?

Por supuesto que sí. En lo personal cuando una persona decide embarcarse y estudiar algún programa académico, no solo crece profesionalmente si no que también existe un crecimiento intelectual. Cualquiera sea el programa que uno decida estudiar, proporciona nuevas herramientas para enfrentar la vida profesional y personal. Eso se ve reflejado y los alumnos lo notan.

Soy docente de alumnos de la carrera de Ingeniería Civil en Obras Civiles y en Ingeniería en Construcción, en asignaturas que son netamente de la línea estructural y principalmente alumnos de último año de carrera. Si me perfecciono en esa línea, y así fue, ellos automáticamente se benefician, porque no solo se enseña, sino que de forma personal, intento ir más allá en los contenidos.

¿Qué mensaje le daría a quienes tienen pensado hacer un Doctorado?

A todos les quiero decir, que no hay que ser una persona extremadamente inteligente para realizar un doctorado, tal vez porfiado y tener las ganas. Y en ese aspecto perder el miedo y si quieren optar por ese camino perseguirlo para alcanzarlo.

Segundo quiero aprovechar la oportunidad de dar un mensaje a las mujeres. Son muy pocas las que se lanzan en la aventura de estudiar. Muchas lo pospone en función de formar una familia, la maternidad, etc. A todas ellas, las que escuchan en su interior al "pepe grillo" que les dice todo los días "haz algo más", les digo que lo hagan, que estudiar tiene un costo familiar, social, económico alto, pero si es lo que realmente quieren hacer, yo les digo que en base a mi experiencia es algo totalmente realizable y deben ir por él. No sean tan autoexigentes, busquen programas que se acomoden a su realidad y como consejo, si tienen hijos, aprendan a manejar la culpa, porque todo nos produce culpa cuando nos referimos a los niños. Hagan lo que crean que deben hacer, no se queden con el sentimiento de que algo falta. Tomen todas las oportunidades que la vida les ofrezca. Si sienten miedo, vayan hacia él, eso significa que lo que están haciendo es importante y probablemente sea donde quieran estar. No les voy a mentir, aquellos que vivieron el proceso conmigo vieron lo duro que es, pero no es imposible y ahora que este capítulo de mi vida terminó me siento feliz, realizada y orgullosa de ser la primera egresada de la carrera de Ingeniería Civil en Obras Civiles de la Universidad Central en obtener el grado máximo.



Universidad
Central

100%
ONLINE

PROGRAMA
ADVANCE

- Ingeniería Civil Industrial
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Comercial

Postula Aquí



Admisión

Octubre 2021

Académico investigador de Finarq gana importante apoyo de comercialización para Spin-Off biotecnológico

Juan Luis Palma, es el director de DETECTIA una empresa en formación del Centro de Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología, CEDENNA.

DETECTIA es una de las primeras empresas del Centro de Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología, CEDENNA, con base científico – tecnológica que está asociada a la Universidad Central, con dos solicitudes de patente. Juan Luis Palma, académico investigador de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, es el director de dicha empresa que producirá y venderá sensores de patógenos.

La empresa fue seleccionada en el programa 2021/22 The Ganesha Lab Scale-up. En la oportunidad, el investigador Palma junto a Dora Altbir hicieron una presentación a través de la cual demostraron tener la preparación para unirse a la iniciativa que busca potenciar las startups basadas en biotecnología en Latinoamérica; premiando a las empresas que quieren escalar, cerrando las brechas en el área científica, el área de negocios, de propiedad intelectual, en el área legal y de equipo, entre otros.

A raíz de lo anterior, Markus Schereyer, fundador y responsable en Chile de la aceleradora (que lleva el nombre del dios hinduista reverenciado por su poder para eliminar obstáculos, patrón de las artes, de las ciencias y de la abundancia), manifestó que “transformamos la ciencia en un buen negocio”.

El Jurado del programa de selección estuvo compuesto por Rodrigo Rodríguez (Innovation Manager at Janssen at Johnson & Johnson); Livea Barbosa (Manager External Innovation at Johnson & Johnson); Ana Prado (Commercial Director at Thermo Fisher Scientific Latam South); Pablo Zamora (Co-Founder and Senior Scientific Advisor at NotCo); Anupama Rangathan (POC and Innovation Programs Manager at UC Davis Venture Catalyst); Gregory Mannix (VP International Business Development at Life Science Nation); Juan Carlos Muñoz (Investment Strategy Expert at The Ganesha Lab); Markus Schereyer (CEO and Founder of The Ganesha Lab) y Jane Chambers (Producer and Broadcast Journalist at BBC).

Cabe recordar que el académico de Finarq, Juan Luis Palma, es uno de los inves-



tigadores que está dirigiendo y trabajando en el proyecto desde sus inicios junto a los(la) investigadores(a) Sebastián Michea de la Universidad Autónoma, Rafael Freire (INIA), Macarena Varas de CEDENNA y Juliano Denardín de la Universidad de Santiago; y cuenta con especialistas en la parte financiera y ejecutiva, las cuales están dirigidas por Karin Seeman y Dora Altbir. El proyecto se enfoca en un sensor para *Listeria monocytogenes* (una bacteria que contamina alimentos y causa graves infecciones) el cual es fácilmente escalable a otros patógenos.

El grupo investigador está recién comenzando, por lo que queda mucho camino por recorrer. Asimismo, el emprendiendo de base científico – tecnológica ya es una atracción para grupos empresariales con visión, lo que de alguna manera representa una oportunidad para nuestra comunidad y puede abrir un sinfín de puertas para nuestros(as) estudiantes.

DETECTIA



Dr. Juan Luis Palma
• Universidad Central



Dra. Dora Altbir
• CEDENNA



Dr. Juliano Denardín
• UdeSantiago



Dra. Macarena Varas
• CEDENNA



Dr. Sebastian Michea
• Universidad Autónoma



Karin Seeman
• CEDENNA



Dr. Rafael M. Freire
• INIA



Universidad Central

Facultad de Ingeniería y Arquitectura



Asociación Chilena de Impermeabilizadores

IV Congreso Chileno de Impermeabilización 2021

6 y 7 de octubre

Inscripción gratuita:

bit.ly/inscripcioncongreso2021

congreso.impermeabilizacion@ucentral.cl



COLEGIO DE CONSTRUCTORES CIVILES E ING. CONSTRUCTORES DE CHILE



Asociación Nacional de Especialistas en Impermeabilización



INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN



Centro Tecnológico para la Innovación en Construcción





Universidad
Central



POST | GRA | DOS

Tan flexibles como tú necesitas
como tú necesitas

SALIDAS INTERMEDIAS CON 3 DIPLOMADOS

ADMISIÓN 2° TRIMESTRE

CONOCE NUESTRA
OFERTA ACADÉMICA EN POSTGRADOSUCEN.CL



4 AÑOS ACREDITADA
GESTIÓN INSTITUCIONAL | DESDE DICIEMBRE 2017
DOCENCIA DE PREGRADO | VINCULACIÓN CON EL MEDIO | HASTA DICIEMBRE 2021



600 582 2222

postgrados@ucentral.cl