

20
20

VOLUMEN 9

INGENIERÍA

ALDÍA



KUTRALNET

UN MODELO PORTÁTIL DE
APRENDIZAJE PROFUNDO PARA
RECONOCIMIENTO DE FUEGO

(20)

El lado oscuro del universo: ¿Qué es y cómo lo iluminamos?

Agujeros negros, materia oscura y energía oscura son quizás los misterios más atractivos de la gravitación actual. Para develarlos, es necesario descubrir una nueva teoría de gravedad.

(12)

El proceso químico que cambió el mundo

El descubrimiento realizado por el químico alemán Fritz Haber, la síntesis de amoníaco a partir del nitrógeno del aire, es quizás el descubrimiento más importante del siglo XX.

(16)

Entrevista Paulina Troncoso

Crear dispositivos que permitan a las personas vivir en tiempo real la astronomía es fascinante

(26)

Enseñanza de las Ciencias Básicas durante el COVID-19

Laboratorios de física en la virtualidad; fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

(46)



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.

Katherine Muñoz, Académica de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Katherine Flores, Periodista de la Dirección de Comunicaciones Corporativas.

Sebastián Chandía, Diseño gráfico.

Una de las experiencias más presentes y extendidas durante 2020, producto de la pandemia del Covid 19, ha sido la manera de enfrentar la enseñanza y aprendizaje en todos los niveles de la educación. Nuestra facultad no ha estado ajena y hemos logrado avanzar en nuevas modalidades de enseñanza, no sólo en el uso de tecnologías, sino en la forma de impartirla, que puede ser más importante que las herramientas. En este número de la revista, compartimos la experiencia de la enseñanza de ciencias básicas durante la pandemia. También, se aborda por qué el análisis de textos es fundamental en la evaluación del aprendizaje y en la creación de conocimiento, a través de un artículo sobre uso de máquinas de aprendizaje para el análisis.

En nuestra comunidad de la facultad, compartimos la formación en obras civiles, construcción y arquitectura, áreas que conjugan el uso de materiales y técnicas de diseño y construcción propios, con el uso de herramientas tecnológicas en el marco de la ineludible irrupción del mundo 4.0, con tecnologías de información, analítica e inteligencia artificial. En este sentido, se constata que el uso de la inteligencia artificial no ha abarcado todo su potencial en la industria de la construcción, sin embargo, en el uso de tecnologías propias de la industria, se nos muestra el incremento en el uso de concreto lanzado reforzado con fibras y su aplicación en obras de infraestructura en México, similares a las de nuestro país.

No cabe duda que Chile es un país privilegiado, con un laboratorio natural en el norte, que nos permite tener la mayor capacidad de observación astronómica a nivel mundial. En diciembre del 2020 nuevamente tuvimos la oportunidad de observar, esta vez desde la zona sur, un eclipse total de sol. Nuestra facultad en tanto, ha impartido por primer año la Licenciatura en Astronomía en la ciudad de La Serena y ha reforzado la investigación en astrofísica. Producto de estas acciones, podemos intentar responder una de las preguntas más interesantes actualmente, el lado oscuro del universo: ¿qué es y cómo lo iluminamos? Además, compartimos una entrevista a nuestra directora de Astronomía quien nos cuenta su experiencia como científica y formadora.

Continuando con la difusión de las líneas de investigación en la Escuela de Ingeniería, incluimos artículos sobre nanotecnología y magnetismo, y sus potenciales aplicaciones en almacenamiento de información. Para el problema de los incendios, recurrente en Chile y el mundo, se muestran las posibilidades del aprendizaje de las máquinas para el reconocimiento del fuego y su posible temprana extinción.

Desde luego, incluimos trabajos que buscan acercar las ciencias básicas y las explicaciones de la naturaleza que nos provee al mundo que observamos diariamente y así entender procesos industriales.

Confiamos en que la ciencia y la tecnología nos ayudarán a enfrentar, tanto los cambios que debemos hacer para enderezar lo que nosotros hemos provocado en el entorno, con el uso de la tecnología, así como situaciones propias de nuestra naturaleza de seres vivos, amenazada por la pandemia que hemos sufrido. Creemos que con nuestro esfuerzo, el 2021 y lo que viene debería ser mejor, para eso estamos trabajando.



Christian Nicolai O.

Decano

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

ÍNDICE

06

EXPLORANDO NUEVAS BASES PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD Y EFICIENCIA DE LA GRABACIÓN MAGNÉTICA: ESTABILIZACIÓN DE SKYRMIONS EN NANODOMOS

→ *Juan Luis Palma*

En este artículo se presenta una forma de estabilizar una textura magnética; el skyrmion, la cual es la más prometedora para la siguiente generación de dispositivos de grabación de información magnética, como lo son los discos duros.

12

EL LADO OSCURO DEL UNIVERSO: ¿QUÉ ES Y CÓMO LO ILUMINAMOS?

→ *Cristián Erices*

Agujeros negros, materia oscura y energía oscura son quizás los misterios más atractivos de la gravitación actual. Para develarlos, es necesario descubrir una nueva teoría de gravedad.

14

CANTIDADES CONSERVADAS EN EVENTOS DE NUESTRO ENTORNO

→ *Alejandro Riveros Rodríguez*

Las cantidades conservadas son propiedades de eventos que no cambian durante el suceso y así pueden ser utilizadas en hechos cotidianos o para propósitos tecnológicos.

16

EL PROCESO QUÍMICO QUE CAMBIÓ EL MUNDO

→ *Jorge Concha Milla*

El descubrimiento realizado por el químico alemán Fritz Haber, la síntesis de amoníaco a partir del nitrógeno del aire, es quizás el descubrimiento más importante del siglo XX.

20

KUTRALNET UN MODELO PORTÁTIL DE APRENDIZAJE PROFUNDO PARA RECONOCIMIENTO DE FUEGO

→ *Ángel Ayala • Bruno Fernandes • Francisco Cruz • David Macêdo • Adriano L. I. Oliveira • Cleber Zanchettin*

Un modelo portátil de aprendizaje profundo para reconocimiento de fuego. Un modelo eficiente para el reconocimiento de fuego en sistemas de visión portátiles.



28

PATRONES DE EVOLUCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

→ *Oscar Portilla Carreño • Jaime Gutiérrez Prada • Brayan Medina Martínez • Guillermo Mejía Aguilar*

La industria de la construcción requiere aprovechar las experiencias diarias de sus proyectos para generar conocimiento de una manera sistemática y eficiente como apoyo a la gestión. Durante los últimos años se ha promovido la inteligencia artificial (IA) como una alternativa para generar este tipo de conocimiento, pero su aprovechamiento no ha sido el esperado.

34

APLICACIÓN DE MÉTODOS ACTUALES PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRAS EN EL TÚNEL DE AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

→ *Carlos Aire*

El concreto lanzado reforzado con fibras es un material que durante los últimos años se ha incrementado su uso en la industria de la construcción en México. Existen aplicaciones en obras civiles como en trabajos de minería, en donde se emplea como material de revestimiento primario y definitivo.

40

UN PROCESO ÁGIL PARA ANALÍTICA DE TEXTOS USANDO MÁQUINAS DE APRENDIZAJE

→ *Rodolfo Canelón • Samanta Luna • Nicolás Ulloa*

El presente artículo mostrará un proceso ágil en el análisis de texto mediante la implementación de máquinas de aprendizaje, para ello tendrá como caso de estudio el análisis de sentimientos en ambientes educativos denominado MaTexEdu.

46

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS DURANTE EL COVID-19

→ *Nelson Sepúlveda*

Las actividades experimentales son parte fundamental, de las cátedras de ciencias básicas para ingeniería, es parte de los aspectos esenciales en los programas de estos cursos, particularmente en los cursos de Química y Física para ingeniería. Las actividades prácticas sientan las bases en la formación profesional de los futuros ingenieros

48

EL BESKAR DE THE MANDALORIAN VS EL VIBRANIUM DEL CAPITÁN AMÉRICA

→ *Juan Francisco Fuentealba • Alejandro Riveros • Juan Luis Palma*

Los materiales más resistentes del Universo real comparados con los más resistentes del Universo ficticio

EXPLORANDO NUEVAS BASES PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD Y EFICIENCIA DE LA GRABACIÓN MAGNÉTICA: ESTABILIZACIÓN DE SKYRMIONS EN NANODOMOS

En este artículo se presenta una forma de estabilizar una textura magnética; el skyrmion, la cual es la más prometedora para la siguiente generación de dispositivos de grabación de información magnética, como lo son los discos duros. El control de la estabilización de skyrmions magnéticos se realiza por medio del control de la geometría en dónde ellos se generan, en arreglos hexagonales de nanodomos autoensamblados. Este artículo divulga el trabajo de la publicación original "Stabilization of Magnetic Skyrmions on Arrays of Self-Assembled Hexagonal Nanodomes for Magnetic Recording Applications" de F. Tejo, D. Toneto, S. Oyarzún, J. Hermosilla, C. S. Danna, J. L. Palma, R. B. da Silva, L. S. Dorneles, and J. C. Denardin [1]

• Juan Luis Palma

Doctor en Ciencias con mención en física, Ingeniero físico

La historia de los dispositivos de grabación magnética tal como los conocemos hoy, comienza cuando la empresa IBM lanza su primer dispositivo el 14 de septiembre del año 1956, el RAMAC pasaría a la historia como el primer dispositivo de grabación magnética del tipo Hard Disk Drive.

Su nombre significa Sistema de Memoria de contabilidad de Acceso Aleatorio (Random Access Memory Accounting System). Compuesto por 50 discos de 24 pulgadas, el RAMAC tenía el volumen de una lavadora del día de hoy (quizás un poco más), y pesaba 250 kilogramos. Si querías obtener uno de estos dispositivos, debías desembolsar 160 mil dólares, y así contabas con una capacidad de 4 megabytes (recordemos que un byte son 8 bits, y un bit representa un cero o un uno en nuestra notación digital). Como todas las tecnologías, los Hard Disk Drive comenzaron a evolucionar, junto con los procesadores y nos llevaron a alcanzar capacidades increíbles en cuanto al poder de cálculo, lo que sofisticó y automatizó nuestras vidas. Y no solo eso, también nos entregó un mundo de entretenimiento, en lo personal, la aparición de los videojuegos fue uno de los grandes hitos del siglo pasado. Tanto así, que es uno de los reguladores de mercado y una de las empresas más fructíferas.

El avance de las tecnologías de los Hard drive, tuvo un salto gigante en el año 1980, cuando IBM logró sacar al mercado el primer dispositivo de almacenamiento con capacidad de más de 1 giga byte! (2,52 para ser exactos). Los avances se mantuvieron, la capacidad de almacenamiento seguía aumentando. Pero existía otra piedra de tope, el cabezal lector no era suficientemente rápido y preciso. En la década de los 80's se descubrió un fenómeno que se puso en práctica y que se hizo comercial en el año 1996, llamado: la magnetorresistencia gigante. Este efecto logró diseñar las tecnologías necesarias para los cabezales lectores y de escritura, y le valieron el Premio Nobel en el año 2007 a los científicos Peter Grumberg (R.I.P) y Albert Fert.

Esta carrera de las tecnologías de mayor almacenamiento, la comenzó IBM, y ha ido rotando el ganador año tras año en las últimas décadas. En 2011 apareció el primer dispositivo de 4 Terabytes. Hace unos años Samsung aparecía como la compañía que

lideraba, y hoy en día es FujiFilm de Japón. FujiFilm desarrolló una tecnología capaz de almacenar 580 Tera Bytes el año 2020, utilizando cintas magnéticas (como un cassette) de Strontium Ferrite (SrFe). Muchas son las ideas de cómo alcanzar mayores capacidades y sistemas más estables, como los dispositivos Race Track memory, Cintas, dispositivos de anisotropía perpendicular, entre otros. Uno de los sistemas que más llama la atención a los científicos hoy en día, son los skyrmions; estas estructuras parecen las más prometedoras para la siguiente generación de grabación, y debemos estudiarlas para comprenderlas y utilizarlas. Es por eso que en este trabajo, que intentaré relatar de forma muy sencilla, hemos estudiado cómo estabilizar los Skyrmions en un arreglo de medias esferas huecas de material magnético.

Los skyrmions son texturas que forman los espines magnéticos, y que están protegidos topológicamente, lo que quiere decir que resisten perturbaciones externas y son prometedores para almacenar información. A pesar de esto, uno de los mayores desafíos es estudiar cómo estos sistemas se pueden estabilizar en arreglos de skyrmions y a temperatura ambiente, sin la necesidad de un campo magnético externo aplicado. Es por esto por lo que en este trabajo, se utilizó una estructura de nanodomos que tienen una curvatura natural (como un iglú, ver figura 1) para estabilizar estas texturas magnéticas a temperatura ambiente y sin un campo externo aplicado. Es más, se demostró que se pueden generar estas estructuras de skyrmions en cada nanodomo si se acerca una punta magnetizada, lo que representa el principio de grabación magnética. Esta punta magnética, tiene una curvatura de unos pocos nanómetros (cerca de 20 nanómetros) y se acerca a una distancia de 60 nanómetros a nanodomos que son semiesferas de 100 nanómetros de diámetro. El equipo que se utiliza para realizar esta técnica es un microscopio de barrido de fuerza atómica, pero en un modo que se le conoce como microscopía de fuerza magnética. La sonda que va barriendo la muestra, va generando un mapa de la superficie, lo que se conoce como la topografía de la muestra. Entonces si se hace un barrido de la geometría y luego un barrido de la magnetización se pueden correlacionar con las imágenes para encontrar dónde están alojadas las estructuras magnéticas.



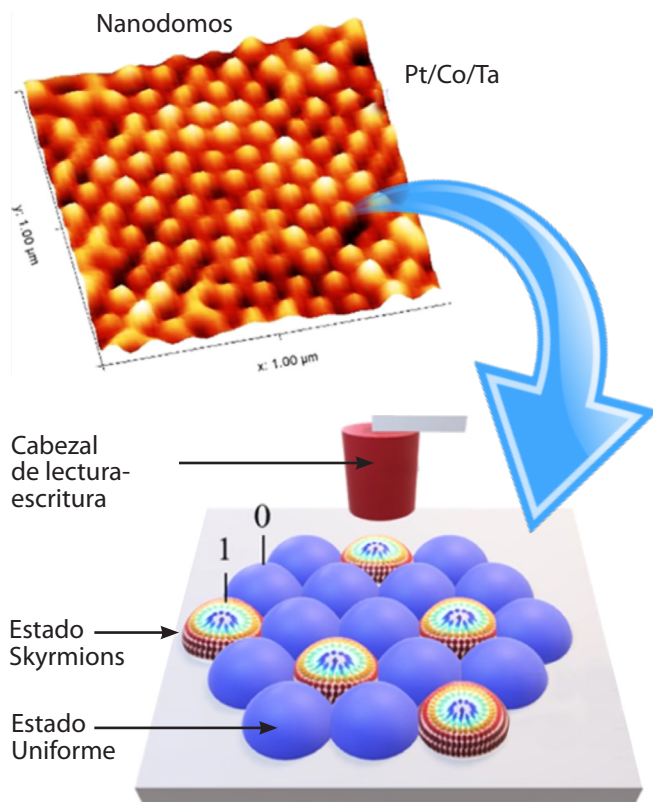


Figura 1

Topografía de nanodomos, recubiertos por un material magnético, y explicación gráfica del proceso de grabación de skyrmions en nanodomos. Una textura de skyrmions representa un 1 en la notación de código binario, y el estado de magnetización uniforme representa un 0 en la notación de código binario.

Como se mencionó, un desafío importante en la realización de dispositivos basados en skyrmions es su estabilización en condiciones ambientales y sin un campo aplicado [2]. El confinamiento geométrico es importante para la nucleación y estabilización de un skyrmion, y se han probado algunas estrategias para obtener matrices de skyrmions mediante la fabricación de nanoestructuras modeladas por litografía [3] o por un haz de iones enfocado [4], que implican un proceso complicado y de alto costo. Un enfoque diferente para obtener películas con nano-patrones es utilizar membranas de alúmina nanoporosa (NAM) [5]. Informes recientes han demostrado que las películas depositadas sobre matrices de membranas nanoestructuradas ordenadas con nanoporos [6] o nanodomos [7] pueden retener anisotropía fuera del plano (es decir que la magnetización apunte hacia afuera del plano que contiene los domos) y así presentar interesantes propiedades magnéticas y de magnetotransporte [8], algunos de los cuales surgen de su geometría [9]. Recientemente se ha demostrado que la curvatura sirve para estabilizar skyrmions y, en consecuencia, la síntesis de nanodomos bien controlada surge como una alternativa para controlar estados magnéticos específicos mediante el ajuste de características geométricas. Los nanodomos magnéticos se pueden producir mediante la deposición de multicapas sobre la capa de barrera de los NAM, como muestra la figura 2.

Para depositar material magnético sobre estas estructuras se utiliza un vaporizador de metales en alto vacío, conocido como sputtering. Es una cámara metálica que soporta altas presiones, y nos permite depositar 15 láminas de tantalio, platino y cobalto con las siguientes medidas y en el siguiente orden: Ta (4.7 nm)/[Pt (4 nm)/Co (1.3 nm)/Ta (1.9 nm)] $\times$ 15. Llegar a estas recetas requiere de mucho tiempo en el laboratorio. Una vez que obtenemos estos arreglos se mide la forma en que la muestra responde ante

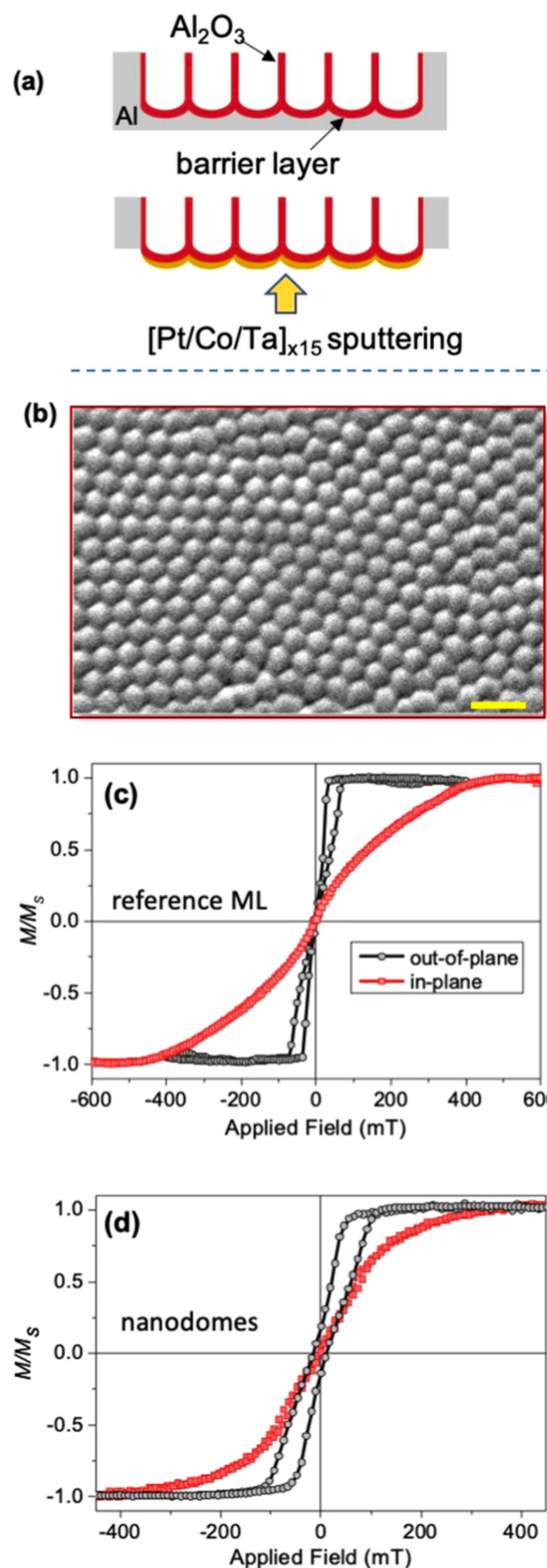


Figura 2

Figura 2: (a) esquema de las membranas de alúmina porosa, donde se depositaron multicapas de cobalto platino y tantalio. (b) Micrografía electrónica que muestra la estructura de domos obtenida. (c-d) Comportamiento magnético de películas lisas y de nanodomos, con el campo externo aplicado en el plano y perpendicular al plano.

un campo magnético externo, para esto es necesario utilizar un magnetómetro que mide las propiedades magnéticas de toda la muestra en su conjunto. De estas curvas, que se muestran en la figura 2 (c-d) se puede extraer una información temprana de las características magnéticas de la muestra. Para conocer más a fondo y microscópicamente cómo se comporta la magnetización, se utiliza un microscopio de barrido de sonda, tal como habíamos mencionado anteriormente. Profundicemos un poco en esto; un microscopio de barrido de sonda, o más conocido como microscopio de fuerza atómica. Este microscopio funciona con una punta del orden de los nanómetros, y va tocando la muestra: como si fuésemos palpando con nuestro dedo índice una superficie para

conocer su forma. Otra forma de conocer la muestra es utilizar esta misma punta, pero fabricada con un imán, que interactúa magnéticamente con la muestra. Y así podemos observar la configuración magnética de la muestra, tal como se muestra en la figura 3. En esta figura se muestra que a diferentes campos magnéticos externos aplicados existen diferentes configuraciones de la magnetización, y aparecen puntos que son los skyrmions que se han creado en cada nanodomo de la muestra. Los colores que se pueden apreciar en la figura 3, corresponden a la dirección de la magnetización. Popularmente asignamos a esta dirección, un sentido positivo y negativo, o un polo norte y un polo sur. En particular, en física hablamos de la dirección de la magnetización. Y

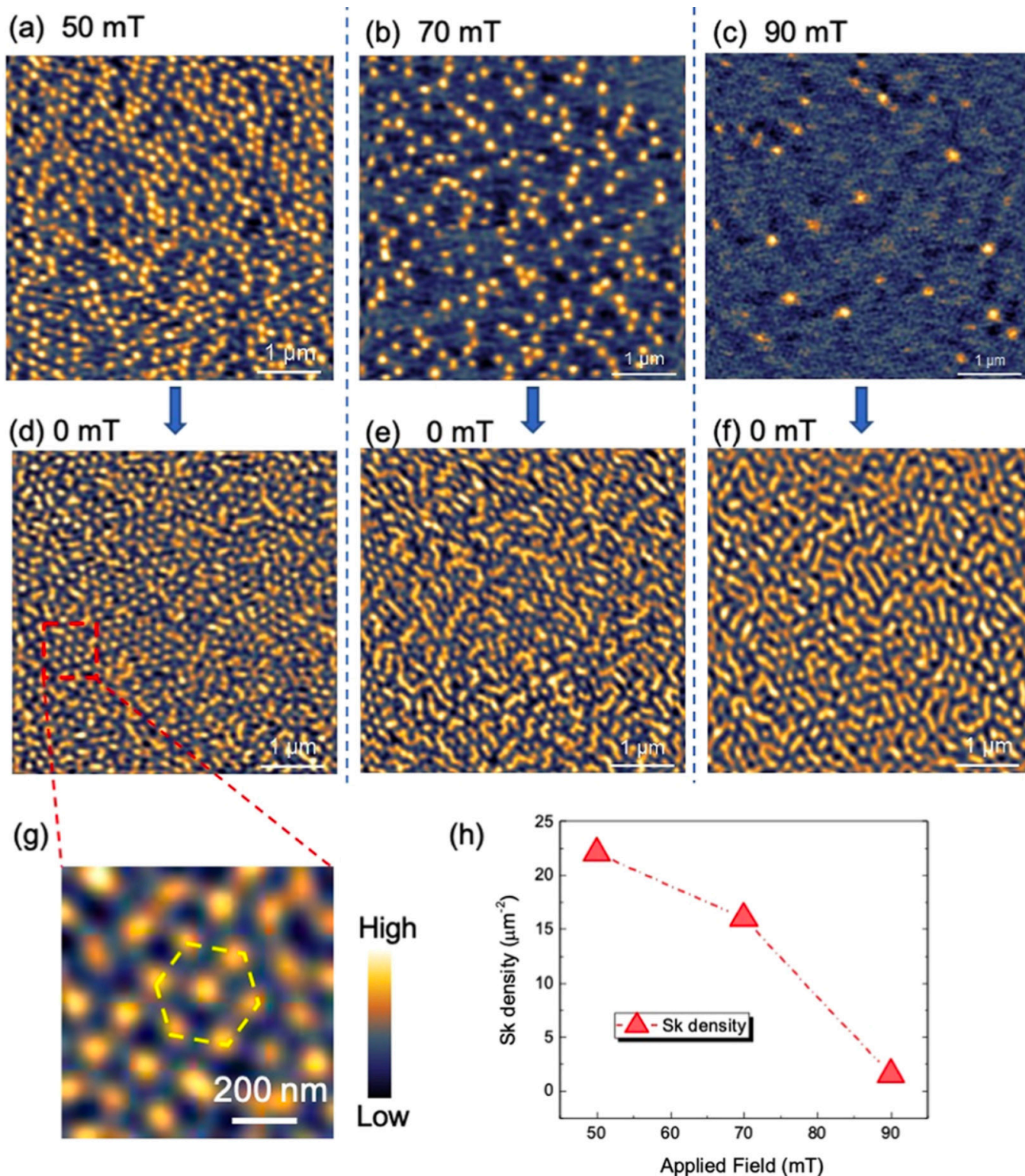


Figura 3

skyrmions estabilizados a (a) 50, (b) 70 y (c) 90 mili Teslas, y su estado remanente, es decir; sin campos magnéticos aplicados en (c), (d) y (e) respectivamente. En (g) se puede ver un zoom a la estructura para observar el ordenamiento hexagonal de los skyrmions que está correlacionado con el ordenamiento hexagonal de la geometría de la estructura. En (h) se observa cómo decrece la densidad de skyrmions por micrómetros cuadrados a diferentes estados de magnetización.

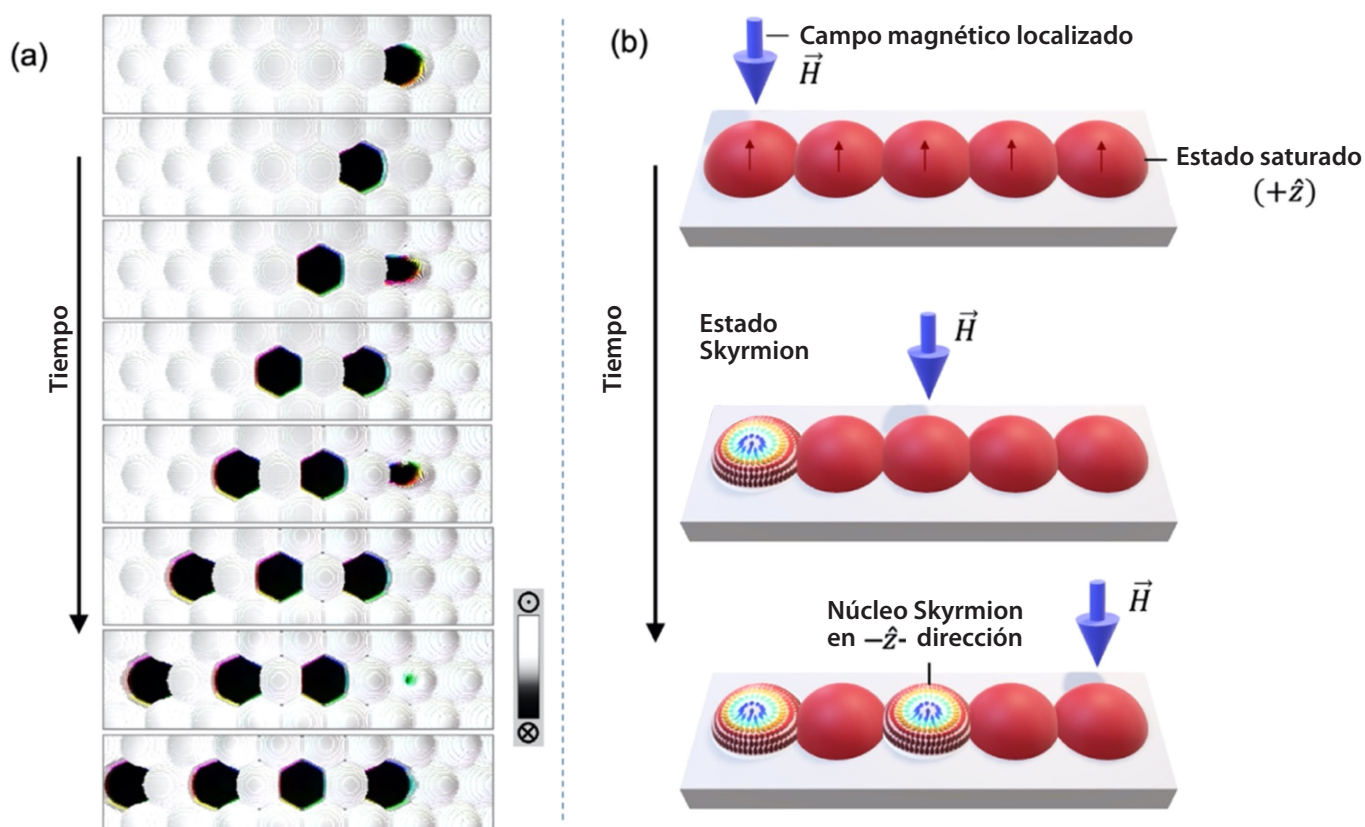


Figura 4

(a) simulaciones micromagnéticas que muestran la nucleación de skyrmions con un campo de nucleación. (b) Esquema del proceso de nucleación y de grabación de skyrmions en muestras de nanodomos.

así en la figura 3 podemos distinguir regiones amarillas y regiones azules que asignamos a dirección de la magnetización apuntando perpendicular a la muestra y en el plano de la muestra, respectivamente.

Para conocer a fondo las estructuras y entender el comportamiento magnético, se realizan cálculos por medio de simulaciones micromagnéticas, utilizando la aproximación al continuo. Por medio de un software, en este caso Mumax3[®], se pudieron observar las estructuras de skyrmions que se nuclean a distintos campos. Como las que se muestran en la figura 4. Las regiones blancas de la figura 4 (a), representan zonas de magnetización uniforme, y las regiones negras muestran la nucleación de skyrmions que se realizan cuando se acerca la punta del microscopio de barrido. Un esquema se muestra en la figura 4 (b), en donde al acercar la punta del microscopio de sonda de barrido, funciona como una cabeza grabadora de información, que puede alojar un skyrmion a la estructura que se acerque.

Como conclusión, hemos propuesto un método simple para nuclear y aniquilar texturas de skyrmions, abriendo la posibilidad para una grabación magnética ultradensa basada en la alta estabilidad y en el bajo consumo energético de las texturas magnéticas de skyrmions.

Referencias

- [1] Tejo, F. et.al., Applied materials and interfaces, 12, 47 (2020) 53454-53461.
- [2] Qin, Z. et.al., ACS Appl. Mater. Interfaces 2018, 10, 36556.
- [3] Ho, P. et.al., Phys. Rev. Appl. 2019, 11, No. 024064.
- [4] Matsumoto, T. et.al., Nano Lett. 2018, 18, 754–762.
- [5] Masuda, H.; Fukuda, K., Science 1995, 268, 1466–1468.
- [6] Bran, C J. et.al., Phys. D: Appl. Phys. 2017, 50, No. 065003.
- [7] Piroux, L. et.al., Appl. Phys. Lett. 2012, 101, No. 013110.
- [8] Michea, S. et.al., AIP Adv. 2017, 7, No. 056310.
- [9] Streubel, R. et.al., J. Phys. D: Appl. Phys. 2016, 49, No. 363001.



Proyecto Guina: primera adjudicación de Fondequip para la UCEN

Graphic-Power Unit Integrated Numerical Analyzer: GUINA, sigla que en lengua Diaguita significa 'mujer' y que, además es el nombre que identifica el proyecto centralino recientemente adjudicado ante la ANID.



Graphic-power Unit Integrated Numerical Analyzer

Producto del trabajo colaborativo de un equipo interdisciplinario de académicos de Santiago y La Serena de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura con el apoyo de la Facultad de Ciencias de la Salud, la UCEN logró adjudicarse por primera vez un Fondo de Equipamiento Científico y Tecnológico (Fondequip), concurso convocado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) en abril del 2020.

El proyecto es dirigido por Paulina Troncoso, doctora en Astrofísica y directora de la Licenciatura en Astronomía, carrera que se imparte en la Sede Regional de esta casa de estudios. A ella, le acompaña un equipo de investigadores integrado por Juan Luis Palma, doctor en Ciencias con mención en Física; Adolfo Cisterna, doctor en Ciencias Físicas; Cristián Erices, doctor en Ciencias Físicas; Luis Álvarez-Thon, doctor en Físicoquímica Molecular; Alejandro Riveros, doctor en Ciencias con mención en Física; Claudio Piña, magíster en Educación; Basilio Solís, magíster en Astrofísica; Sebastián Baeza, ingeniero Civil Industrial, todos ellos de FINARQ, tanto de Santiago como de la sede en la Región de Coquimbo; además de Iván González, doctor en Química de FACSALUD y Natalia Inostroza, doctora en Física y Química Molecular de la Universidad Autónoma.

Desde el decanato de FINARQ, se llevaron a cabo distintos esfuerzos que, en conjunto con la labor del equipo de investigadores, incidieron de forma positiva para conseguir la adjudicación de este fondo, el cual tiene por objetivo apoyar a la comunidad científica de la institución, mediante el acceso a equipamiento científico y tecnológico necesario para realizar investigación.

El proyecto obtendrá \$135.756.000 para así adquirir un clúster de computadores para simulaciones computacionales: un potente analizador numérico con tarjetas gráficas GPU integradas, que sería el primer centro de cómputo GPU de la cuarta región. El proyecto lleva por nombre Graphic-Power Unit Integrated Numerical Analyzer, cuyas siglas GUINA, significan 'mujer' en la lengua de los Diaguitas, pueblo indígena que se desarrolló en el norte de Coquimbo.

Los equipos serán instalados en la Sede Regional de Coquimbo. Para la universidad, esta adjudicación sienta un precedente relevante de cara al fortalecimiento de su eje de investigación. Al respecto, Troncoso señaló que **"este es un gran acierto para la UCEN, ya que nos permitirá realizar los cálculos requeridos para seis áreas de investigación de forma independiente, con un equipo propio. Lo cual agilizará la producción científica; en el caso de la región de Coquimbo nos permite analizar directamente las grandes bases de datos que generan los observatorios astronómicos de la zona.** Esto último vincula a la UCEN en colaboraciones nacionales e internacionales de excelencia".

Asimismo, se refirió a la colaboración de académicos de distintas áreas disciplinares para el desarrollo y presentación de este proyecto: "es importante impulsar la investigación multidisciplinar, en este caso el equipo será utilizado para desarrollar seis áreas de investigación, cuatro de FINARQ y otras dos de FACSALUD". Estas áreas son: nanotecnología, gravitación, minería de datos, explotación de datos LSST, astroquímica y química inorgánica. Además, estas áreas de investigación se vinculan con la docencia de pre y postgrado.

Respecto a las aplicaciones en materia de investigación, la directora del proyecto aseguró que "en astroquímica nos dedicaremos a simular moléculas orgánicas complejas como las descubiertas en Venus", mientras que el grupo de nanosíntesis, realizará simulaciones micromagnéticas. También contó que GUINA involucrará a la ciudadanía en la clasificación de datos astronómicos con el uso de herramientas informáticas. "Se utilizará la inspección visual y por primera vez la audible en ciencia ciudadana" recalzó.

Como parte del contexto, la doctora en Astrofísica recordó que "Cisterna y Palma partieron esta iniciativa en el 2019, motivados por los requerimientos técnicos de sus investigaciones. Hoy, gracias al constante apoyo de la Dirección de Investigación, autoridades institucionales, decanato de FINARQ, autoridades regionales y la incorporación de las áreas de Astronomía e Informática, es un sueño hecho realidad para el desarrollo de nuestras investigaciones".

Semana de la Ciencia: académicos de FINARQ conversan sobre el rol de la ciencia poscrisis y el trabajo colaborativo interfacultades

En dos sesiones consecutivas se llevaron a cabo los diálogos académicos que por una parte pusieron el foco en el rol de la ciencia y los generadores de conocimiento respecto a la discusión constitucional y, por otro lado, abordó las ventajas del trabajo entre las distintas unidades académicas, específicamente en el caso de FINARQ y FACSALUD.

Tras haber sido inaugurada la Semana de la Ciencia UCEN, la Facultad de Ingeniería y Arquitectura presentó las primeras instancias de diálogo relacionadas a sus áreas de investigación, donde tres investigadores adscritos a FINARQ plantearon análisis en dos conversatorios UCEN.

Christian Nicolai, decano de FINARQ ofreció un resumen que dio cuenta de la producción investigativa de la unidad académica en los últimos años. Al respecto, la autoridad se refirió a las cifras y destacó que la Facultad cuenta con “3 Fondecyt regulares investigador responsable; 6 Fondecyt regulares coinvestigador; 1 Núcleo Milenio investigador responsable; 2 Subvenciones a la instalación en la academia y más reciente el primer Fondecyt de la UCEN, el cual fue llamado Guina (Graphic-Power Unit Integrated Numerical Analyzer), trabajo que se realizó en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Salud, encabezado por la Licenciatura en Astronomía y el cual será instalado en la Sede Regional de Coquimbo”. Asimismo, recordó la cantidad de publicaciones sumadas entre los años 2015 y 2020: un total de 82. Luego de esto, comenzó el primer conversatorio titulado ‘Rol de la ciencia poscrisis, mirada a futuro’ que contó con un panel integrado por Walter Imilan, doctor de las Ciencias de la Ingeniería, mención Planificación Urbana y Regional, junto a Adolfo Cisterna, doctor en Ciencias Físicas.

Imilan en el contexto de su intervención, expresó que “una de las reflexiones después del estallido social es que los científicos miran la situación desde un enfoque positivista, haciendo sus análisis desde fuera”. En ese sentido, mencionó que “en la Escuela de Arquitectura y Paisaje, a través del Centro de Estudios Arquitectónicos, Urbanísticos y del Paisaje (CEAUP) hay una tradición que responde un poco a cómo desde la universidad podemos apoyar los procesos reflexivos que vienen en el futuro, pensándolos desde las propias comunidades”.

Destacó que hay un vínculo y una visión, que busca “entender que el conocimiento no sólo surge desde la circulación de un conocimiento global, sino que también a partir de los distintos tipos de habitantes de las distintas comunidades: como lo dice la teoría feminista ‘el conocimiento está en todos lados’; el tema es que nosotros como profesionales de la generación de conocimiento, también tenemos que abrirnos a esas otras formas de conocimiento”. Enfatizó que muchos de los problemas se solucionan “reconociendo las cualidades particulares de los territorios” donde **el rol que deben asumir quienes están en el ámbito de la ciencia e investigación no es el de expertos, sino de “mediadores de conocimiento”, que buscan categorizar, clasificar y problematizar de la forma más cercana a las experiencias de las personas.**

Por su parte, Cisterna aseguró que “esta crisis social nos da la oportunidad de cambiar la piedra angular: la Constitución que tenemos. Debemos empezar a entender la educación como un derecho y una vez que todos tengan acceso a la educación en sus distintos niveles, se genera un mejoramiento de calidad de vida, condiciones y que trae consecuencias positivas ya sea para tal generación o para la próxima y por lo tanto, eleva el nivel cultural de un país completo y, considero que no sólo para los ciudadanos votantes, sino para las personas que toman decisiones: polí-



ticos y gente con cargos administrativos importantes, porque si los políticos no entienden de ciencia, no puede haber tomas de decisiones inteligentes”.

Seguidamente, se abordó el conversatorio titulado ‘Investigación colaborativa. Experiencia de trabajo interfacultades’, en el cual intervino Juan Luis Palma, doctor en Ciencias con mención en Física, en representación de FINARQ, junto a Iván González, doctor en Química, quien participó como parte de la Facultad de Ciencias de la Salud.

“Ha sido una buena experiencia. No ha sido fácil, es un trabajo distinto al que hago en investigación. Mi línea son materiales magnéticos, esto es estudiar optoelectrónica, en nano-celdas electroquímicas que emiten luz. Mi colega Iván González es un excelente colaborador, desde lo personal hasta lo profesional, es un experto en su materia. Con esto se puede llegar a un muy buen puerto en este tipo de colaboraciones” señaló Palma acerca de su experiencia de trabajo en conjunto con su homólogo investigador de FACSALUD.

Por otra parte, destacó las oportunidades que representa el trabajo colaborativo de cara al fortalecimiento de la investigación en la UCEN, ante lo cual asegura que, en primer lugar, da la oportunidad de conocer las otras áreas de investigación en la institución “lo que siempre es bueno”. Además, relata que las patentes/productos que involucran las aplicaciones, “casi siempre vienen del trabajo colaborativo de diferentes líneas de investigación; esto hace que nuestro intelecto individual sea desplazado por el intelecto colectivo que tiene un equipo. Somos capaces de hacer cosas, en las que no conocemos el 100% del funcionamiento de cada una de las partes, pero llegamos a un producto notable al final del camino”.

Asimismo, **Palma dio cuenta que en FINARQ, en la carrera de Ingeniería Civil Industrial hay estudiantes que “tienen las capacidades de planear transferencia tecnológica desde el laboratorio hacia la Industria” lo que calificó como “muy bueno”, donde la colaboración entre facultades fortalece este punto.**

EL LADO OSCURO DEL UNIVERSO: ¿QUÉ ES Y CÓMO LO ILUMINAMOS?

Agujeros negros, materia oscura y energía oscura son quizás los misterios más atractivos de la gravitación actual. Para develarlos, es necesario descubrir una nueva teoría de gravedad.

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

Descubrir cómo funciona la naturaleza, nos ha permitido sobrevivir y ha mejorado nuestra vida notablemente, incluso desde los tiempos en que nuestra capacidad cognitiva como especie era apenas suficiente para razonar como lo hacemos ahora. Sin embargo, tan solo el ejercicio de entender nuestro universo es un acto en sí mismo hermoso, que a veces tiene efectos prácticos; pero tal característica no constituye su principal importancia en absoluto. Pensemos tan sólo cómo sería el mundo actual, si nuestros antepasados hubieran desistido de jugar con ruedas porque quizás no tenían un sentido práctico en su momento. Las aplicaciones prácticas, son más bien una consecuencia derivada de su finalidad primigenia: la búsqueda de la verdad y el entendimiento objetivo de la naturaleza a través de nuestra razón. Es en esta "empresa" donde se desarrolla la física teórica y en particular, la gravitación y la cosmología, ambas disciplinas base para el desarrollo de nuestras investigaciones en el grupo de física teórica de la universidad. Nuestro objetivo es entonces bastante ambicioso; intentar develar dos de los misterios más fascinantes de la naturaleza: ¿Cuáles son esos misterios y qué hacemos para iluminar la descripción teórica de este lado oscuro del universo?

Cuando miramos al cielo, por ejemplo, todas las estrellas y halos que podemos ver representan un 0.5% del universo. Todo lo que vemos, los átomos que componen desde las estrellas hasta nuestros cuerpos, la luz, toda radiación electromagnética, incluso las partículas detectadas en sofisticados laboratorios y aceleradores de

partículas, todo esto representa solo el 5% del contenido energético del universo. Como si existiera un telón de fondo que esconde celosamente lo que ocurre detrás del escenario, físicos y astrónomos hemos aceptado con resignación que solamente el 95% del contenido del universo lo constituye algo muy distinto de lo que observamos normalmente.

Los primeros indicios de materia oscura se remontan a 1933, cuando se descubrió un movimiento anómalo de un cúmulo de galaxias. Estos son enjambres de galaxias que se mantienen unidas por la fuerza gravitacional, girando unas en torno a las otras. Los astrónomos pueden inferir la masa de estos cúmulos midiendo las velocidades con que se mueven las galaxias individuales y las distancias que las separan. Cuando se realiza tal deducción, se puede concluir que la masa del cúmulo de galaxias es muchísimo mayor que la resultante de todas sus estrellas. Hay un tipo de materia entonces, que está presente en mucha mayor densidad que la luminosa por lo que recibió el nombre de "materia oscura". Se estima que hay un 26% de materia oscura en nuestro universo [1].

En 1998 observaciones astronómicas de supernovas tipo Ia en diversas galaxias mostraron que el universo se está expandiendo aceleradamente [2,3]. Se trata de la explosión de un tipo especial de estrellas llamadas enanas blancas, pesadas como el Sol pero pequeñas como la Tierra. Debido a la atracción gravitacional que genera en sus vecindades, esta puede robar materia a otra estrella y engordar

hasta colapsar, provocando una explosión de tal intensidad que su brillo es comparable con el de una galaxia entera. Estas explosiones son ideales para la determinación precisa de distancias a galaxias lejanas, y permitió a dos grupos de astrónomos calcular cómo cambia la velocidad de expansión del universo. Trece años más tarde, este descubrimiento los hizo merecedores del premio Nobel, no solo por haber comprobado que el universo se expande, sino que también por demostrar que lo hace aceleradamente. Desde entonces, este extraño comportamiento del universo ha sido confirmado por una plétora de observaciones de naturaleza completamente distinta, por lo que solo queda aceptarlo e intentar esclarecerlo. Pues bien, lo que sí es claro es que una extraña forma de energía es responsable de este fenómeno. En alusión a este carácter de mano invisible que empuja a las ga-

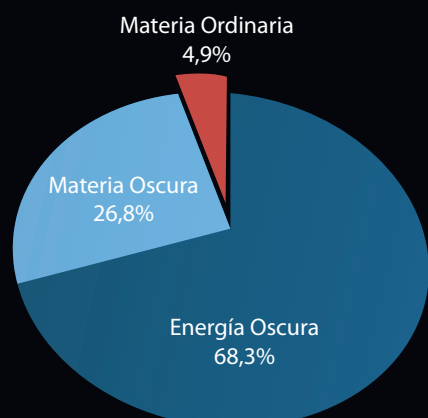


Figura 1

Contenido del universo

laxias en dirección contraria a la esperada, se la llama “energía oscura”. Se estima que hay un 68,3% de energía oscura en nuestro universo [1].

Un agujero negro en cambio, es una región del espacio acotada donde la gravedad es tan fuerte que ni siquiera la luz puede escapar. Esta región en torno a este objeto se conoce como “horizonte de eventos”. Una superficie, que una vez que se cruza, no hay vuelta atrás. Nada puede salir. Nada puede traspasarlo para volver a contarnos su experiencia. Todo lo que lo traspase está condenado a caer hacia el centro, un punto donde toda la materia que ha caído se acumula en un volumen de dimensiones ínfimas: la singularidad. Allí se acaba todo, incluso el tiempo y las leyes de la física dejan de ser válidas. Es una de las falencias, que la misma teoría de la relatividad general (en adelante “RG”) de Albert Einstein predice sobre sí misma. Sin embargo, suena tan descabellado, que el mismo Einstein, pensaba que su existencia era absurda. Una estrella jamás podría concentrar tanta materia. La Tierra, por ejemplo, debe comprimirse como un grano de uva para transformarse en un agujero negro. Esto es imposible que ocurra en nuestra “tranquila” vida de nuestro planeta, sin embargo, el universo lo hace por nosotros. Algunas estrellas mueren cuando se les acaba el combustible termonuclear que queman en su centro y cuando eso ocurre, comienzan a comprimirse naturalmente, por efecto de la gravedad de sus constituyentes, y pueden convertirse en un agujero negro. Roger Penrose, fue el primero en demostrar matemáticamente en 1965, a través de un hermoso teorema que lleva su nombre, que los agujeros negros son una consecuencia natural de la teoría de la RG [4]. Más aun, agujeros negros supermasivos (millones de veces más masivos que el sol) parecen habitar el centro de muchas galaxias. Reinhard Genzel y Andrea Ghez, observaron por alrededor de 30 años, las órbitas que describían las estrellas en el centro de nuestra galaxia, las cuales exhiben las características que la RG de Einstein predice. Dichas observaciones permitieron deducir que, en el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, existe una región que contiene un objeto extremadamente pesado, bautizada Sagitario A*, cuya masa es alrededor de 4 millones la masa de nuestro sol [5]. Un agujero negro supermasivo es la única explicación actual para esto. Dichas investigaciones le valieron el premio Nobel a Penrose, Genzel y Ghez en el año 2020.

Observaciones como la reciente detección simultánea de ondas gravitacionales y rayos gamma [6,7,8], provenientes del colapso de un sistema de dos estrellas de neutrones que confirmó su propagación lumínica, junto con la primera imagen de

la “sombra” de un agujero negro supermasivo en la galaxia M87 presentada por la colaboración internacional del Telescopio Event Horizon [9,10], han reafirmado a la RG como la teoría más exitosa que describe a la interacción gravitacional por alrededor de cien años [11,12].



Figura 2

Esta es la imagen de un agujero negro supermasivo en el centro de la galaxia M87, a 53 millones de años luz de distancia de nuestra galaxia. Las manchas rojas corresponden a gas muy caliente moviéndose alrededor del agujero negro.

En su concepción original en cuatro dimensiones (las tres espaciales que conocemos más el tiempo), la RG ha demostrado ser una teoría clásica de gravedad cuyas predicciones tienen una sorprendente concordancia con experimentos en rangos de escala de distancia desde micrones (como el tamaño de una bacteria) hasta unidades astronómicas (distancias comparables como la que hay entre la Tierra y el Sol). Sin embargo, a pesar del gran éxito de esta teoría, aún existen ciertas interrogantes que la RG no puede responder. Por ejemplo, la expansión acelerada del universo no puede ser explicada satisfactoriamente por la RG, ni tampoco la velocidad de rotación de estrellas alejadas del centro de la galaxia parece concordar con las predicciones de la RG. Ambos fenómenos son atribuibles a la energía y materia oscura, respectivamente, constituyendo un problema a resolver en escalas de distancia muy grandes (cosmológicas y galácticas). Por otro lado, tampoco puede responder qué pasa durante “el inicio del universo” ni tampoco es válida en la singularidad de un agujero negro. Esto sería un problema a resolver relacionado con escalas de tiempo y distancia muy pequeñas (a nivel cuántico).

Antes de la RG, existía la teoría de Newton que no podía explicar ciertos fenómenos como la órbita de Mercurio, pero sí explicaba muy bien cómo se movían el resto de los planetas del sistema solar. Pues bien, cuando apareció la RG, el misterio de la órbita de Mercurio fue resuelto, y ambas teorías concuerdan perfectamente para el resto del movimiento planetario. Es decir, RG contiene a la teoría de Newton y tiene un poder predictivo que abarca un espectro mayor de las escalas de distancia. De

igual manera, actualmente necesitamos una teoría que contenga a RG, pero con un poder predictivo en un espectro más amplio de escalas de distancia: donde las singularidades puedan ser explicadas y además donde la materia y energía oscuras puedan ser descritas. Una teoría completa de gravedad se ha convertido en el santo grial de la física teórica, y en particular una de las obsesiones de la gravitación.

Para poder dar respuesta o al menos adquirir un acercamiento a alguna característica subyacente de una teoría mayor que responda a todas estas preguntas, es que el primer intento para alcanzar este objetivo es modificar la RG [13]. Poco después de la formulación de RG se desarrollaron las primeras teorías modificadas y aún se siguen elaborando teorías con el fin de resolver estos problemas. Actualmente existe una fauna increíble de distintos tipos de teorías modificadas, muchas de ellas apuntando a una descripción de la expansión acelerada del universo consistente con las observaciones, además de describir la interacción gravitacional a nivel cuántico. Si bien varias de ellas pueden describir muy bien estos fenómenos, pagan el costo de tener alguna patología física, ya sea violando algún principio o simetría física que los puristas más conservadores desapruaban, siendo excesivamente exóticas o complicando de sobremanera las modificaciones en claro desacuerdo con los seguidores del principio de parsimonia. Hay teorías incluso que proponen la existencia de múltiples universos. El arte de modificar la RG siguiendo los principios físicos y simetrías inherentes de la naturaleza está más activo que nunca. Su motivación: iluminar el lado oscuro del universo.

Referencias

- [1] P.A.R. Ade et al. (Planck Collaboration), Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters, *Astron. Astrophys.* 594, A13 (2016).
- [2] Riess A G et al, *Astron. J.* 116, 1009 (1998).
- [3] Perlmutter S et al, *Astrophys. J.* 517, 565 (1999).
- [4] R. Penrose, *Phys. Rev. Lett.* 14, 57 (1965).
- [5] R. Genzel et al. *A&A* 615, L15 (2018).
- [6] B. P. Abbott et al. (Virgo, LIGO Scientific), *Phys. Rev. Lett.* 116, 061102 (2016).
- [7] B. P. Abbott et al. (Virgo, LIGO Scientific), *Phys. Rev. Lett.* 119, 161101 (2017).
- [8] B. P. Abbott et al. (Virgo, Fermi-GBM, INTEGRAL, LIGO Scientific), *Astrophys. J.* 848, L13 (2017).
- [9] K. Akiyama et al. (Event Horizon Telescope), *Astrophys. J.* 875, L1 (2019).
- [10] K. Akiyama et al. (Event Horizon Telescope), *Astrophys. J.* 875, L6 (2019).
- [11] C. M. Will, *Living Rev. Rel.* 9, 3 (2006).
- [12] A. Hees et al., *Phys. Rev. Lett.* 118, 211101 (2017).
- [13] Clifton et al, *Phys. Rep.* 513, 1 (2012).

CANTIDADES CONSERVADAS EN EVENTOS DE NUESTRO ENTORNO

Las cantidades conservadas son propiedades de eventos que no cambian durante el suceso y así pueden ser utilizadas en hechos cotidianos o para propósitos tecnológicos.

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



En eventos en los cuales existen cantidades conservadas en general se genera un movimiento repetitivo o se genera una compensación para que la cantidad conservada no se altere, lo cual permite manejar o controlar otras propiedades del suceso para algunos usos cotidianos, por ejemplo para controlar la rapidez con que gira una patinadora, o lograr mayor alcance al regar con una manguera, como también en tecnología por ejemplo para generar movimientos repetitivos en materiales magnéticos en el rango de las frecuencias de los GPS o Wi-Fi.

Al escuchar las palabras “cantidades conservadas” probablemente lo podríamos relacionar con números o valores que no cambian, o un conjunto de cosas guardadas que no se deterioran. En otras palabras, podríamos tender a pensar en las cantidades conservadas como valores constantes, por ejemplo, en el número 2 o en el número 3; o bien, en un objeto guardado que no se dañe, como por ejemplo congelar un alimento. Sin embargo, si bien es cierto que las cantidades conservadas no cambian por lo que “no se deterioran”, no se refieren a simples números, como el número 2 o el número 3 o elementos que conservamos.

En realidad, las cantidades conservadas, también llamadas magnitudes conservadas, son propiedades de fenómenos o eventos de la naturaleza pero que no cambian en el tiempo durante el evento, es decir cantidades que no evolucionan, por lo que si fueran medidas en el laboratorio no cambiarían su valor durante todo el evento o suceso. Existen varios sucesos cotidianos en el cual podemos asociar una cantidad conservada, por ejemplo, cuando regamos el jardín de la casa el caudal de agua que sale por la manguera es una cantidad conservada; otro ejemplo que podemos mencionar es el movimiento de un péndulo, mientras el péndulo oscila su energía se conserva, y en el giro de una patinadora sobre hielo el momento

angular de la patinadora se conserva. El caudal, la energía y el momento angular son cantidades o magnitudes que caracterizan los cuerpos. El caudal caracteriza la cantidad de agua que sale por la manguera, la energía es la capacidad que tiene el péndulo para realizar las oscilaciones, mientras que el momento angular caracteriza la cantidad de movimiento de la patinadora mientras gira.

En general, si en un fenómeno algunas de estas cantidades son conservadas se genera un movimiento repetitivo como en la oscilación de un péndulo. En efecto, al conservarse la energía del péndulo, el péndulo tiene siempre la capacidad para oscilar de un extremo a otro extremo, de manera de ir y volver al mismo punto continuamente (Figura 1a). O bien, se genera una compensación para que la cantidad conservada no se altere, por ejemplo, cuando una patinadora sobre hielo abre una pierna y brazo gira con rapidez menor (figura 1b) que cuando recoge la pierna y brazo (Figura 1c), de manera que estos cambios (abrir y cerrar la pierna y brazo) no alteren la conservación del momento angular de la patinadora. Algo similar ocurre para una persona que riega usando una manguera, en efecto si la persona disminuye el orificio por donde sale el agua en la manguera (por ejemplo tapando una parte con un dedo), se generará un aumento en la rapidez de salida del agua, de manera que el caudal de agua no cambie, con lo que podrá regar hasta una distancia mayor (Figura 1 d,e).

Más aún, a cada una de estas cantidades conservadas se le puede asociar alguna simetría en el evento, que corresponde a un cambio que deja invariante el camino o trayectoria de los cuerpos durante el evento. En efecto, simetrías en un giro generan conservación del momento angular; mientras que las simetrías en el tiempo generan conservación de la energía. Esto fue estipulado por la brillante matemática alemana Emmy Noether en un teorema en el año 1915, conocido como teorema de Noether [1]. Cabe destacar el periodo en el cual Emmy Noether enunció este importante teorema, periodo en el cual las mujeres desgraciadamente no tenían fácil acceso a las mismas oportunidades

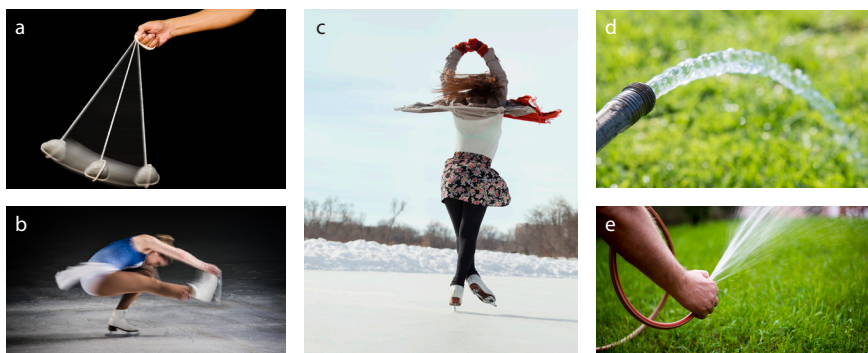


Figura 1

a) Movimiento repetitivo de un péndulo de un extremo a otro debido a la conservación de la energía. Cuando una patinadora gira sobre su eje con b) una pierna y brazos abiertos gira con menor rapidez que cuando tiene c) las piernas y brazos cerrados debido a la conservación del momento angular, respectivamente). d,e) Debido a la conservación del caudal que sale por una manguera, al disminuir el orificio de salida del agua, el agua alcanza una mayor distancia, para compensar la disminución del área por donde sale el agua, respectivamente).

que tenían los hombres. Lo que generó que, a pesar de lo brillante de su carrera, no pudiera trabajar en un puesto digno en la universidad.

Aunque generalmente tales cantidades conservadas existen cuando analizamos el evento como aislado con el entorno, en muchas ocasiones ayudan a entender y facilitan la descripción de eventos complejos en la naturaleza. Un bonito ejemplo que podemos destacar es el movimiento de un cuerpo celeste, como por ejemplo la Tierra, en torno al Sol (conocido como el problema de Kepler [1]). En efecto, el movimiento de la Tierra en torno al Sol puede ser analizado de muy buena manera, analizando el Sol y la Tierra como un sistema aislado, vale decir, sin tomar en cuenta las interacciones con los otros planetas del sistema solar y sin tomar en cuenta las interacciones con la Luna. En tal descripción, tanto la energía como el momento angular de la Tierra son cantidades conservadas mientras esta se traslada. Es decir, tanto la energía como el momento angular de la Tierra no cambian, aun cuando la Tierra se este moviendo. Estas cantidades conservadas sumadas a la interacción gravitacional entre la Tierra y el Sol generan que la Tierra se mueva en torno al Sol en una órbita elíptica (Figura 2a). En otras palabras, si no se conservaran estas magnitudes físicas, la órbita de la Tierra sería muy distinta e incluso podría colisionar la Tierra con el Sol! ¡Afortunadamente existen estas cantidades conservadas!

Recordemos que el teorema de Noether indica que cuando se conserva el momento angular se debe a una simetría en un ángulo respecto a cualquier punto de su órbita. Entonces la región barrida por la órbita de la Tierra en un cierto tiempo debe ser el mismo en cualquier sector de su recorrido (como muestra la Figura 2b). Una consecuencia de esto es que cuando la Tierra está más cerca del Sol (conocido como perihelio) se mueve a una rapidez mayor que cuando se encuentre orbitando en un sector más lejano respecto al sol (llamado afelio), de manera de recorrer regiones iguales en tiempos iguales durante su movimiento y no alterar el momento angular de la Tierra (conocido como la segunda ley de Kepler [1,2]).

Interesantemente, estas condiciones de conservación se cumplen y existen no solo a escala macro como en los movimientos de los astros, o en fenómenos cotidianos que pueden ser usados, por ejemplo, para controlar la rapidez de giro de la patinadora o la rapidez del agua que sale por una manguera; sino que también pueden ocurrir a escala muy chica como por ejemplo en la escala nanométrica y podría ser usado para entender y controlar fenómenos a nanoescala y utilizarlos en nanotecnología.

De hecho, recientemente en un trabajo en colaboración entre la Universidad Central y la Universidad de Santiago [3] se mostró que en materiales magnéticos, incluso a tamaños nanométricos, y bajo ciertas condiciones se conserva una cantidad parecida al momento angular para el movimiento de la información magnética del material, lo que permite formar órbitas (caminos) como los mostrados en la figura 3, mientras se mueve la información magnética. Por lo tanto, se podría mover la información magnética repetitivamente a lo largo de los caminos mostrados en esta figura. En otras palabras, en tales condiciones la información magnética se mueve en caminos en torno al centro del material magnético nanométrico, y mientras la información magnética se mueve, se conserva una especie de momento angular. Este movimiento es similar al movimiento elíptico de la Tierra en torno al Sol, pero en una escala muy pequeña, tan pequeña que no puede ser vista por nuestros ojos; pero si puede ser vista usando potentes microscopios. Este movimiento repetitivo de la información magnética en el material magnético es de especial interés si la rapidez del giro de la información magnética genera frecuencias, por ejemplo, en el rango de frecuencia de los GPS y Wi-Fi para su uso en tecnología e informática. Precisamente, en el artículo [4] se muestra que el movimiento giratorio de la información magnética en algunos materiales magnéticos conocidos como ferrimagnetos y en condiciones especiales llega a las frecuencias de las requeridas por las señales GPS y Wi-Fi y, por lo tanto, se podrían utilizar estos dispositivos magnéticos específicos para estos propósitos tecnológicos.

En conclusión, las cantidades conservadas pueden existir en eventos a toda escala, desde lo más pequeño como en el movimiento de la información magnética en materiales magnéticos nanométricos, hasta lo más grande, como en el movimiento de los planetas en torno al Sol. Además, las cantidades conservadas determinan cómo serán los eventos y, junto con facilitar el entendimiento de los eventos, permiten controlar otras propiedades del suceso, que podrían ser usados en hechos cotidianos, o bien en tecnología, por ejemplo, haciendo girar la información magnética a frecuencias de las que emplean los GPS y las señales Wi-Fi.

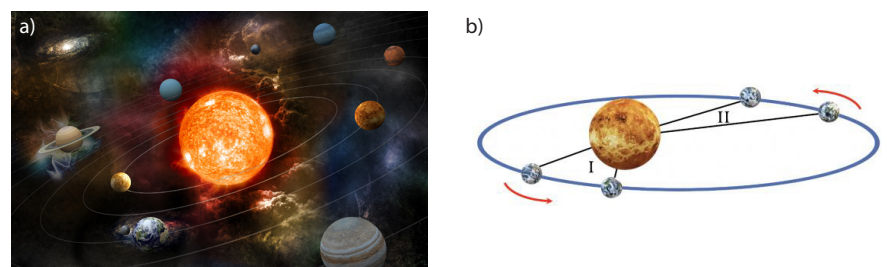


Figura 2

a) La presencia del Sol y la conservación de la energía y momento angular de los planetas permiten que los planetas giren en torno al Sol en caminos elípticos, evitando que los planetas impacten al Sol.
b) Debido a la conservación del momento angular de la Tierra las regiones I y II barridas por la línea negra que une la Tierra con el Sol son de tamaños iguales para un mismo tiempo transcurrido.

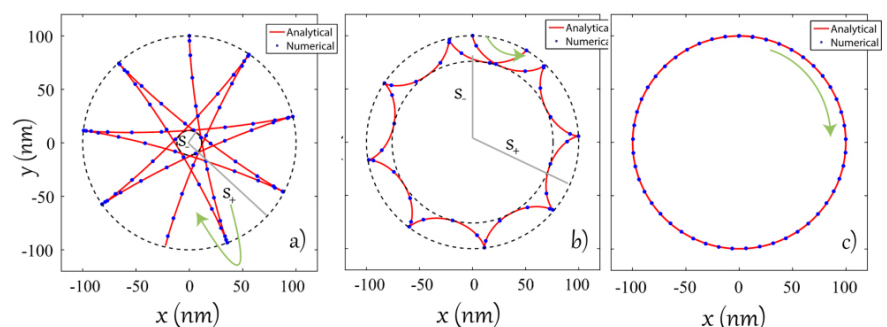


Figura 3

Bajo ciertas condiciones, el camino que recorre la información magnética (mostrada por líneas rojas) en materiales magnéticos a tamaños nanométricos no puede sobrepasar los círculos segmentados de manera que se conserven las cantidades conservadas, generando movimientos repetitivos (órbitas) como los mostrados en a, b y c) [3].

Referencias

- [1] H. Goldstein, C.P. Poole, J.L. Safko. Classical Mechanics. third ed. Addison Wesley (2002).
- [2] R.A. Serway y J. W. Jewett, Física para Ciencias e Ingeniería, Vol1 (2008).
- [3] D.A. Carvajal, A. Riveros and J. ESCRIG, Results in Physics 19, 103598 (2020).
- [4] S.K. Kim, Y. Tserkovnyak, Applied Physics Letters 111,032401 (2017).

EL PROCESO QUÍMICO QUE CAMBIÓ EL MUNDO

El descubrimiento realizado por el químico alemán Fritz Haber, la síntesis de amoníaco a partir del nitrógeno del aire, es quizás el descubrimiento más importante del siglo XX.



• Jorge Concha Milla

Profesor de estado mención Química, Ingeniero en Industrias, Mg. en Educación Universitaria, Sede, Región de Coquimbo

La obtención de amoníaco a partir del nitrógeno del aire se conoce como el proceso Haber y Bosch, en honor a los dos científicos alemanes, Fritz Haber y Carl Bosch, quienes fueron galardonados con el premio Nobel el año 1918 por este descubrimiento.

La reacción química que revolucionó la agricultura hace más de 100 años, permitió mejorar los cultivos con la incorporación de fertilizante proveniente de este proceso y que se dejó de utilizar el nitrato de sodio de origen natural en muchos países del mundo y que se producía principalmente en la provincias de Tarapacá y Antofagasta, norte de Chile, donde se llegó a producir hasta 3 millones de toneladas al año, a raíz de esto la industria nacional entraría en crisis luego que la compañía alemana BASF en 1913 comenzó a producir nitratos sintéticos a partir del método Haber-Bosch.

Análisis e importancia y reacciones asociadas

Este avance científico-tecnológico puede ser analizado de muchas aristas y que incidió negativa y positivamente en transformaciones sociales, económicas, ambientales y políticas y en un periodo en el cual se desarrolló la Primera Guerra mundial. Un primer análisis, muy utilizado para explicar fenómenos químicos en el aula es la reacción entre nitrógeno e hidrogeno para fabricar amoníaco cuando se estudia en las reacciones aspectos cuantitativos del equilibrio químico, uso de catalizadores y el principio de Le Chatelier y que dice relación cuando un sistema en equilibrio es perturbado por un cambio de temperatura, presión o concentración en uno de los componentes, el sistema desplazara su posición de equilibrio de modo se contrarreste el efecto de la perturbación. Haber buscó los factores que se podían modificar para aumentar el rendimiento en la obtención de NH_3 , calculó los valores de la constante de equilibrio que se

formaban en distintas condiciones de presión y temperatura observando que el porcentaje se favorece al aumentar la presión y disminuir la temperatura por estar en presencia de una reacción exotérmica, si se extrae continuamente el NH_3 formado, el rendimiento de la reacción aumenta de forma extraordinaria. Como es conocido, esta, reacción no se produce a temperatura ambiente, ya que el N_2 gas necesita mucha energía para romper el triple enlace y disociarse. Fritz Haber desarrolló una síntesis catalítica de amoníaco a partir de nitrógeno del aire e hidrógeno gaseosos. El nitrógeno gaseoso es el componente principal de la atmósfera por lo tanto se encuentra disponible en abundancia esta materia prima, lo que abarata el proceso. Por otra parte, el hidrógeno se obtiene principalmente de combustibles fósiles a través del proceso de reformado por vapor proveniente de la producción de gas natural. El proceso se lleva a cabo a 300-500 atm y a temperaturas en torno a 460-550 °C. Esto es así porque, al ser una reacción reversible y exotérmica, si se aumenta mucho la temperatura, se desplazaría el equilibrio hacia la izquierda, se absorbería calor y conllevaría a la formación de sus reactivos (H_2 y N_2).

Hay que mencionar la importancia de la intervención del catalizador utilizado por Haber. El proceso de Haber-Bosch empleo catalizadores de tipo heterogéneos y que consiste en un mineral de magnetita reducido (Fe_3O_4) que se basa en catalizadores para acelerar la hidrogenación de N_2 . Los catalizadores son "heterogéneos", lo que significa que son sólidos que interactúan con reactivos gaseosos

Al establecerse enlaces entre las moléculas de los reactivos y la superficie del catalizador hace que se debiliten sus otros enlaces disminuyendo sustancialmente la energía de activación necesaria para la formación de NH_3 , acelerándose así la reacción. El catalizador actúa absorbiendo las moléculas de N_2 en su superficie

debilitando el enlace N-N interatómico, los cuales, al disociarse, se unen a los átomos de H que provienen de la disociación de hidrógeno, ambas disociaciones se producen en la membrana del catalizador.

En la producción industrial del amoníaco, el NH_3 , este se extrae continuamente, licuándolo en forma selectiva; el punto de ebullición del NH_3 es mucho mayor que el N_2 y H_2 . El NH_3 líquido se extrae, y el N_2 y H_2 se recicla para formar más NH_3 .

Salitre artificial y crisis del Salitre

Avanzando en las implicancias del descubrimiento del salitre sintético examinamos la crisis ocasionada a una de las principales actividades económicas de Chile entre 1880 y 1930.

La historia del salitre trata del ciclo económico que ocurrió en Chile con el descubrimiento de yacimientos de salitre en el desierto de Atacama, en las actuales regiones chilenas de Tarapacá y Antofagasta. Perú también fue una nación productora de salitre, pero fue Chile que logró un monopolio del salitre desde 1879 llegando a producir 2.500.000 toneladas de nitrato en 1910. No es exagerado afirmar que la economía chilena del período 1900-1930 giraba en torno al salitre, exportando en grandes cantidades a Europa- Reino Unido, Alemania, Francia- y Estados Unidos, donde era usado principalmente como fertilizante. La gran cantidad de recursos y la buena conectividad facilitaron que el país tuviera el monopolio sobre su producción. Sin embargo, esto no aseguró el desarrollo sostenido, ya que la industria salitrera vivió etapas de auge y crisis de manera periódica.

El Estado chileno resolvió dejar en manos privadas la explotación del salitre, pero aplicó un elevado impuesto a la exportación, generando grandes recursos para las arcas fiscales. Los capitales que predominaron fueron chilenos y peruanos, pero luego, se incorporaron capitales alemanes, italianos, franceses, españoles y croatas y mayoritariamente ingleses.

Entre 1895 y 1899, se registró la existencia de 48 oficinas salitreras, en las cuales trabajaban más de 18.700 operarios; entre 1910 y 1914 esta cifra se triplicó, ascendiendo a 118 oficinas y 46.500 trabajadores [1]

Como es muy bien sabido, los alemanes, amenazados por la guerra y por la torpe política de los monopolios del salitre natural, estos consiguieron llegar a producir el producto sintético a principios de siglo, progresando con tanta rapidez que ya en 1922 lo vendían a precios inferiores al salitre natural. Algunos impul-

sores de las políticas de desarrollo comerciales advertían de las posibles crisis económicas que podía tener la industria del salitre concretándose con el descubrimiento de la síntesis industrial y a esta crisis de origen tecnológico se unió en 1929 el impacto de la Gran Depresión que azotó al mundo[2].

El cierre de las salitreras provocó una grave cesantía, un deterioro de los recursos económicos de los grupos más pudientes, y sobre todo del Estado de Chile, el que debió paliar con ayuda alimenticia y habitacional a la masa de mineros cesantes que emigraron hasta el centro del país.

Impacto en la agricultura

En la agricultura durante la década de 1800, los países densamente poblados de Europa, como Alemania, Gran Bretaña, utilizaron guano (estiércol de las aves marinas) procedente de islas frente a las costas de Perú y el salitre de Chile como la principal fuente de fertilizante nitrogenado natural, pero estas fuentes naturales de nitrógeno no son suficientes para mantener la agricultura de alto rendimiento actual.

Casi todos nuestros fertilizantes nitrogenados contienen nitrógeno fijado al amoníaco del nitrógeno atmosférico mediante un método llamado proceso Haber-Bosch. En combinación con los avances en el mejoramiento, herbicidas y pesticidas, estos fertilizantes han ayudado a aumentar la productividad de las tierras agrícolas.

Indicaciones científicas [3] indican que el proceso Haber-Bosch es uno de los mayores contribuyentes a la acumulación de nitrógeno reactivo en la biosfera, lo que provoca una interrupción antropogénica del ciclo del nitrógeno.

Cuando los compuestos de nitrógeno se filtran hacia ríos y mares, estimulan el crecimiento de unos organismos más que otros. El resultado incluye la creación de "zonas muertas" en los océanos, donde la proliferación de algas en la superficie bloquea la luz solar y mata a los peces que existen debajo.

El proceso Haber-Bosch no es el único responsable de estos problemas, pero es uno de los principales. Y no va a desaparecer rápidamente; se proyecta que la demanda de fertilizantes se duplicará en el transcurso de este siglo.

El nitrógeno es esencial para la vida y la producción de alimentos. Sin embargo, los cultivos solo absorben la mitad del nitrógeno aplicado en promedio y, una vez consumido, los seres humanos



y los animales utilizan solo una fracción de este y excretan el resto. El resto se almacena temporalmente en el suelo o se pierde en el medio ambiente. Las pérdidas de nitrógeno pueden causar contaminación por nitrógeno, uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta la humanidad, que tiene como resultado impactos que van desde la eutrofización y la contaminación del aire hasta la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y el agotamiento del ozono estratosférico. Estos impactos contribuyen directa e indirectamente a una serie de problemas de salud humana, que incluyen enfermedades respiratorias, enfermedades cardíacas y varios tipos de cáncer.

Aportes y avances en la industria

Bosch, un ingeniero de BASF, superó algunos problemas de ingeniería sin precedentes asociados con la enorme presión requerida por el proceso, para Bosch, entonces, la tarea principal era los ensayos de materiales, entonces era identificar y controlar problemas en materiales para la instrumentación y la Ingeniería de Procesos.

Económicamente la presurización de los reactores eran de alto costo: las tuberías, válvulas y otros recipientes de reacción debían reforzarse, y tomar en cuenta consideraciones de seguridad cuando se trabaja a altas presiones y temperaturas, asimismo, el funcionamiento de los compresores requiere una energía considerable, ya que se debe trabajar con el gas muy compresible.

Antes del desarrollo del proceso Haber, el amoníaco había sido difícil de producir a escala industrial, con métodos tempranos como el proceso Birkeland-Eyde (arco eléctrico)[4] y el Frank-Caro (horno eléctrico, resistencia eléctrica)[5] siendo todos altamente ineficientes.

Hoy en día, la mayoría de las plantas se asemejan al proceso Haber original (200 bar y 500 °C), aunque con una conversión de un solo paso mejorada y un menor consumo de energía debido a la optimización del proceso y del catalizador.

El proceso y desarrollo de los explosivos

En realidad, la aplicación bélica del amoníaco despertó en los industriales alemanes un interés mucho mayor que su uso como fertilizante, la lista de aplicaciones del amoníaco es enorme entre ellos la fabricación de explosivos, donde Fritz Haber tuvo una importante labor en el desarrollo de suministros químicos para el ejército alemán.

Conclusiones

Son muchas las lecciones que se pueden desprender de este tema, la producción industrial de un producto químico ampliamente usado y que significó para Fritz Haber y muchos ingenieros industriales y científicos de diferentes áreas, entrar el campo de la Investigación como fue en la búsqueda de nuevos catalizadores, trabajo en altas presiones, búsqueda de nuevos materiales más resistente, además en el campo de innovación que incluyó cambios significativos en esa época como respuesta a una necesidad ante el aumento de la población y empobrecimiento y bajo rendimiento de los campos de cultivos.

Referencias

- [1] La vida cotidiana en la pampa salitrera (1830-1930) en: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-3548.html>
- [2] El caso de la dependencia salitrera en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-26812014000300010
- [3] Nitrogen pollution policy beyond the farm en: <https://www.nature.com/articles/s43016-019-0001-5>
- [4] Proceso Birkeland-Eyde en: https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Birkeland-Eyde
- [5] Proceso Frank-Caro en: https://es.qaz.wiki/wiki/Frank%E2%80%93Caro_process#:~:text=El%20proceso%20de%20Frank%2DCaro,alcanza%20la%20temperatura%20de%20reacci%C3%B3n



Estudiante de Ingeniería Civil Industrial se adjudica proyecto ante el MINEDUC

Se trata de una propuesta en el área de innovación tecnológica y de procesos que contempla talleres de diseño e impresión 3D con polímeros plásticos biodegradables y/o reciclados.



Francisco Javier Arredondo Müller, estudiante de 4° año de Ingeniería Civil Industrial, consigue adjudicarse proyecto presentado ante el Fondo de Desarrollo Institucional de Emprendimiento Estudiantil 2020 (FDI) del Ministerio de Educación. Su propuesta se titula **'Taller de prototipado y fabricación sustentable basado en el diseño e impresión 3D con polímeros plásticos biodegradables y/o reciclados'**, la cual recibirá un monto de \$4.245.000 para su ejecución. La duración será de 18 meses y tributa al área de innovación tecnológica y de procesos, así como prácticas sustentables y medio ambiente del concurso postulado.

Arredondo explicó que 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.

¿Qué te motivó a presentar este proyecto ante un fondo externo?

R: Tenía un par de ideas y sabía de este fondo, no es la primera vez que postulaba un proyecto a los FDI, pero sí es la primera vez que un proyecto que dirigí queda seleccionado. Fue clave que tenía la idea ya trabajada y tanto la Escuela de Ingeniería como las y los docentes a los que solicite apoyo, tuvieron real disposición de colaborar para que el proyecto estuviera listo en un plazo bastante acotado.

¿Cómo reaccionaste al saber que habías conseguido la adjudicación?

R: Alegre, sin duda. Poca sorpresa sí, hace algunas semanas, desde el FDI habían contactado al equipo de apoyo de la Dirección de Apoyo y Vida Estudiantil (DAVE), para solicitar algunas correcciones, lo cual daba pistas que íbamos por buen camino y sólo quedaba esperar, pero la certeza de que al proyecto le había ido bien era alta.

¿Cuál fue el mayor desafío durante el proceso de elaboración y presentación del proyecto?

R: Los tiempos fueron súper acotados, justo tuvimos la semana de receso académico la cual permitió dedicarle bastante tiempo al proyecto, si no hubiera coincidido con eso, habría sido mucho más difícil. En general hay que tener un trabajo previo, para ajustarlo a la convocatoria dentro del plazo, pues siempre han sido bastante acotados.

¿Por qué crees que es importante para los estudiantes participar en este tipo de instancias?

R: Si bien hay más instancias, para mí los FDI representan una de las más relevantes, pues nos permite como estudiantes traer fondos externos a la universidad para proyectos de nuestro interés. Hay más libertad sobre lo que se quiere hacer, pues hay espacio para temas de innovación, integración, culturales, deportivos y un sinnúmero más (son bastantes líneas de trabajo).

¿Cuáles consideras que son las principales herramientas y habilidades que tuviste que poner en práctica para llevar a cabo esta tarea?

R: Como dije anteriormente fue un proceso bien rápido, por lo cual hace un poco complejo enumerar, creo que sería más fácil mencionar los defectos con los que tuve que combatir, pues soy bien disperso y tiendo a procrastinar bastante a la hora de trabajar jornadas largas, creo que de eso mismo podría destacar la motivación por el proyecto y la capacidad de trabajo bajo presión, pues cuando el plazo es corto suelo concentrarme un poco más.

¿Qué invitación le enviarías a tus compañeros y compañeras de la carrera para que se animen a participar en instancias similares?

R: Proyecten, creo que hay que partir por ahí, tener "proyectos en carpeta", ideas ya formadas, para que cuando se cruza una instancia adecuada, se pueda postular con un trabajo que ya tenga cierto tiempo puliéndose, pero sino, postulen igual, sin duda conocer el instrumento de postulación es una de las habilidades que suman cuando ya se tiene una idea que tiene posibilidades de adjudicar los fondos.

Al alero de esa invitación, el centralino puso a disposición su correo de contacto fjarredondom@gmail.com, para sus pares estudiantes y docentes que deseen contactarlo para saber más sobre el proyecto o bien porque tengan interés en colaborar.

KUTRALNET

UN MODELO PORTÁTIL DE APRENDIZAJE PROFUNDO PARA RECONOCIMIENTO DE FUEGO

Un modelo eficiente para el reconocimiento de fuego en sistemas de visión portátiles.

- **Ángel Ayala**

Estudiante de Magíster en la Universidade de Pernambuco, Brasil

- **Bruno Fernandes**

Profesor adjunto de la Universidade de Pernambuco, Brasil

- **Francisco Cruz**

Profesor de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile, Chile

- **David Macêdo**

Profesor adjunto de la Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

- **Adriano L. I. Oliveira**

Profesor adjunto de la Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

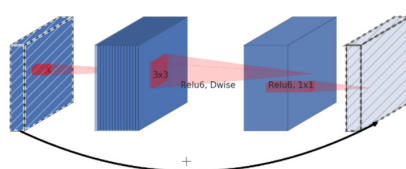
- **Cleber Zanchettin**

Profesor adjunto de la Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

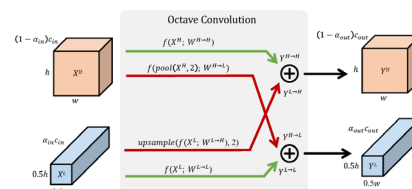
El uso de imágenes mediante aprendizaje profundo para el reconocimiento de fuego, es un enfoque prometedor ya que no requiere de sensores específicos y puede ser fácilmente incorporado en diferentes dispositivos. Sin embargo, estos métodos presentan un alto costo computacional haciendo inviable su implementación en dispositivos portátiles por sus limitados recursos. En este trabajo, proponemos una nueva arquitectura de aprendizaje profundo que requiere menos operaciones de punto flotante (flops) para el reconocimiento del fuego. Proponemos además, un enfoque portátil mediante el uso de técnicas modernas como "inverted residual block", y convoluciones "octave" y "depthwise", que reducen la complejidad del modelo. Obteniendo prometedores resultados para su implementación en un dispositivo móvil.

El enfoque de aprendizaje profundo (DL por su nombre en inglés) [1] ha demostrado ser adecuado para automatizar la adquisición de características a partir de datos complejos en tareas de aprendizaje automático. De esta manera, el DL trabaja en múltiples niveles de abstracción para la representación de datos. Teniendo en cuenta esto, el uso de visión por computador para el reconocimiento de fuego reduce la necesidad de sensores específicos, siendo adecuado para la implementación en dispositivos portátiles, remotos y móviles. Sin embargo, los enfoques de la DL presentan algunos desafíos: i) los recursos computacionales necesarios; ii) la complejidad en los cálculos y el tamaño del modelo; y iii) la cantidad de datos necesarios para su entrenamiento, entre otros. Los desafíos mencionados anteriormente pueden abordarse en el desarrollo de modelos para dispositivos móviles [2], que ha sido un área menos explorada en la literatura sobre DL. Para que los sistemas autónomos o robóticos sean portátiles, deben ser trabajar con una potencia de procesamiento, almacenamiento y energía limitados, además de proporcionar un eficiente tiempo de inferencia.

Algunos trabajos han abordado modelos portátiles de aprendizaje profundo utilizando formas eficientes de procesar una convolución, como los presentados por Sandler et al. [3]. Los autores propusieron el "inverted residual block" (véase la Figura 1(a)) con convoluciones "pointwise" y "depthwise" para simplificar el procesamiento de la señal de entrada. Así, el modelo ofrece un interesante balance entre precisión, número de operaciones y número de parámetros en consideración con otros modelos como ShuffleNet [4] y NasNet [5]. Otro diseño eficiente para modelos portátiles, es la convolución "octave" presentada por Chen et al. [6] (ver Figura 1(b)), que disminuye la redundancia espacial, separando el procesamiento en una convolución de frecuencia espacial alta y baja. En este caso, el tamaño de la separación depende de un parámetro α , que define la representación de la "octava característica" factorizando el mapeo de características en grupos para cada frecuencia.



(a) Inverted residual block: Las capas sombreadas diagonalmente no usan no-linealidades. El grosor de cada bloque indica el número relativo de canales. Los residuos invertidos conectan los cuellos de botella. Adaptado de Ref.[3].



(b) Convolución octava: Las flechas verdes actualizan la información, mientras que las flechas rojas facilitan el intercambio de información entre ambas frecuencias. Adaptado de Ref.[6].

Figura 1

Bloques de convolución esenciales usados en este trabajo.

En este documento proponemos un nuevo modelo de aprendizaje profundo para el reconocimiento de fuego denominado KutralNet , que posee cinco capas y requiere un 92% menos de operaciones de punto flotante (flops) para su procesamiento en comparación con los enfoques anteriores. Este modelo se utiliza como base para construir modelos portátiles que comparan la eficiencia en el procesamiento de la señal de los métodos de inverted residual block, la convolución depthwise y octave.

Nuestro mejor modelo, *KutralNet Mobile Octave*, presenta una competitiva precisión en validación y alto rendimiento AUROC a pesar de utilizar un 71% menos de parámetros en comparación con FireNet, comparados con otros enfoques para el reconocimiento de fuego en los conjuntos de datos FireNet y FiSmo.

Desarrollo

KutralNet tiene por objeto reducir la complejidad de un modelo de aprendizaje profundo para procesar una imagen y decidir si tiene o no presencia de fuego. Esta propuesta establece un modelo base para desarrollar modelos portátiles que se adapten para su uso en dispositivos con hardware limitado.

A. Arquitectura del modelo base

La base para KutralNet está inspirada en los modelos FireNet, OctFiResNet y un modelo modificado de ResNet50. KutralNet es el resultado de la mezcla entre un modelo profundo y uno ligero, capaz de procesar imágenes de 84x84 píxeles en canales RGB. El modelo puede verse en la Figura 2.

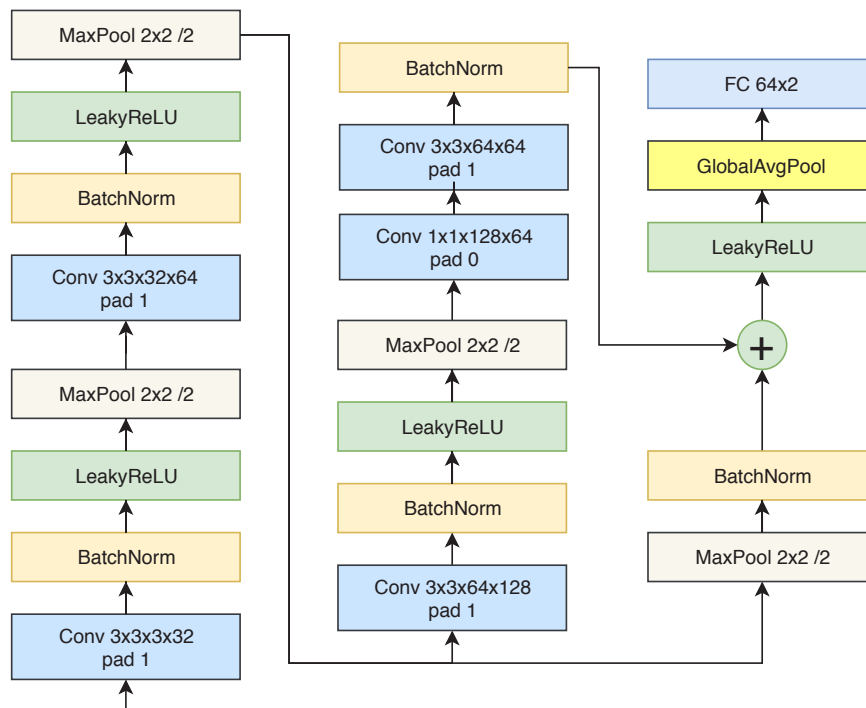


Figura 2

La arquitectura KutralNet funciona con imágenes de 84x84 píxeles en canales RGB. Para el clasificador, una capa Global average pooling entrega las características a la capa totalmente conectada (FC) con dos salidas, una para la etiqueta de fuego y otra para la etiqueta de no fuego. Consecuentemente, se implementa una función softmax como activación en la parte superior de la red.

Los tres primeros bloques consisten en una capa de convolución sin sesgo (o bias) con filtros (o kernel) de 3x3, seguida de una capa de normalización por lotes, continuando con una activación LeakyReLU, y finalmente, una capa Max-pooling de 2x2 con stride igual a 2. Cuando la señal pasa de un bloque al otro, aumenta el número de filtros y reduce su dimensión. En el último bloque, hay dos capas de convolución y una capa de normalización por lotes. Una conexión directa une desde el segundo bloque con el bloque final de convolución, procesando la señal con una capa Max-pooling de 2x2 con stride 2 y una capa de normalización por lotes. En la parte superior de la capa posterior al salto, la señal pasa a través de una activación LeakyReLU y una capa de Global average pooling al clasificador, que consiste en una capa totalmente conectada con dos neuronas en la salida. Esta arquitectura está definida para procesar imágenes de baja dimensión con una configuración ligera. Se ha demostrado que pocas capas pueden

adquirir suficientes características para reconocer fuego con el fin de optimizar el tiempo de inferencia [7]. Además, el uso de conexiones directas y capas de normalización por lotes evita el sobre aprendizaje en el modelo [8]. Hemos elegido LeakyReLU ya que una pendiente distinta de cero para la parte negativa de la función, mejora los resultados [9] y es implementada a bajo costo. El resumen de los modelos con los números de los parámetros y las operaciones necesarias para el procesamiento de imágenes se encuentra en la Tabla I. El valor de los flops del modelo FireNet no se presenta debido a la inestabilidad durante la medición, que aumenta el valor en cada ejecución.

Modelo (Tamaño de entrada)	Parámetros	Flops
ResNet50 (224x224)	31.91M	4.13G
OctFiResNet (96x96)	956.23K	928.95M
FireNet (64x64)	646.82K	-
KutralNet (84x84)	138.91K	76.85M

Tabla I

El costo computacional de cada modelo implementado representado como parámetros y flops.

B. Implementación de versiones portátiles

El modelo KutralNet es la base utilizada para desarrollar modelos portátiles, centrándose en la reducción del tamaño y el costo computacional del modelo. La convolución octave Ref.[6] y depthwise [3], muestran un excelente rendimiento con una gran reducción de operaciones y parámetros requeridos, resultando en modelos eficientes. Esta reducción es el resultado de convoluciones con filtros de baja dimensión en ambos casos. Para la convolución depthwise, los canales de filtros se procesan en grupos, donde $\text{grupos} = C_{\text{entrada}}$ y $C_{\text{salida}} = C_{\text{entrada}} * K$ en que los canales de salida son K veces los canales de entrada, reduciendo así la complejidad matemática en la operación. En el caso de la convolución octave, la señal se procesa de forma separada en filtros de alta y baja frecuencia calculando los parámetros W en dos componentes $W = [W_H, W_L]$ para posteriormente, intercambiar la información entre ellos. Además, estas técnicas de convolución, han sido utilizadas en diferentes arquitecturas de modelos de aprendizaje profundo, y en diversas tareas como clasificación, detección de objetos y segmentación semántica, consiguiendo una reducción del tamaño del modelo, menos requisitos de cálculo y un rendimiento ligeramente mayor en algunos casos. Esto es útil

para nuestro propósito, y presentamos un nuevo tipo de convolución que combina la convolución depthwise con sus operaciones de filtro de grupo y la convolución octave, que logra un valioso equilibrio entre precisión, tamaño del modelo y costo computacional. Nuestras diferentes versiones portátiles implementadas son las siguientes:

KutralNet Mobile: Inspirada en MobileNetV2 [3], implementa el inverted residual block. En este enfoque, a partir del segundo bloque de KutralNet, los bloques de convolución fueron reemplazados por el inverted residual block, en el que cada bloque contiene una convolución pointwise y depthwise con conexiones directas en algunos casos.

KutralNet Octave: Basada en la arquitectura de KutralNet, reemplaza todas las convoluciones regulares por convoluciones octave con un parámetro α de 0,5. Así, la convolución octave utiliza el 50% para representar las características octave, que corresponde al canal de baja frecuencia y se encarga de las características generales, y el resto para el canal de alta frecuencia que se encarga de características específicas.

KutralNet Mobile Octave: Es el resultado de la combinación entre inverted residual block y la convolución octave. Es el mismo KutralNet Mobile pero sustituye las convoluciones regulares por la convolución octave con el método de convolución depthwise. El bloque resultante puede verse en la Figura 3.

Todos los modelos portátiles presentan el mismo clasificador en la parte superior de la red, compuesto de una activación LeakyReLU, que pasa a través de una Global average pool y una capa totalmente conectada con dos neuronas en la salida. Se pueden ver detalles adicionales de las implementaciones en el repositorio del proyecto. En la Tabla II se puede ver un resumen de los parámetros y operaciones de los modelos KutralNet. El número de operaciones de punto flotante (flops) y el número de parámetros de un modelo son las métricas definidas para medir los requisitos del modelo para el procesamiento de imágenes y almacenamiento del mismo, respectivamente. Cuantos menos parámetros, menos tamaño de disco se requiere. Además, cuanto menor sea el número de flops, menor será el costo computacional.

Dado que nuestro trabajo se centra en el desarrollo de un modelo de aprendizaje profundo móvil, cuanto menos valor tengan ambas métricas, más adecuado será el modelo para este fin. Para el caso de las variaciones de Mobile y Mobile Octave, los modelos presentan un mayor número de parámetros pero con una alta reducción de los flops respecto al modelo base.

Modelo (Tamaño de entrada)	Parametros	Flops
KutralNet (84x84)	138.91K	76.85M
KutralNet Mobile (84x84)	173.09K	43.27M
KutralNet Octave (84x84)	125.73K	29.98M
KutralNet Mobile Octave (84x84)	185.25K	24.59M

Tabla II

El costo computacional de cada variación portátil de kutralnet representada como parámetros y flops.

C. Conjuntos de datos

Para el entrenamiento, validación y prueba de los modelos, se utilizaron dos conjuntos de datos en este trabajo. El primero se llama FireNet como el modelo Ref.[7] y contiene subconjuntos de entrenamiento y prueba, con 2425 y 871 imágenes, respectivamente. El segundo es el conjunto de datos FiSmo propuesto por Cazzolato et al. [10], que ha sido recientemente publicado con un total de 6063 imágenes. Además, hemos utilizado un subconjunto de FiSmo compuesto de 1968 imágenes igualmente balanceadas entre la etiqueta de fuego y la de no fuego. También se utiliza una versión aumentada de FiSmo, agregando 485 imágenes negras etiquetadas como no-fire, para comprobar la respuesta de los modelos a este tipo de aumento. Además de la versión equilibrada de FiSmo, también hemos utilizado una versión aumentada de este subconjunto, que sustituye 98 imágenes no-fire por imágenes negras. Más detalles de las imágenes del conjunto de datos se encuentran en la Tabla III, donde FiSmoA es la versión aumentada de FiSmo, FiSmoB es la versión equilibrada de FiSmo, y FiSmoBA es la versión aumentada equilibrada de FiSmo.

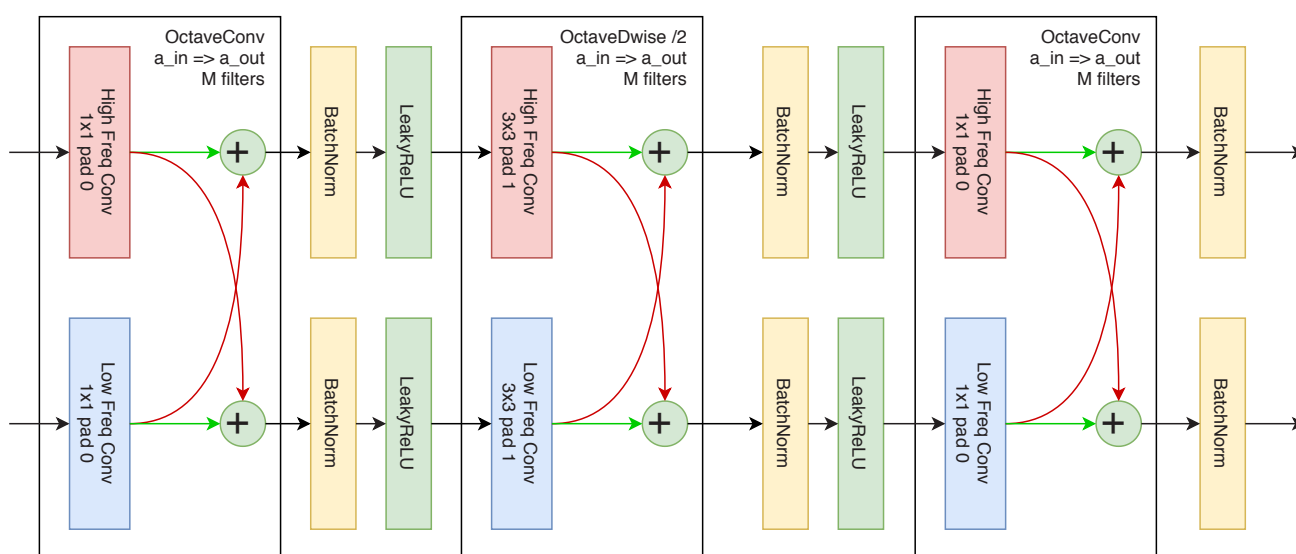


Figura 3

Bloque de KutralNet Mobile Octave. La parte más a la izquierda y derecha del bloques presentan una convolución pointwise y, en el centro, una convolución depthwise, todo en combinación con la convolución octave con $\alpha = 0,5$.

Dataset	Fire	No Fire	Total
FireNet (training)	1124	1302	2425
FireNet (testing)	593	278	871
FiSmo	2004	4059	6063
FiSmo A	2004	4544	6548
FiSmo B	984	984	1968
FiSmo BA	984	984	1968

Tabla III

Cantidad de imágenes por etiqueta presentes en cada conjunto de datos usado para este trabajo.

Análisis

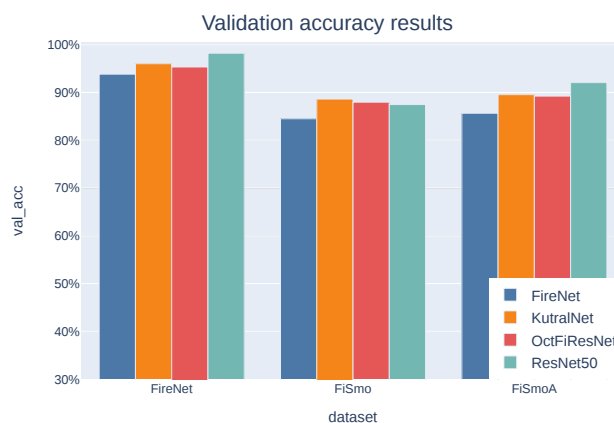
Las dos siguientes subsecciones separan los experimentos de aprendizaje profundo para el reconocimiento del fuego. El primer experimento fue con el modelo base propuesto, KutralNet, que utiliza novedosas técnicas de aprendizaje profundo para la clasificación de imágenes. Los resultados comparan KutralNet con otros modelos de aprendizaje profundo presentados anteriormente. Posteriormente, se optimizó el costo computacional del modelo, explorando los beneficios de los diferentes enfoques portátiles presentados en los últimos años como inverted residual block, convolución depthwise y octave, obteniendo una precisión similar al del modelo base.

A. Comparación del modelo base

La comparación del modelo base se realiza con otros tres modelos, evidenciando la eficiencia y la ligereza de nuestra propuesta. El primer modelo es FireNet de Jadon et al. [7], que posee unas pocas capas de convolución y forma parte de un sistema de alarma de incendios. El segundo modelo es presentado por Sharma et al. [11], donde ResNet50 pre-entrenado hace la extracción de características para un clasificador perceptrón multicapa con 4096 unidades ocultas. Por último, OctFiResNet [12], una versión reducida de ResNet50 que presenta menos capas y reemplaza la gran mayoría de convolución regular por convolución octave.

Una primera comparación se realizó con el dataset FireNet con 2425 imágenes, 1124 con la etiqueta de fuego, y 1301 con la etiqueta de no-fuego. Los primeros resultados muestran una precisión de validación del 93,83%; 96,02%; 95,34% y 98,22% para FireNet, KutralNet, OctFiResNet y ResNet50 respectivamente para el dataset FireNet. Adicionalmente, los resultados de precisión de prueba son 88,98%; 83,70%; 88,18% y 89,44% para FireNet, KutralNet, OctFiResNet y ResNet50. Para comprobar la capacidad de generalización de los modelos, para el entrenamiento y la validación, se utilizó el dataset FiSmo, para posteriormente ser probados con el dataset FireNet-Test, como era de esperar, obtienen una menor precisión para el entrenamiento con el dataset FiSmo.

A continuación, se evaluó la predicción del modelo con una imagen negra como entrada. Todos los modelos entrenados con el dataset FireNet clasificaron erróneamente la imagen negra, ocurriendo lo mismo con los modelos entrenados con FiSmo, clasificando erróneamente la imagen negra, presentando algunas excepciones. El conjunto de datos FiSmo fue aumentado, para tratar este problema de clasificación errónea, añadiendo un 10% de las imágenes etiquetadas de no-fuego, con imágenes negras. El aumento para esta tarea mostró ser útil en la etapa de entrenamiento y de prueba; ambos resultados pueden observarse en la Figura 4(a) y en la Figura 4(b). Los modelos más profundos superan los resultados del modelo FireNet.



(a) Precisión de validación obtenida para cada dataset por los diferentes modelos. ResNet50 funciona mejor con la versión aumentada de FiSmo y para el dataset FireNet, seguido de KutralNet. Además, Kutralnet tiene mejor desempeño con FiSmo.

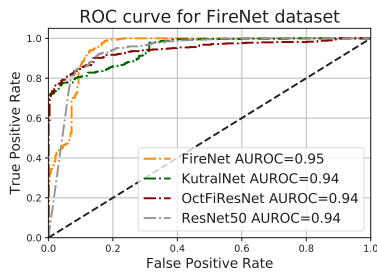


(b) Precisión de prueba para cada modelo entrenado con un dataset diferente y probado con FireNet-Test. El modelo KutralNet es un 5,7% más bajo que ResNet50 con FireNet, y obtiene la mejor precisión entrenado sobre FiSmo. ResNet50 obtiene un mejor rendimiento con FiSmoA, seguido por KutralNet.

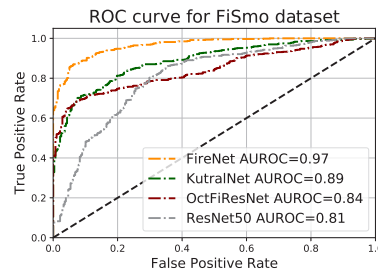
Figura 4

Resultados de entrenamiento de los conjuntos de datos FireNet, FiSmo, incluyendo FiSmoA, la versión aumentada del FiSmo (con 485 imágenes negras adicionales). Los conjuntos de datos se dividieron en 70/30 para FireNet y 80/20 para ambas variantes de FiSmo. El aumento con imágenes negras permite una mejor generalización en todos los modelos, pero sólo una ligera diferencia para KutralNet.

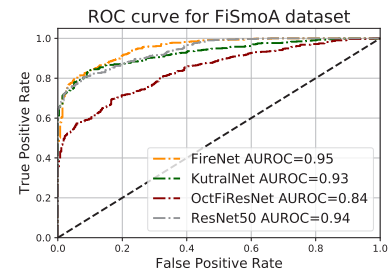
El rendimiento de las pruebas de los modelos entrenados con diferentes conjuntos de datos se muestran en la Figura 5. Como puede verse, comparando la Figura 5(b) con la 5(c), las imágenes negras añadidas al conjunto de datos FiSmo muestran una reacción en el comportamiento de la curva ROC. En el caso de los modelos KutralNet y ResNet50 se observa una mejora, mientras que FireNet muestra una disminución, y con OctFiResNet se mantiene casi igual. En cuanto al índice AUROC, FireNet logra un mejor valor en todos los conjuntos de datos, pero como se presenta en la Figura 4(b) para FiSmo y FiSmoA logra una baja precisión de prueba. Para visualizar la comparación de los modelos de una manera más directa, la Tabla IV muestra el valor medio de precisión de prueba y el índice AUROC para todos los conjuntos de datos y modelos. Nuestra propuesta presenta una buena precisión para validación y prueba utilizando diferentes conjuntos de datos. En general, KutralNet presenta el mismo comportamiento que un modelo de aprendizaje profundo, logrando un alto rendimiento con un número reducido de parámetros y operaciones.



(a) Curva ROC para los modelos entrenados con FireNet. El modelo FireNet funciona ligeramente mejor que ResNet50, OctFiResNet y KutralNet



(b) Curva ROC para los modelos entrenados sobre FiSmo. FireNet realiza el mejor valor AUROC pero con baja precisión de prueba. KutralNet es el segundo mejor valor de AUROC que logra la mejor precisión de la prueba, seguido por OctFiResNet y ResNet50.



(c) Curva ROC para los modelos entrenados sobre FiSmoA. El rendimiento mejora con esta versión aumentada de FiSmo. FireNet presenta el mejor valor AUROC pero con baja precisión de prueba. ResNet50 obtiene el segundo mejor valor de AUROC logrando la mejor precisión de prueba, seguido por KutralNet y OctFiResNet.

Figura 5

Resultados de prueba de los modelos con el dataset FireNet-Test con 871 imágenes para la clasificación de fuego. Todos los modelos fueron entrados con diferentes conjuntos de datos. El dataset aumentado, FiSmoA, presenta mejores resultados que FiSmo, para todos los modelos.

Modelo	Test Acc	AUROC
FireNet50	64.27%	0.96
KutralNet	78.26%	0.92
OctFiResNet	75.92%	0.87
ResNet50	70.26%	0.90

Tabla IV

Valores medios de precisión de prueba e índice AUROC de cada modelo.

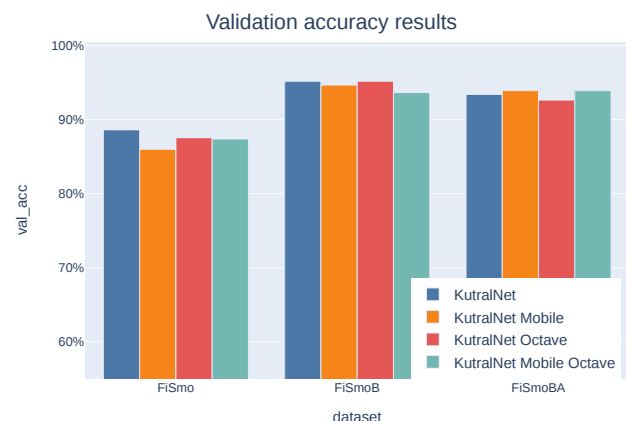
Nuestro modelo base KutralNet, logra un rendimiento interesante en comparación con los anteriores modelos profundos de reconocimiento de fuego. Este modelo presenta pocas capas de convolución para adquirir una representación característica del fuego en imágenes. Un modelo con pocas capas presenta, por consiguiente, un número reducido de parámetros y operaciones necesarias para esta tarea. Nuestro modelo base resultante reduce en un 85% el número de parámetros y en un 92% el número de operaciones necesarias, en comparación con el modelo OctFiResNet, para procesar una imagen de 84x84 píxeles en canales RGB.

B. Versión portátil

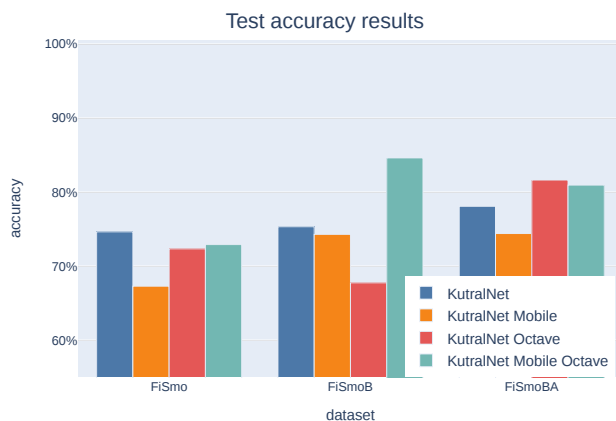
Con nuestra arquitectura base KutralNet, el siguiente experimento fue reducir su costo computacional. Para ello, a partir de la línea base, se modifican algunas capas de convolución, dando como resultado tres diferentes modelos para comprobar la forma más eficiente de convolución. El primer modelo, KutralNet Mobile, sustituye la estructura base superficialmente para implementar los inverted residual block con convolución depthwise, propuesto en Ref.[3], simplificando las operaciones necesarias para el procesamiento. El segundo modelo, KutralNet Octave, sustituye la convolución regular base por la convolución octave [6] para el procesamiento de la señal de entrada. Para que funcione la convolución octave, se modifica ligeramente la conexión directa presente en la arquitectura base. Para el tercer modelo, KutralNet Mobile Octave, presenta una combinación de las convoluciones anteriormente mencionadas en conjunto con el inverted residual block.

En primer lugar, el entrenamiento se realizó con FiSmo, un conjunto de datos desequilibrados con imágenes de 2004 y 4059 para la etiqueta de fuego y no fuego, respectivamente. Para esta comparación de enfoques portátiles, se logra una precisión de

validación de 88,62%; 85,99%; 87,55% y 87,39% con KutralNet, KutralNet Mobile, KutralNet Octave y KutralNet Mobile Octave, respectivamente. Además, la precisión de prueba obtenida de los modelos entrenados con este conjunto de datos es de 74,63%; 67,28%; 72,33% y, 72,91%, respectivamente. El diagrama de barras de la Figura 6 muestra los resultados obtenidos con los otros conjuntos de datos. Para los modelos entrenados, se realizó la prueba con la imagen negra para comprobar la calidad de las características obtenidas de la imagen. Para ello, el uso del conjunto de datos FiSmoBA obtiene el menor error de clasificación en todos los modelos entrenados. Además, obtiene un $\pm 1\%$ de diferencia de precisión de validación en comparación con el conjunto de datos FiSmoB. Para la prueba de imagen negra, KutralNet Mobile Octave obtiene la menor clasificación errónea con un 10%; 30% y 0% para FiSmo, FiSmoB y FiSmoBA respectivamente. En general, como puede verse en la Figura 7, KutralNet Mobile Octave se comporta bien en las diferentes variaciones del dataset FiSmo. Además, el índice AUROC es incluso mejor que el modelo base con la versión equilibrada del dataset, y la versión equilibrada aumentada. En el caso de KutralNet Octave, se desempeña mejor que la versión Mobile Octave con FiSmo y su versión aumentada balanceada. En la Tabla V están los valores medios obtenidos para la precisión de prueba y el índice AUROC para todos los conjuntos de datos de cada modelo portátil. Teniendo en cuenta el equilibrio entre el número de parámetros y las operaciones necesarias para el procesamiento de la imagen, Kutralnet Octave presenta una solución adecuada con un número menor de parámetros que KutralNet Mobile Octave e, inversamente, requiere más operaciones para su procesamiento.



(a) Precisión de validación obtenida de cada conjunto de datos por diferentes modelos portátiles. Todos los modelos presentan casi los mismos resultados.



(b) Precisión de prueba de cada modelo portátil entrenado con un dataset diferente y probado con FireNet-Test. KutralNet Mobile Octave y KutralNet Octave fueron capaces de superar los resultados del modelo base.

Figura 6

Resultados de entrenamiento obtenidos con los conjuntos de datos utilizados: FiSmo, FiSmoB, y FiSmoBA, una variante con 98 imágenes de la etiqueta no fuego reemplazadas con imágenes en negro. Los conjuntos de datos fueron divididos en 80/20 para validación en todos los modelos. El aumento de las imágenes con negro redujo la diferencia en la distancia de la precisión entre los modelos.

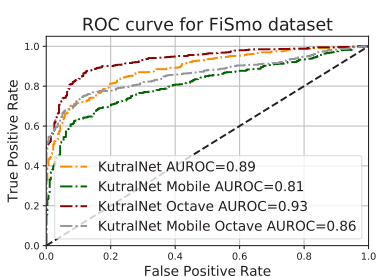
Modelo	Test Acc	AUROC
KutralNet	76.01%	0.86
KutralNet Mobile	71.99%	0.85
KutralNet Octave	73.90%	0.85
KutralNet Mobile Octave	79.49%	0.90

Tabla V

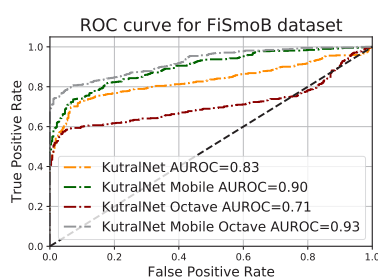
Valores medios de precisión de prueba e índice AUROC de cada modelo portátil.

Conclusiones

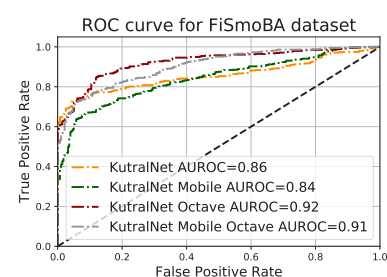
En este trabajo hemos propuesto un enfoque ligero para el reconocimiento de fuego, que consiste en 138,9K parámetros y 76,9M flops utilizado como base para construir tres versiones portátiles. KutralNet Mobile Octave, consiguió obtener un buen rendimiento requiriendo sólo de 24,6M de flops con 185,3K parámetros, siendo adecuado para dispositivos móviles.



(a) Curva ROC para los modelos entrenados sobre FiSmo. KutralNet Octave obtiene el primer lugar, seguido por KutralNet. KutralNet Mobile Octave y KutralNet Mobile se quedan por debajo del rendimiento de KutralNet.



(b) Curva ROC para los modelos entrenados sobre el dataset balanceado de FiSmo. KutralNet Mobile Octave supera los resultados de KutralNet seguido por la versión Mobile.



(c) Curva ROC para los modelos entrenados sobre FiSmoBA. Solo la versión Octave y Mobile Octave de Kutralnet superan el modelo base.

Figura 7

Resultados de entrenamiento obtenidos con los conjuntos de datos utilizados: FiSmo, FiSmoB, y FiSmoBA, una variante con 98 imágenes de la etiqueta no fuego reemplazadas con imágenes en negro. Los conjuntos de datos fueron divididos en 80/20 para validación en todos los modelos. El aumento de las imágenes con negro redujo la diferencia en la distancia de la precisión entre los modelos.

Este trabajo ha sido financiado en parte por la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Finance Code 001, Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), y el Consejo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), agencias de investigación de Brasil.

Referencias

- [1] Y. LeCun, et al., "Deep learning," Nature, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, may 2015.
- [2] Y. Deng, "Deep learning on mobile devices: A review," in Mobile Multimedia/Image Processing, Security, and Applications 2019, pp. 52 – 66.
- [3] M. Sandler, et al., "MobileNetV2: Inverted residuals and linear bottlenecks," in 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2018, pp. 4510–4520.
- [4] X. Zhang, et al., "Shufflenet: An extremely efficient convolutional neural network for mobile devices," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018, pp. 6848–6856.
- [5] B. Zoph, et al., "Learning transferable architectures for scalable image recognition," in Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2018, pp. 8697–8710.
- [6] Y. Chen, et al., "Drop an octave: Reducing spatial redundancy in convolutional neural networks with octave convolution," arXiv preprint arXiv:1904.05049, 2019.
- [7] A. Jadon, et al., "FireNet: A specialized lightweight fire & smoke detection model for real-time iot applications," CoRR, vol. abs/1905.11922, 2019.
- [8] K. He, et al., "Deep residual learning for image recognition," CoRR, vol. abs/1512.03385, 2015.
- [9] B. Xu, et al., "Empirical evaluation of rectified activations in convolutional network," CoRR, vol. abs/1505.00853, 2015.
- [10] M. T. Cazzolato, et al., "Fismo: A compilation of datasets from emergency situations for fire and smoke analysis," in Brazilian Symposium on Databases - SBBD, 2017, pp. 213–223.
- [11] J. Sharma, et al., "Deep convolutional neural networks for fire detection in images," in Engineering Applications of Neural Networks. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 183–193.
- [12] A. Ayala, et al., "Lightweight and efficient octave convolutional neural network for fire recognition," in 2019 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI), 2019, pp. 87–92.



Entrevista a **PAULINA TRONCOSO**

"Crear dispositivos que permitan a las personas vivir en tiempo real la astronomía es fascinante"

"¿Cómo se utilizarán esos espejos tan grandes?" Seguramente fue esa alguna de las tantas interrogantes que cruzó por la curiosa mente de una niña antofagastina quien a sus 13 años se enteró a través de las noticias sobre la llegada del primer Gran Telescopio o Very Large Telescope (VLT M1 Cell) al desierto de su ciudad, después de haber recorrido un largo trayecto desde Europa, para luego ser instalado en el Observatorio Paranal. Un evento nacional histórico y que, por cierto, según relata la misma protagonista de esta entrevista, despertó un interés que evidentemente marcó su camino profesional. Paulina Troncoso es astrónoma de la Universidad de Chile y doctora en Astrofísica, titulada en la Università La Sapienza di Roma, en Italia. Una científica con potentes credenciales, cuya línea de investigación principal se basa en la inclusión y difusión, en hacer la ciencia accesible a todas y todos, muy especialmente, acercando la astronomía -una disciplina que puede parecer exclusivamente perceptible a través de la vista- a personas con discapacidad visual. Actualmente, es directora de la Licenciatura en Astronomía de la UCEN y lidera el proyecto GUINA, el primer Fondecup adjudicado por la UCEN.

¿Cómo despertó tu interés en la astronomía?

Mi interés por la Astronomía se despertó desde muy temprana edad, cuando llegaron los primeros espejos del VLT a Antofagasta. Siempre fui muy curiosa y el hecho de que estuvieran transportando espejos de 8 metros en la mitad del desierto, me tenía muy inquieta, quería entender para qué servía y cómo se usaban. Yo tenía 13 años cuando la montura de los espejos llegó a Antofagasta y 14 cuando se dio a conocer la noticia que se observó la primera luz del VLT exitosamente.

Tu línea de investigación se caracteriza por un importante componente de inclusión ¿Qué fue lo que te inspiró a seguir esa ruta?

Inicialmente, partí con la inclusión para difusión de la Astronomía. Motivada por la cantidad de información disponible que hay, de fácil acceso (Google) pero difícil de comprender. Me pareció que era una necesidad de la sociedad, de más jóvenes y con algún tipo de discapacidad. Eso último porque la discapacidad, requiere que uno se plantee siempre la pregunta, ¿Qué debo hacer para que sea accesible?, con esto en mente inicie el desafío.

Luego conocí a Wanda Diaz, astrónoma y persona ciega, quien me motivó e introdujo en el camino de la investigación, el cual pretendo seguir recorriendo e involucrando a la ciudadanía en escuchar datos astronómicos.

En particular el tema de la discapacidad visual, es algo que impacta altamente a la población mayor, por ejemplo en Europa sobre el 40% de la población total. Allí me di cuenta que los métodos inclusivos que habíamos iniciado servían para un grupo grande de personas, las reacciones de los niños frente a la metodología, me dejaron claro que el diseño inclusivo planteado tendía a ser universal.

¿Qué es lo que más te motiva a seguir acercando la astronomía a un segmento de la población que antes estaba al margen de 'experimentar los astros'?

La reacción de las personas frente a esa 'novedad' de poder experimentar un evento por primera vez en su vida. Crear dispositivos que permitan a las personas vivir en tiempo real la astronomía es fascinante, Galileo fue el primero con el telescopio, hoy gracias a Wanda, podemos escuchar el Universo, con distintas intensidades y colores.

El 14 de diciembre de 2020 el cielo nos regaló otro eclipse. En esta oportunidad formaste parte del equipo 'Eclipse Inclusivo' que reunió a científicos de Chile y otros países en torno a este evento ¿Cómo fue la experiencia?

Fue una muy buena experiencia, logramos distribuir más de cien dispositivos para escuchar el eclipse a lo largo de Chile, desde Calama a Puerto Montt. También creamos un disco musical, inspirado en la cultura ancestral latinoamericana y sus sonidos, este se lanzó el día del eclipse, en el momento de la totalidad. Para escuchar fragmentos del disco ingrese escaneando el código QR.

La adjudicación del proyecto GUINA ha sido un hito para la UCEN este 2020 y en especial para la Sede Regional Coquimbo. Como directora de este proyecto ¿Qué beneficios tendrá para la comunidad universitaria desde la perspectiva de investigación?

El proyecto trata de un supercomputador que permitirá procesar datos e imágenes astronómicas rápidamente, lo cual no podríamos realizar desde un computador en casa. En términos de investigación en Astrofísica, es un hito importantísimo para la región, ya que podemos colaborar directamente con los observatorios locales, específicamente el Vera Rubin que entregará más de 20 gigabytes de información cada noche. Los estudiantes de distintas carreras pueden acceder a esta máquina, lo cual abrirá nuevas oportunidades laborales a los estudiantes más destacados.

Para las y los jóvenes que se interesan en la astronomía es seguro que tú puedes ser uno de sus referentes en el área. En tu caso ¿Quiénes fueron las y los referentes que te inspiraron a ser astrónoma?

Cuando ingresé a estudiar en la universidad, tuve un profesor astrónomo llamado Luis Barrera, él nos enseñó Astrofísica y a trabajar en equipo en sus tertulias astronómicas, donde nos juntábamos a conversar del cosmos junto a mis compañeros de carrera. En la enseñanza media, mi profesora de Física, Aura Botero, ella me motivó a que una siempre puede, ¡si quiere!

En un ejercicio de proyección y mirada a futuro ¿Cómo crees que pueda llegar a cambiar la astronomía en los próximos 50 años?

En los próximos 50 años, la Astronomía ya estará disparada en términos de exploración espacial, espero que para ese entonces ya tengamos una colonia en Marte que nos indique otra forma de vida, una segunda génesis, distinta a la Tierra, probablemente basada en microorganismos. Esa información nos ayudará a entender los datos que tomemos de otros exoplanetas, en los cuales podría haber vida.

La puesta en marcha del futuro telescopio espacial, JWST o siguiente, nos otorgará información de lo que pasó en los primeros segundos de nuestro Universo, lo cual podría cambiar nuestra cosmología, diario vivir y visión a futuro. La teoría del Big-Bang podría ser derrocada.



Personalmente, me intriga la formación y evolución de las primeras galaxias, creo que en 50 años vamos a conocer mucho más de ellas, observaciones detalladas, pero seguirán algunas interrogantes abiertas.



PATRONES DE EVOLUCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN



- **Oscar Portilla Carreño**

Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga - Colombia. Grupo de investigación INME

- **Jaime Gutiérrez Prada**

Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga - Colombia. Grupo de investigación INME

- **Brayan Medina Martínez**

Ingeniero Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga - Colombia. Grupo de investigación INME

- **Guillermo Mejía Aguilar**

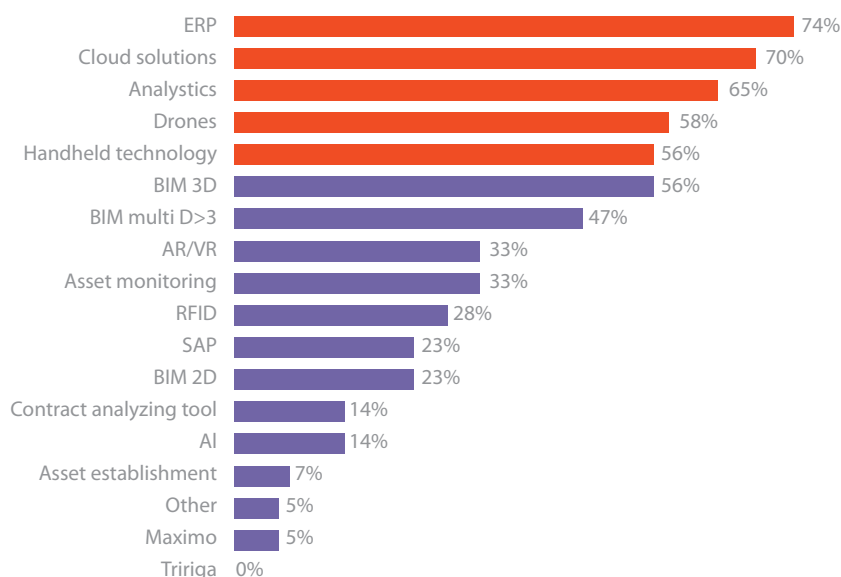
Profesor Titular, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga - Colombia. Grupo de investigación INME

La industria de la construcción requiere aprovechar las experiencias diarias de sus proyectos para generar conocimiento de una manera sistemática y eficiente como apoyo a la gestión. Durante los últimos años se ha promovido la inteligencia artificial (IA) como una alternativa para generar este tipo de conocimiento, pero su aprovechamiento no ha sido el esperado. Con el advenimiento de la cuarta revolución industrial, el sector de la construcción debe estar atento al desarrollo tecnológico, metodológico y conceptual de la IA, e incorporarlos oportunamente para mejorar sus indicadores de desempeño y productividad de los proyectos.

Aunque se observan algunos esfuerzos por incorporar herramientas tecnológicas y digitales en el sector de la Construcción, esta adopción se ha llevado de manera desarticulada. Una encuesta realizada a finales de 2017 por la firma EYGM Ltda. a varias compañías constructoras en Europa, Asia y Norteamérica, reveló que se están implementando muchas herramientas tecnológicas y que solamente el 14% de ellas están planteando soluciones de IA (ver Figura 1).

Digital tools and systems

Our survey revealed the following:



Source: EY

Figura 1

Implementación de herramienta y sistemas digitales en empresas constructoras (Grinis, Mark, 2018).

Inteligencia Artificial IA

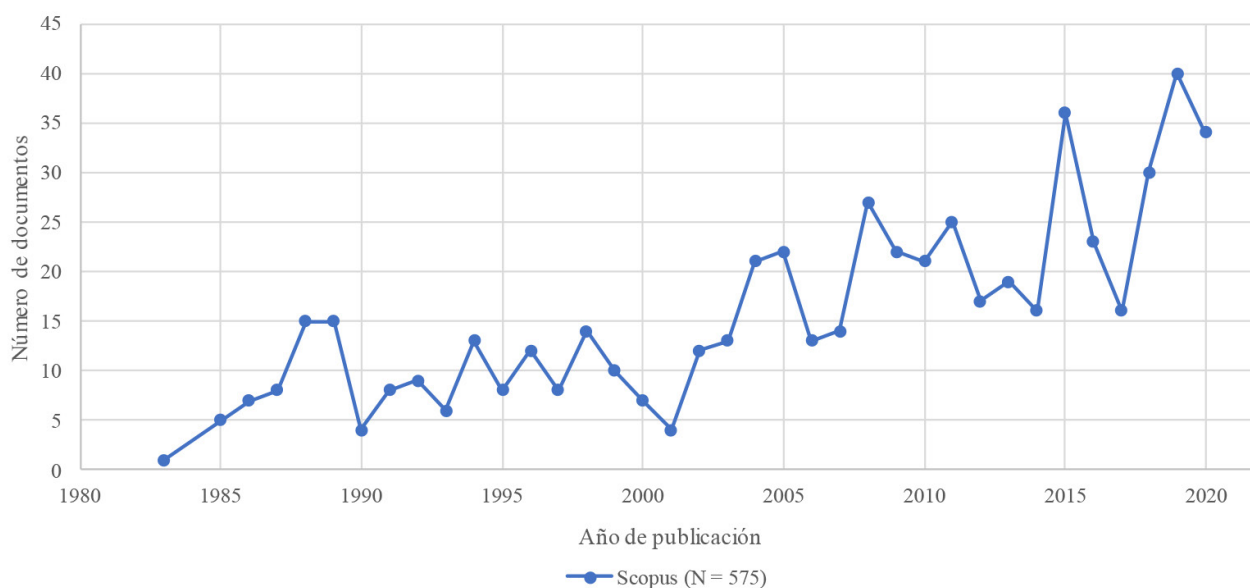


Figura 2

Publicaciones de inteligencia artificial en SCOPUS (elaboración propia).

El uso efectivo de las herramientas tecnológicas debe concebirse de manera sistémica para apoyar la toma de decisiones y la optimización de procesos, integrando datos financieros, datos corporativos, datos 2D y 3D de los sistemas BIM e informes de las diversas áreas de gestión de los proyectos, lo cual puede ser viable a través de la implementación de técnicas de IA. Las encuestas muestran que solo un 14% de empresas constructoras están trabajando en la integración de sistemas y de herramientas tecnológicas [1], lo que podría contribuir a una ineficiente gestión.

Aunque el desarrollo inicial de la IA data de los años 50s, una búsqueda preliminar en la base de datos SCOPUS muestra que su aplicación en el campo de la gerencia de la construcción se ha reportado desde 1985 con un notable crecimiento en las últimas dos décadas (ver Figura 2). Esta búsqueda preliminar fue realizada en agosto 6 de 2020 con la siguiente ecuación booleana: TITLE-ABS-KEY ("Artificial Intelligence" AND ("Construction Projects" OR "Construction Management" OR "Engineering Projects" OR "Project Management"))).

Existen diferentes definiciones de IA pero hay ciertas características comunes que se identifican. Como primero medida, la IA hace referencia a todo aquello que se ocupa de la simulación automática de la inteligencia o comportamiento inteligente. La inteligencia involucra procesos de percepción, análisis y reacción [2]. Para abordar esta simulación automática, la IA debe aproximarse desde varias disciplinas, de manera que se pueda entender, modelar y replicar los procesos cognitivos de tal inteligencia. En este sentido, se requieren principios y dispositivos computacionales, matemáticos lógicos, mecánicos y biológicos, entre otros [3]. El producto final de una aplicación de la IA es una combinación de software y hardware [4], cuyos componentes básicos son: a) las estructuras de datos, b) las técnicas de representación del conocimiento, c) los algoritmos de aplicación de conocimiento y lenguaje, y d) las técnicas de programación para implementar una solución [2].

El siglo 21 ha sido un escenario complejo y dinámico para los proyectos de construcción, donde los gerentes de proyecto están constantemente obligados a tomar decisiones y resolver problemas a tiempo. Este contexto ha llevado a buscar soluciones

basadas en experiencias pasadas que deben ser sistematizadas de manera efectiva [5]. Los esfuerzos iniciales de la aplicación de técnicas de IA a la gestión de construcción se encaminaron a mejorar los enfoques convencionales de simulación y análisis estadístico [6]. Luego, aparecieron los sistemas expertos convirtiéndose en un importante recurso para el mejoramiento de la gestión de la construcción [7]. Últimamente, técnicas de IA como lógica difusa, redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos han sido utilizadas por los investigadores para apoyar la toma de decisiones [8].

Hay evidencia que la IA puede aplicarse en muchas áreas de la gerencia de la construcción ya sea para planificar optimizar, gestionar la información y el conocimiento y soportar la toma de decisiones. El presente estudio tuvo como propósito analizar la evolución de la IA y su aplicación en el área de la gestión de proyectos de construcción, para identificar las oportunidades de implementación de herramientas tecnológicas que ayuden a mejorar la productividad. De manera específica, la intención del estudio fue a) Describir la evolución de las técnicas y herramientas de la IA aplicadas en gerencia de proyectos de construcción, e b) Identificar la naturaleza y el enfoque conceptual de estas herramientas cuando son aplicadas a la gerencia de proyectos de construcción.

Metodología

Para lograr los objetivos anteriormente expuestos, se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura tipo Scoping Review, ajustándose al protocolo de revisión propuesto por el Instituto Joanna Briggs [9]. Los artículos preliminarmente seleccionados fueron obtenidos de la base de datos SCOPUS. Se desarrolló un protocolo de selección con criterios de inclusión y exclusión de las fuentes primarias (ver Figura 3).

Una muestra final de 320 artículos fue la base de análisis para este estudio. Se usaron técnicas de análisis temático, utilizando algoritmos de co-ocurrencia con la herramienta VOSviewer. Una red de las palabras clave previamente codificadas y seleccionadas nos permitió visualizar los dominios temáticos existentes a través de nodos y conexiones (ver Figura 4). Los nodos representan las palabras clave y las conexiones representan las relaciones entre

volúmenes de información que no pueden ser adecuadamente agrupados dentro de módulos trabajables; y d) los sistemas expertos generan muchos errores de juicio sobre la experiencia almacenada, los cuales se multiplican fácilmente [19,20]. En este periodo se generó cierto escepticismo hacia estas técnicas y sobre su aplicación en la gerencia de la construcción.

Período 1996-2000

Los sistemas expertos y los sistemas de soporte de decisiones en este periodo tuvieron aplicación en la gestión de costos y la planificación automática de cronogramas [21-23]. En este periodo se retoma la investigación con las redes neuronales, las cuales, a pesar de tener un inicio paralelo con los sistemas expertos, su investigación había crecido lentamente. Las redes neuronales buscaban modelar el aprendizaje del cerebro, el pensamiento, el almacenamiento y la recuperación de información, así como el reconocimiento asociativo [24]. Las redes neuronales tuvieron una aplicación más versátil en el campo de la gerencia de la construcción, como la nivelación de recursos, los pronósticos de flujo de costos, los análisis económicos de proyectos de alto riesgo y el mejoramiento de planeación estratégica [25-28]. Se evidencia el surgimiento de los sistemas expertos basado en el razonamiento de casos (CBR), que involucra la experiencia en casos relevantes anteriores [29,30]. Finalmente, en este periodo se identificó el primer modelo híbrido de IA, el cual combina los sistemas expertos y las redes neuronales, buscando combinar las fortalezas de estas dos herramientas [31].

Período 2001-2005

Se destaca en este periodo el nacimiento de los algoritmos genéticos para optimización de costos y el control dinámico de los proyectos [32], la continuación de las redes neuronales como técnica para identificar las causas de los retrasos en las actividades de construcción [33], y el empleo de los sistemas de razonamiento basados en casos para estimar la productividad de las operaciones de construcción cíclicas [34]. También se evidenció el empleo de los modelos híbridos entre sistemas expertos y la lógica difusa para la predicción de la productividad de la mano de obra [35]; los modelos híbridos entre las redes neuronales y los sistemas de razonamiento basados en casos para predecir el resultado de un litigio de construcción [36]; y los modelos híbridos entre sistemas expertos, la lógica difusa y los algoritmos para planear los sitios de trabajo en obra [37]. Estos modelos híbridos buscaban tomar las mejores características de cada uno de los métodos integrados para mejorar el desempeño de los algoritmos de aprendizaje.

Período 2006-2010

Durante este periodo se observaron aplicaciones de la IA a la gestión de costos de cronogramas, y de la información principalmente, seguido de aplicaciones a la gestión de contratos. Las aplicaciones en la gestión de costos principalmente abordaron las estimaciones conceptuales utilizando sistemas expertos con algoritmos evolucionarios basados en el principio biológico de evolución y modelos supervisados de aprendizaje como las máquinas de vectores soporte [38]. Las aplicaciones a la gestión del cronograma se centraron principalmente en utilizar sistemas expertos para seleccionar la mejor ruta de actividades bajo contextos de limitación de recursos, cumplimiento de objetivos múltiples y optimizando los tiempos de espera. Los algoritmos de IA para optimizar más usados fueron los de colonias de hormigas [39] y los algoritmos genéticos [40]. Por su parte, las aplicaciones a la gestión de la información de los proyectos de construcción se centraron básicamente en plantear modelos híbridos de diferentes técnicas como la lógica difusa, las redes neurales y los algoritmos genéticos para resolver problema [41]. En cuanto a la gestión de contratos, se observó que en este periodo se presentaron diferentes propuestas para apoyar la selección de contratistas. Para estos casos se empiezan a observar el uso de sistemas expertos basados en redes Bayesianas [42] y redes neuronales no supervisadas [43].

Período 2011-2015

En este periodo se identificaron aplicaciones de la IA en las áreas de planificación, diseño e ingeniería, gestión de cronogramas, gestión de costos, licitaciones, y resolución de conflictos. La planificación y la gestión de cronogramas fueron las aplicaciones predominantes de este periodo utilizando múltiples técnicas tales como sistemas de soporte de decisión [44], máquinas de vectores de soporte, y la optimización de colonia de hormigas que fue una técnica emergente que ayudo a resolver problemáticas relacionadas a las aplicaciones mencionadas [45]. En este periodo también comenzó una iniciativa enfocada a resolver disputas legales relacionadas a contratos y licitaciones haciendo uso de las técnicas híbridas que mezclaban redes neuronales, lógica difusa y sistemas expertos entre sí [46]. Las mismas redes neuronales, por su parte, mostraron su versatilidad para predecir el éxito y flujo de caja de un proyecto, siendo parte de sistemas híbridos combinados con las técnicas de máquinas de vectores de soporte para pronosticar posibles diferencias entre contratistas y clientes, haciendo uso de los algoritmos genéticos [47]. También se encontraron los árboles de decisión para apoyar a los gerentes a tomar decisiones en sus proyectos [48] y una evolución de la lógica difusa con la inferencia difusa que ayudó a los gerentes de proyecto a estimar las líneas de base apropiadas y establecer metas realistas para la tasa de trabajo directo [49].

Período 2016-2020

En este lustro las aplicaciones más relevantes se efectuaron en la predicción y estimación de tiempos de ejecución del trabajo analizando fuentes de problemas de retrasos [50] y factores de secuencia y no secuencia que afectan significativamente la duración de un proyecto [51]. Otro aspecto investigado en este periodo, se relacionó con el monitoreo del flujo de caja en obra, los pronósticos de costos y la evaluación de riesgos de sobrecostos en proyectos de construcción [52]. Las aplicaciones mencionadas fueron desarrolladas por métodos más recurrentes como lo son: redes neuronales, técnicas de bosque aleatorio y técnicas de memorias de corto plazo. Sin embargo, en este periodo es posible identificar la gran influencia y adopción de modelos híbridos con la finalidad de mejorar la eficiencia y la potencia de sistemas inteligentes aislados, puesto que afrontar y analizar algunos problemas resulta difícil utilizando un solo método de razonamiento [53]. Finalmente, cabe resaltar que en este periodo se realizó un avance significativo en la clasificación, monitoreo y evaluación de factores de riesgos que afectan la seguridad de trabajadores en el sector de la construcción [54].

Conclusiones

Es evidente el creciente desarrollo de las herramientas de IA que pueden ser implementadas adecuadamente en construcción. El estudio muestra que su aplicación en el campo de la gerencia de la construcción se ha reportado desde 1985 con un notable crecimiento en las últimas dos décadas para apoyar los procesos de toma de decisiones y resolución de problema de manera oportuna y eficiente.

Los resultados del estudio mostraron que, desde el periodo inicial de 1985-1990, la IA fuertemente relacionada con los procesos de toma de decisiones en tareas de planificación y control de proyectos. Luego en los periodos siguientes los esfuerzos se centraron en trabajar los sistemas de gestión de costos y cronogramas, en diferentes contextos y bajo diferentes condiciones. En los lustros iniciales del siglo 21 se observaron que las aplicaciones se ocuparon de temas más específicos como licitaciones y resolución de conflictos. Hacia los lustros finales se observó que el tema central fue la gestión de riesgos, y finalmente, como aplicación emergente se encontró que las soluciones se enfocaron a tratar temas específicos como sistemas de alertas tempranas y de seguridad en los proyectos. La planificación y la predicción han sido recurrentes, no obstante, en la última

década, el control, el monitoreo, la evaluación y la optimización han tomado relevancia para mejorar la productividad en construcción.

Los resultados también mostraron patrones de recurrencia de métodos y técnicas. Los esfuerzos iniciales de la aplicación de técnicas de IA tuvieron enfoques convencionales de simulación y estadística, planteando algoritmos análogos y matemáticos. Paralelamente se observó que la idea central de las técnicas y métodos giraban alrededor del concepto de sistema experto, buscando simular los procesos que los ingenieros realizaban en cada situación particular. Los sistemas expertos adoptaron principalmente los nombres de sistemas basados en conocimientos y experiencias, sistemas de soporte a la toma de decisiones, sistemas basados en casos, y en algunos casos específicos se encontraron denominaciones muy particulares como el de sistemas inmunes. Las técnicas evolucionaron desde la adopción aislada de redes neuronales, algoritmos genéticos y lógica difusa, hasta sistemas híbridos que buscaban mejorar los mecanismos de aprendizaje. Finalmente se observó que las redes bayesianas y las técnicas evolucionarias (basadas en el principio biológico de evolución) han sido las técnicas emergentes en los últimos lustros.

Referencias

- [1] Grinis, Mark, et. al. (2018). Retrieved from <https://www.eyjapan.jp/industries/real-estate/knowledge/2018/pdf/2018-01-01.pdf>
- [2] Chowdhary, K. R. (2020). Fundamentals of Artificial Intelligence.
- [3] Frankish, K., & Ramsey, W. M. (2014). The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence.
- [4] Nagy, Z. (2018). Artificial Intelligence and Machine Learning Fundamentals.
- [5] Kanapeckiene, L., Kaklauskas, A., Zavadskas, E. K., & Seniut, M. (2010). Engineering Applications of Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2010.01.030>
- [6] Hua, G. B. (2008). Construction Management and Economics. <https://doi.org/10.1080/01446190801998716>
- [7] Ashley, D., & Levitt, R. (1987). Journal of Computing in Civil Engineering, 1(4), 303–311.
- [8] Cheng, M. Y., & Roy, A. F. V. (2010). Expert Systems with Applications.
- [9] The Joanna Briggs Institute. (2015). The Joanna Briggs Institute Reviewers' Manual 2015: Methodology for JBI scoping reviews. Joanne Briggs Institute. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Xu, Q., Chong, H. Y., & Liao, P. chao. (2019). Safety Science, 120(August), 824–832.
- [10] Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Measuring Scholarly Impact (pp. 285–320). https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13
- [11] Van Eck, N., & Waltman, L. (2019). VOSviewer Manual.
- [12] Darko, A., Chan, A. P. C., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E. (2020, April 1). Automation in Construction, Vol. 112, p. 103081.
- [13] Warszawski, A. (1985). Building and Environment, 20(4), 201–210.
- [14] Navinchandra, D., Sriram, D., & Logcher, R. D. (1988). Journal of Computing in Civil Engineering, 2(3), 239–254.
- [15] Nelson Ford, F. (1985). Information and Management, 8(1), 21–26.
- [16] Stefik, M., Aikins, J., Balzer, R., Benoit, J., Birnbaum, L., Hayes-Roth, F., & Sacerdoti, E. (1982). The Organization of Expert Systems* A Tutorial.
- [17] Jüngen, F. J., & Kowalczyk, W. (1995). European Journal of Operational Research, 84(1), 60–81.
- [18] Sirajuddin, A., & Mawdesley, M. J. (1991). Computers and Structures, 40(1), 37–44.
- [19] Forsythe, D. E., & Buchanan, B. G. (1992). Expert Systems With Applications, 5(3–4), 203–212.
- [20] Licker, P., & Olsen, B. (1992). The Journal of Systems and Software, 19(2), 171–183.
- [21] Deepak Kumar, C., & Sarma, V. V. S. (1996). Sadhana, 21(3), 327–343.
- [22] Lambropoulos, S., Manolopoulos, N., & Pantouvakis, J. P. (1996). Construction Management and Economics, 14(2), 79–92.
- [23] Narin'yani, A. S., Borde, S. B., & Ivanov, D. A. (1997). Artificial Intelligence in Engineering, 11(1), 5–14.
- [24] Moselhi, O., Hegazy, T., & Fazio, P. (1991). Journal of Construction Engineering and Management, 117(4), 606–625.
- [25] Badiru, A. B., & Sieger, D. B. (1998). European Journal of Operational Research, 105(1), 130–142.
- [26] Boussabaine, A. H., & Kaka, A. P. (1998). Construction Management and Economics, 16(4), 471–479.
- [27] Kartam, N., & Tongthong, T. (1998). Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM, 12(3), 273–287.
- [28] Khong, P. W., & Lim, K. S. (2000). International Journal of Computer Applications in Technology, 13(3–5), 98–106.
- [29] Haque, B. U., Belecheanu, R. A., Barson, R. J., & Pawar, K. S. (2000). Knowledge-Based Systems, 13(2), 101–112.
- [30] Lee, K. J., Kim, H. W., Lee, J. K., & Kim, T. H. (1998). AI Magazine, 19(1), 13–23.
- [31] Li, H., & Love, P. E. D. (1997). Construction Management and Economics, 17(2), 169–176.
- [32] Hegazy, T., & Petzold, K. (2003). Journal of Construction Engineering and Management, 129(4), 396–404.
- [33] Soibelman, L., & Kim, H. (2002). Journal of Computing in Civil Engineering, 16(1), 39–48.
- [34] Graham, D., & Smith, S. D. (2004). Advanced Engineering Informatics, 18(1), 17–28.
- [35] Fayek, A. R., & Oduba, A. (2005). Journal of Construction Engineering and Management, 131(8), 938–941.
- [36] Arditi, D., & Pulket, T. (2005). Journal of Computing in Civil Engineering, 19(4), 387–393.
- [37] Elbeltagi, E., & Hegazy, T. (2001). Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 16(2), 79–93.
- [38] Cheng, Min Yuan, Tsai, H. C., & Sudjono, E. (2010). Expert Systems with Applications.
- [39] Ghoseiri, K., & Nadjari, B. (2010). Applied Soft Computing Journal. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2009.09.014>
- [40] Montoya-Torres, J. R., Gutierrez-Franco, E., & Pirachicán-Mayorga, C. (2010). International Journal of Project Management. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.10.003>
- [41] Yu, W. Der, & Liu, Y. C. (2006). Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.01.007>
- [42] Bayraktar, M. E., & Hastak, M. (2009). Automation in Construction.
- [43] Elazouni, A. M. (2006). Journal of Construction Engineering and Management.
- [44] Colin, J., Martens, A., Vanhoucke, M., & Wauters, M. (2015). Decision Support Systems, 79, 65–76.
- [45] Vahdani, B., Mousavi, S. M., Hashemi, H., Mousakhani, M., & Ebrahimnejad, S. (2014). Arabian Journal for Science and Engineering, 39(5), 4301–4314.
- [46] Movahedian Attar, A., Khanzadi, M., Dabirian, S., & Kalhor, E. (2013). International Journal of Project Management, 31(6), 924–936.
- [47] Shin, Y. (2015). Computational Intelligence and Neuroscience, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/149702>
- [48] Shahtaheri, M., Nasir, H., & Haas, C. T. (2015). Journal of Construction Engineering and Management, 141(5), 04014097.
- [49] Yaseen, Z. M., Ali, Z. H., Salih, S. Q., & Al-Ansari, N. (2020). Sustainability (Switzerland), 12(4), 1–14.
- [50] Cheng, M.-Y., Chang, Y.-H., & Korir, D. (2019). Journal of Construction Engineering and Management, 145(11), 04019072.
- [51] Juszczak, M., & Leśniak, A. (2019). Symmetry, 11(3).
- [52] Corchado, J. M. (1999). Tehnicki Vjesnik, 22(5), 1171–1178.
- [53] Cheng, Min Yuan, Kusomono, D., & Gosno, R. A. (2020). Automation in Construction, 118(November 2019), 103265.

ACESOL aborda desafíos y oportunidades de la energía solar en Chile en la Escuela de Ingeniería UCEN

Miembros del directorio de la Asociación Chilena de Energía Solar imparten charla en conjunto con la Escuela de Ingeniería de la UCEN, todo esto, producto de la labor de articulación ejercida por Job Jairo Romero, estudiante centralino de Ingeniería Civil Industrial.

En una sesión online que se extendió por cerca de dos horas, más de 65 usuarios se conectaron para ser parte del webinar titulado 'Energía solar: el sol brilla para Chile', cuyo contenido fue impartido por la Asociación Chilena de Energía Solar (ACESOL).

La actividad fue encabezada por el decano Christian Nicolai, junto al secretario de Facultad, Mauricio Castro. En tanto, la coordinación fue a través de la secretaria de Estudios de la Escuela de Ingeniería, Katherine Muñoz, quien destacó la articulación generada con ACESOL por parte de Job Jairo Romero, estudiante de Ingeniería Civil Industrial, quien además participó como moderador del espacio.

En su introducción, Romero se refirió a que "hoy la capacidad instalada de las ERNC (energías renovables no convencionales) son el sostén para poder desarrollar estos diálogos, donde a nivel nacional corresponde a un 25,8%, de lo cual la fotovoltaica genera un 8,6%", seguidamente, presentó a los invitados a cargo de la exposición: Manoel Beyris y Teresita Vial, ambos miembros del directorio de ACESOL.

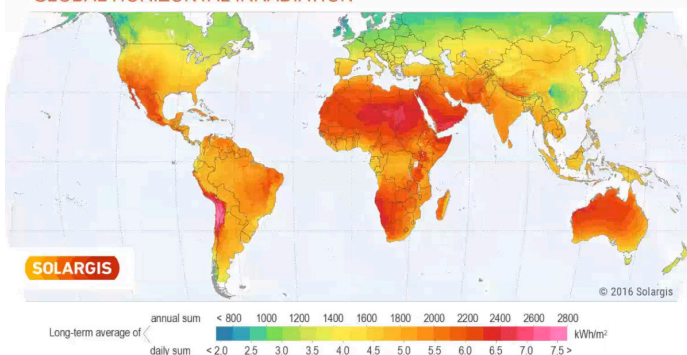
La agenda de la actividad contempló diversos temas: en primer lugar, explicar el rol ACESOL en materia energética, la ventaja solar de Chile, tipos de tecnologías solares, la energía solar en Chile, los desafíos por la matriz energética y segmentos de la energía solar en el país, las innovaciones que representa y desafío de la nueva ley de distribución.

Los expositores ofrecieron una completa panorámica de lo que catalogan como "la revolución solar en Chile", con un recorrido transversal del mercado, las oportunidades a propósito de la capacidad instalada de la matriz energética y condiciones naturales que posee el país, especialmente en la zona norte, dando cuenta del potencial en materia de energías renovables no convencionales que esto significa.

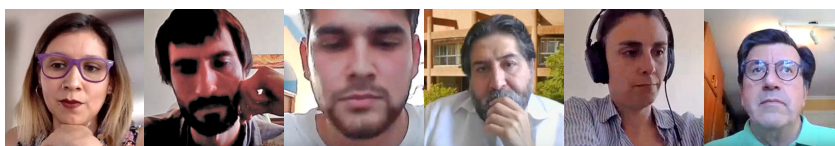
LA REVOLUCIÓN SOLAR EN CHILE



GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION



En Chile, el norte grande recibe la mayor cantidad de radiación solar diaria promedio del mundo (kWh/m²/día) y se estima que un área de 20 km² de paneles fotovoltaicos podría satisfacer la demanda energética de todo el país (Cifres, Corfo)



En primer lugar, Beyris se refirió al contexto general y lo que está pasando en Chile en términos de potencial de desarrollo de esta energía, donde no sólo es relevante contar con el recurso natural y terreno, sino que además es necesario "robustecer el mercado de las renovables" lo que permitiría proyectar presencia en el mediano plazo a todo lo largo del país. Asimismo, destacó que "el crecimiento de la energía solar fotovoltaica a nivel mundial es reciente, estamos hablando de poco más de 10 años de desarrollo masivo de esta energía renovable". En esa línea, dijo que en Chile "la cantidad de instalación es muy rápida y la penetración en el mercado es más rápida que a nivel mundial".

No obstante, Vial recordó que "se viene un gran desafío que es la modificación o la renovación del mercado de la distribución. Un mercado cuyas normas no habían sido revisadas desde hace bastante tiempo y que hacen que el mercado funciones de forma monopólica". Bajo esa premisa, con-

tó que desde el año pasado se trabaja en una ley corta que bajó las rentabilidades o utilidades de las distribuidoras y una ley larga que en el fondo busca "modificar que las distribuidoras sean las que venden la energía, manejan la información y manejan la calidad del servicio de energía". Además, agregó que "por un tema de eficiencia se dividirá en tres leyes: el proyecto de ley de Portabilidad Eléctrica, el proyecto de ley de Calidad de Servicio y el proyecto de ley de Medios Energéticos Distributivos".

ACESOL es una organización gremial chilena con 13 años de existencia, que trabaja exclusivamente por el desarrollo de la energía solar. Cuenta con más de 80 socios: empresas, entidades profesionales e instituciones; su meta es que la energía solar sea la principal fuente de energía primaria en Chile.

APLICACIÓN DE MÉTODOS ACTUALES PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRAS EN EL TÚNEL DE AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

• Carlos Aire

Investigador, Instituto de Ingeniería-Universidad Nacional Autónoma de México

El concreto lanzado reforzado con fibras es un material que durante los últimos años se ha incrementado su uso en la industria de la construcción en México. Existen aplicaciones en obras civiles como en trabajos de minería, en donde se emplea como material de revestimiento primario y definitivo. Este incremento en el uso de esta tecnología en las obras subterráneas ha llevado a la necesidad de caracterizar sus propiedades mecánicas. La principal característica del concreto reforzado con fibras es la absorción de energía, que puede determinarse por varios métodos de prueba. En este artículo se presenta una aplicación de dos métodos de prueba actuales basado en el ensayo de paneles para determinar la capacidad de absorción de energía del concreto del revestimiento del túnel de ampliación de la línea 12 del metro de la ciudad de México, donde se emplea la tecnología del concreto lanzado reforzado con fibras de acero en el revestimiento primario. Se obtuvieron en obra muestras de panel de sección cuadrada y circular que fueron ensayados en laboratorio para determinar la absorción de energía. Como conclusión se puede afirmar que es posible aplicar los métodos de prueba basado en el ensayo de paneles para evaluar el desempeño del concreto lanzado reforzado con fibras en el túnel de la línea 12 de la ciudad de México.

1. Introducción

Actualmente, el uso de fibras en el concreto es una tendencia frecuente en la industria de la construcción. En México, se usa como reemplazo de mallas electrosoldadas en concretos lanzados, en pisos industriales y en elementos prefabricados. Recientemente, se ha incrementado su uso en obras subterráneas, tanto en obras civiles como en minería. Por ello es de interés conocer el desempeño de este tipo de concreto. A diferencia del concreto convencional, en el cual la resistencia a compresión es la propiedad característica, en el concreto reforzado con fibras (CRF) se caracteriza por su comportamiento post-agrietamiento, midiendo su capacidad de absorción de energía. Para medir esta propiedad se han desarrollado diferentes métodos de prueba estandarizados que permite evaluar el desempeño del concreto reforzado con fibras. El Instituto de Ingeniería de la UNAM ha implementado varios de estas metodologías, entre ellos: los ensayos de viga ASTM C1609 y EN 14651, los ensayos de panel circular ASTM C1550 [1] y panel cuadrado EN 14488-5 [3] y el ensayo Barcelona UNE 83515 [4]

En el área Metropolitana de la Ciudad de México, recientemente se construyeron dos importantes proyectos de infraestructura subterránea, en los que se consideraron el uso de CRF para el revestimiento de los túneles: el Túnel Emisor Oriente (TEO) y el Túnel Emisor Poniente (TEP-II) pertenecientes al Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México, construidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con la finalidad de aumentar la capacidad de evacuación de las aguas residuales y pluviales de la ciudad de México. En estos proyectos, TEO y TEP-II, se colocaron CRF sintética para el revestimiento definitivo de los túneles.

Actualmente, otro proyecto de infraestructura de túneles en desarrollo es la ampliación del metro de la Línea 12 (L-12) de la ciudad de México (CDMX), que considera el uso de concreto lanzado reforzado con fibras de acero (CLRFA) para el revestimiento primario del túnel. Es un proyecto que desarrolla la Dirección General de Construcción de Obras para el Transporte (DGCOT), y que se construye para mejorar el transporte de la ciudad de México. De acuerdo con las especificaciones del proyecto, la resistencia del concreto lanzado se verifica mediante ensayo de testigos de concreto que se obtienen de placas de concreto muestreadas en obra.

Basándose en la experiencia de investigaciones sobre CRF, el Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) propuso a la DGOT un estudio para evaluar el desempeño del CLRFA, para este proyecto de construcción subterránea. Para ello el II-UNAM elaboró un programa y campaña experimental, incluyendo muestreos en obra y ensayos de laboratorio considerando un conjunto completo de pruebas para estudiar el comportamiento del concreto colocado determinando sus propiedades residuales. Paneles y cilindros fueron seleccionados para determinar la absorción de energía y caracterizar el comportamiento del CLRFA. Las muestras se tomaron durante el lanzamiento de concreto en el túnel de la L12. En este artículo se presentan los resultados de paneles cuadrados (UNE 14488-5) y paneles circulares (ASTM C1550 [1]).

2. Ampliación de la línea 12 del metro de la cdmx

2.1 Generalidades

La Secretaría de Obras y Servicios de la Dirección General de Construcción de Obras para el Transporte (DGOT) construye la ampliación de la línea 12 del metro de la ciudad de México. Es un proyecto de infraestructura que consiste en un túnel de 4.6 kilómetros de longitud en los que se ubicarán tres estaciones de metro que conectarán las estaciones Mixcoac y Observatorio, uniendo las zonas Oriente y Poniente de la ciudad de México.

Para la construcción del túnel de 4.6 km de longitud y diámetro promedio de 11 m, se emplea el método de excavación mecánica convencional mediante máquinas rozadoras. Las rozadoras excavan mediante una cabeza giratoria, provista de dientes de corte que van montadas sobre un brazo mecánico que permite la excavación. El avance promedio de excavación es de 1.5 m. Posterior a la excavación de la sección media superior, se coloca el revestimiento primario para dar estabilidad al terreno, que consiste en aplicar concreto lanzado reforzado con fibras de acero (CLRFA). El espesor de revestimiento primario es de 20 cm, que se coloca en dos capas de 10 cm cada una, aproximadamente. El revestimiento secundario es de concreto de 40 cm de espesor en bóveda. En esta segunda capa de revestimiento, se emplea concreto lanzado sin fibras; el refuerzo es con varillas de acero.

2.2 Ensayos de control

La propiedad más representativa CLRF es la absorción de energía. La absorción de energía del CLRF se determina mediante la realización de ensayos de flexión. Existen dos procedimientos de uso tradicional: a) el ensayo de panel, de sección circular o sección cuadrada, y b) el ensayo de viga. Para su determinación se han desarrollado nuevos métodos de prueba estandarizados, los cuales se usan internacionalmente. El ensayo de viga se usa principalmente en aplicaciones de pavimentos.

El desempeño post-elástico de paneles circulares/cuadrados sujetos a una carga puntual en el centro, es representado por la energía absorbida hasta una deflexión central especificada. En este método de prueba, la energía absorbida hasta una deflexión dada representa la habilidad o capacidad de redistribución de esfuerzos que tiene el concreto reforzado con fibras después del agrietamiento. Los métodos típicos de prueba de resistencia a flexión incluyen la ASTM C1550 [1], de paneles circulares, y la EN 14488-5, de paneles cuadrados. La determinación de la capacidad de absorción de energía es el factor más importante para evaluar el desempeño del CLRF, la cual se calcula para una deflexión especificada de 25 mm para el panel cuadrado y de 40 mm para el panel circular.

Otros métodos para evaluar la resistencia a flexión son las pruebas en vigas. Para ello se requiere de paneles de CLRF, y posteriormente se obtienen vigas mediante corte y se ensayan de acuerdo con los estándares ASTM C1609 y UNE 14561, para determinar

la tenacidad en flexión para valores de deflexión especificada en cada norma.

Un reciente desarrollo, es el ensayo de doble punzonamiento (UNE 83515 [4]), conocido como ensayo Barcelona, con el cual se determina la tenacidad en cilindros para una apertura circunferencial de fisura especificada de 6 mm.

Teniendo en cuenta lo anterior, el II-UNAM desarrolló una campaña experimental para evaluar el desempeño del concreto del revestimiento primario del túnel de la L-12, para lo cual se elaboraron diferentes tipos de muestras de CLRFA obtenidas en el túnel.

La figura 1 muestra un procedimiento típico de la colocación del revestimiento primario de CLRFA en el túnel L-12. Un procedimiento típico es el siguiente: cuando el camión de concreto llega a obra, se toma una muestra representativa de concreto sin fibra y se mide la temperatura y revenimiento. Enseguida se incorpora la cantidad de fibra de diseño especificada. La incorporación y tiempo de mezclado se realiza de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de fibra. Una vez terminado el tiempo de mezclado, el concreto se suministra al interior del túnel mediante una tubería, la cual es recibida por un camión revolvedor que transporta el concreto desde la lumbrera hacia el frente de trabajo incorporándolo al equipo de lanzado.

Los materiales empleados en la fabricación del concreto fueron: cemento CPC 40RS, arena andesita, grava caliza de 10 mm de tamaño máximo, aditivo acelerante y fibra de acero de 35 mm de longitud en una dosis de 30 kg/m³ de concreto.

En el interior del túnel se realizaron tres tipos de muestreo: panel circular (tres especímenes), panel cuadrado (tres especímenes) y artesas (dos especímenes), a partir de los cuales se realizaron los ensayos ASTM C1550 [1] (panel circular), EN 14488-5 [3] (panel cuadrado) y UNE 83515 [4] (ensayo Barcelona). En este artículo solo se presentan los resultados de los ensayos de panel cuadrado y circular.

3. Ensayo de panel cuadrado – en 14488-5 [3]

Las pruebas de absorción de energía en panel de sección cuadrada de 600 × 600 mm de sección y 100 mm de espesor se realizaron de acuerdo con la norma EN 14488-5 [3]. La prueba consiste en ensayar paneles cuadrados, que se someten a una carga central que se aplica a través de una placa cuadrada de 100 × 100 mm y 20 mm de espesor. Del ensayo se obtiene el comportamiento carga-desplazamiento y a partir de esta curva se calcula la capacidad de absorción de energía en el rango de post-agrietamiento hasta un desplazamiento especificado de 25 mm, calculada como el área bajo la curva.

Para realizar el ensayo se utilizó un sistema de control por lazo cerrado que permite el control por desplazamiento, y un marco de carga que se integra a un sistema de actuador y celda de carga. El actuador tiene una capacidad de 500 kN, y para registrar el



Figura 1

Procedimiento de colocación del revestimiento primario del túnel L-12

desplazamiento se empleó un transductor de desplazamiento tipo LVDT de 100 mm de rango. La velocidad del ensayo fue de 1 mm/min.

En la figura 2, se muestra la configuración del ensayo de panel cuadrado, de acuerdo con la EN 14488-5 [3]. El panel se apoya en un marco de acero cuadrado. La cara del panel que se ensasa, corresponde a la cara superior del espécimen en la prueba (EN 14488-5 [3]).

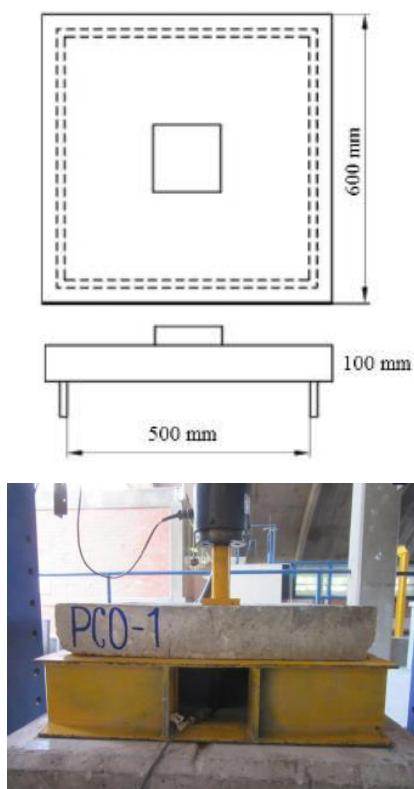


Figura 2

Esquema de configuración del ensayo de panel, según la EN 14488-5

El modo de fallo de los paneles ensayados mostró un patrón como el que se muestra en la figura 3, caracterizada por dos fisuras principales que atraviesa toda la sección del panel, y otras fisuras secundarias. En todos los casos, la falla fue gradual, debido a la presencia de las fibras en la matriz de concreto.



Panel 1 – PCO-1



Panel 2 – PCO-2

Figura 3

Modo de falla típico de los paneles cuadrados ensayados

La figura 4 muestra las curvas carga-desplazamiento de los paneles ensayados (dos series). Las curvas presentan dos tramos, un tramo inicial ascendente y el post-agrietamiento descendente. En el primer tramo la carga asciende gradualmente con pequeños incrementos de desplazamiento, y se presentan varios picos. En este tramo inicial de la curva el aporte de la fibra no es total, hasta que se presenta el agrietamiento a partir del cual la fibra trabaja en conjunto con el concreto. En esta fase, se observó varios descensos de carga que se debe principalmente al agrietamiento del concreto, sin embargo, hay una recuperación en todos los casos hasta alcanzar un valor de carga máxima, a partir del cual se presenta un descenso gradual en el post-agrietamiento. La prueba finaliza al alcanzar un desplazamiento mínimo de 25 mm. La figura 4 muestra que el comportamiento post-agrietamiento es muy similar para los paneles ensayados, asimismo, los valores de carga máxima son bastante parecidas; por lo que se estima que la absorción de energía presente valores semejantes.

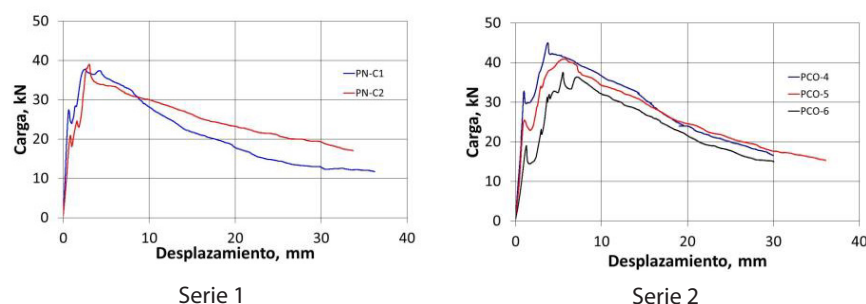


Figura 4

Curvas carga-desplazamiento de los paneles cuadrados ensayados

La absorción de energía se determinó como el área bajo la curva carga-desplazamiento entre el origen y el desplazamiento central de 25 mm, como lo especifica la EN 14488-5 [3]. Los resultados se muestran en las tablas 1 y 2 para las dos series de ensayo. Los resultados muestran que la absorción de energía promedio para 25 mm de desplazamiento de los paneles ensayados es de 647.6 Joules (CV 1%) y 670.5 Joules (CV 9.2%), para las dos series de ensayo. La variabilidad de los resultados es bastante aceptable (CV < 10%).

Tabla 1 Resultados de tenacidad, T_{δ25mm}

ID	Panel	U	Tenacidad	Promedio
T TM 25 mm	PN-C1	Joules	624.3	T _{prom} = 647.6 J
T TM 25 mm	PN-C2	Joules	671.0	C.V. = 5.1%

Tabla 2 Resultados de tenacidad, T_{δ25mm}

ID	Panel	U	Tenacidad	Promedio
T TM 25 mm	PCO-4	Joules	629.3	T _{prom} = 670.5 J
T TM 25 mm	PCO-5	Joules	741.8	C.V. = 9.2%
T TM 25 mm	PCO-6	Joules	640.4	

4. Ensayo de panel circular – ASTM C1550 [1]

Las pruebas de absorción de energía en panel de sección circular de 75 e × 800 φ mm, se realizaron de acuerdo con la norma ASTM C1550 [1]. La prueba permite caracterizar el comportamiento de flexión del concreto expresado como absorción de energía en el rango de post-agrietamiento.

Para el ensayo se empleó el mismo equipo del panel cuadrado. En este caso, el dispositivo de apoyo está conformado por una placa circular sobre el cual se colocan tres puntos de apoyo diametralmente equidistantes. De acuerdo con la ASTM C1550 [1], estos tres puntos de apoyo se colocan simétricamente circunscritos en un círculo de 750 mm de diámetro, y deben resistir la aplicación de una carga vertical de 100 kN en el centro del panel y ser lo suficientemente rígido para que no se presenten desplazamientos inadmisibles durante la prueba. Estos apoyos están conformados por unas bases piramidales de acero con dispositivos en los vértices que hacen de rotula y permiten el libre giro de la placa durante la prueba.

El panel se apoya en los tres pivotes dispuestos simétricamente y se aplica una carga puntual sobre el centro del panel, como se muestra en la figura 5. La carga se aplica en la cara enrasada, estando la cara moldeada del panel apoyada sobre los tres pivotes. Durante la prueba se registra la carga y desplazamiento de manera continua y se obtiene la curva carga-desplazamiento a partir del cual se puede obtener la absorción de energía.

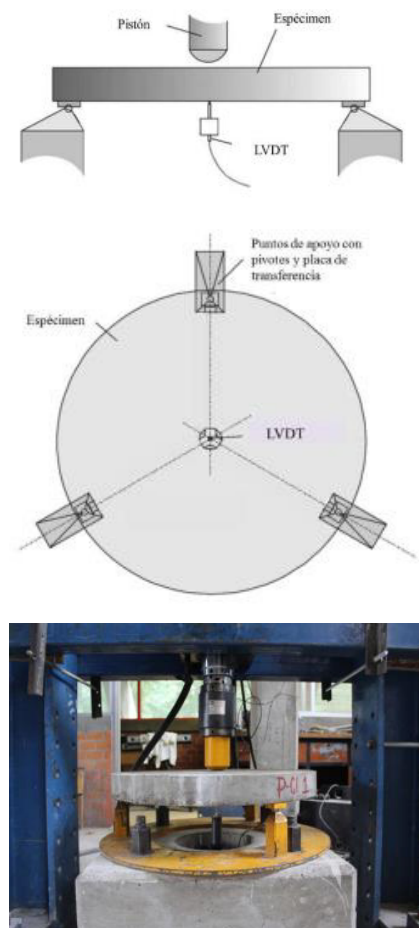


Figura 5

Esquema de configuración del ensayo de panel, según la ASTM C1550

La velocidad de desplazamiento aplicada fue de 4 mm/min, como lo establece la ASTM C1550 [1]. La prueba finaliza cuando se alcanza, como mínimo, un desplazamiento de 40 mm. La instrumentación se hizo mediante un transductor de desplazamiento tipo LVDT de 100 mm de rango, que se coloca al centro de la parte inferior del panel. La absorción de energía, calculada como el área bajo la curva carga-desplazamiento se determina para 5, 10, 20 y 40 mm de desplazamiento, como lo especifica la ASTM C1550 [1].

Los paneles ensayados fallaron típicamente formando tres fisuras radiales que empiezan en el centro del panel y dividen el espécimen en tres secciones, como se muestra en la figura 6. El modo de falla fue gradual, como en el caso del panel cuadrado. De acuerdo con la ASTM C1550 [1], un ensayo exitoso implica un modo de

falla que incluya al menos tres grietas radiales. Ocasionalmente, los especímenes presentan un modo de falla que implica una sola fisura, los cuales se caracterizan por presentar una baja absorción de energía. El resultado de esta prueba debe ser descartada y solo se deben considerar el resultado de dos ensayos que presenten modo de falla que incluya tres grietas radiales. En este estudio los paneles presentaron tres fisuras radiales.

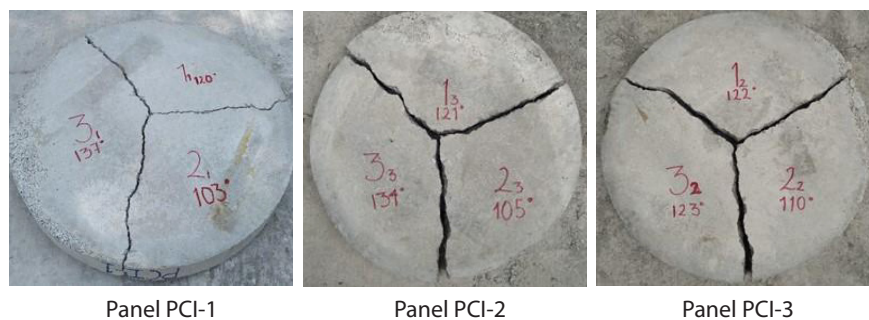


Figura 6

Modo de falla de paneles circulares

La figura 7 muestra las curvas carga-desplazamiento de los paneles ensayados. Las curvas carga-desplazamiento presentan un tramo inicial ascendente donde la carga asciende gradualmente con pequeños incrementos de desplazamiento. En este tramo inicial lineal la carga es soportada por el concreto y el aporte de la fibra es mínimo o nulo. En esta primera fase, la curva alcanza un pico máximo (carga máxima), y enseguida se inicia el proceso de agrietamiento del concreto y la carga se transmite a las fibras, hasta que finalmente absorben toda la carga y las fibras trabajan en conjunto con el concreto. La fase de post-agrietamiento se caracteriza por el descenso gradual de la carga y desplazamiento. Los tres paneles presentan capacidades residuales similares.

La absorción de energía se determinó como el área bajo la curva carga-desplazamiento entre el origen y el desplazamiento central especificada en la ASTM C1550 [1]. Los resultados se muestran en las tablas 3 y 4 para las doce series ensayadas. La absorción de energía promedio para un desplazamiento de 40 mm para los paneles ensayados es de 299.2 Joules (CV 5.0%) y 275.3 Joules (CV 15.5%), para las dos series de ensayo.

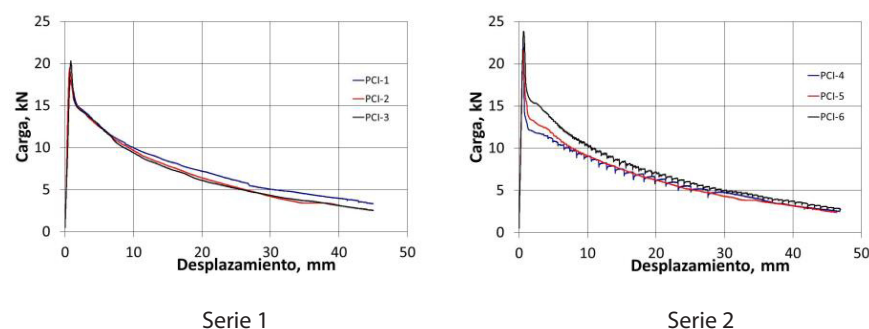


Figura 7

Ensayo de panel de sección circular, ASTM C1550

Tabla 3 Resultados de tenacidad, T_{δ5mm}, T_{δ10mm}, T_{δ20mm} y T_{δ40mm}

ID	U	T TM 5 mm	T TM 10 mm	T TM 20 mm	T TM 40 mm
PCI-1	Joules	69.2	125.1	210.0	316.3
PCI-2	Joules	69.9	124.8	204.0	292.9
PCI-3	Joules	69.1	123.1	199.5	288.5
T prom	Joules	69.4	124.3	204.5	299.2
CV	%	0.7%	0.9%	2.6%	5.0%

Tabla 4 Resultados de tenacidad, T_{δ5mm}, T_{δ10mm}, T_{δ20mm} y T_{δ40mm}

ID	U	T TM 5 mm	T TM 10 mm	T TM 20 mm	T TM 40 mm
PCI-4	Joules	61.1	110.5	187.0	266.0
PCI-5	Joules	66.4	117.5	193.1	238.1
PCI-6	Joules	75.6	134.0	218.9	321.7
T prom	Joules	67.7	120.7	199.6	275.3
CV	%	10.9%	10.0%	8.5%	15.5%

Factor de conversión de la absorción de energía: panel cuadrado vs panel circular

Es frecuente el interés en conocer la correlación entre los resultados de los ensayos obtenidos mediante el ensayo de panel cuadrado y panel circular. Existe un valor reportado por Bernard [2] que encontró una relación de 2.5 ($r^2 = 0,90$) para los valores de absorción energía entre el panel cuadrado y circular. En nuestro caso, se encontró un factor de conversión de 2.265 ($r^2 = 0.84$). Sin embargo, este valor es una primera aproximación, debido a que se requiere de mayor información, mayores datos de campo, mayor número de muestras en variadas aplicaciones subterráneas que incluyan diferentes tipos y dosis de fibras, para poder establecer un factor de conversión de mayor aproximación. Por el momento es posible conocer la absorción de energía para ambos tipos de paneles como una primera aproximación, conociendo uno de ellos. Como ejemplo, 1000 Joules de absorción de energía a 25 mm de desplazamiento en un panel cuadrado, es equivalente a 441.5 Joules de absorción de energía a 40 mm de desplazamiento en un panel circular.

5. Conclusiones

El concreto reforzado con fibras es una tecnología que durante los últimos años se utiliza con bastante frecuencia en la industria de la construcción, por lo tanto, es importante evaluar su desempeño en obra. Este trabajo presentó una aplicación de dos métodos actuales para evaluar el desempeño del concreto lanzado reforzado con fibras. Se realizaron muestreos en obra y ensayos en laboratorio para determinar la capacidad de absorción de energía del concreto de revestimiento del túnel de la ampliación de la línea 12 del metro de la ciudad de México. Se fabricaron en obra dos tipos de muestras: panel circular y panel cuadrado.

Los muestreos hasta ahora desarrollados en la obra de ampliación de la L12 representan un proyecto piloto, desarrollado con

la finalidad de proponer un Protocolo de Control para evaluar el desempeño del CLRF y permita conocer los diferentes escenarios, facilidades, dificultades y otros aspectos que se presentan en obra durante el desarrollo de los muestreos, resultado de ensayos y análisis de todos los componentes involucrados.

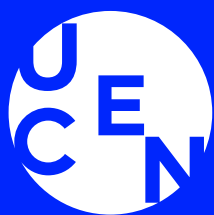
Como conclusión se puede afirmar que es posible obtener muestras estándar a partir del cual se puede evaluar el desempeño del concreto lanzado reforzado con fibras y su aplicación como método de control de calidad en construcciones subterráneas. Varios de estos métodos se usan actualmente como métodos de prueba para evaluar las propiedades del concreto reforzado con fibras en túneles, el cual se mide por su capacidad residual, determinando la resistencia residual y la absorción de energía.

6. Agradecimientos

El autor agradece a la Dirección General de Construcción de Obras para el Transporte de la Ciudad de México por las facilidades brindadas durante los trabajos de muestreo de especímenes en el túnel, que permitió la realización de este trabajo.

7. Referencias

- [1] ASTM C1550 (2012), Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel)
- [2] Bernard S. (2002). Correlations in the behavior of fibre reinforced shotcrete beam and panel specimens. Materials and Structures. Vol. 35 April 2002, pp 156-164
- [3] EN 14488-5 (2007): Test sprayed concrete – Part 5: Determination of energy absorption capacity of fibre reinforced slab specimens
- [4] UNE 83515 (2008), "Hormigones con fibras. Determinación de la resistencia a fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción. Ensayo Barcelona", Madrid, España, 7 pp.



Universidad
Central

Programa Ejecutivo
Advance
Ven y transforma tu futuro

Conoce nuestra oferta académica
en www.ucentral.cl/advance



Admisión 2021

INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

(Online - Santiago - R. Coquimbo)

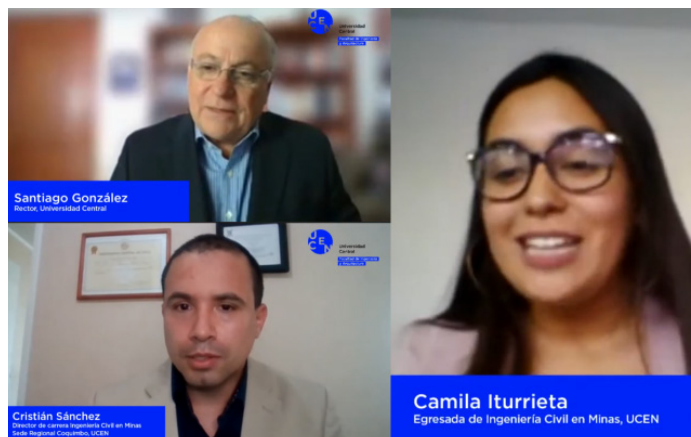
- Modalidad online y presencial
- Permite compatibilizar vida estudiantil, laboral y familiar
- Clases 3 veces por semana
- Próximo a metro Parque Almagro, Toesca y Moneda

advance@ucentral.cl

600 582 2222

4 AÑOS ACREDITADA
SECCIÓN ACREDITACIÓN | 1998 - 2020
SECCIÓN DE PRESELECCIÓN | 2020 - 2021
ACREDITACIÓN EN LÍNEA | 2021 - 2023

Innovación en tecnología para la industria minera 4.0 fue el eje central del primer seminario MINUCEN 2020



Para la puesta en acción de esta primera versión del encuentro minero, desde la carrera de Ingeniería Civil en Minas tanto de Santiago como de la Sede Regional de Coquimbo se llevaron a cabo todos los esfuerzos de coordinación en conjunto con la Asociación Gremial de Suministradores Técnicos y de Ingeniería para la Minería e Industria (Sutmin A.G.).

Entre el miércoles 18 y jueves 19 de noviembre durante dos sesiones de una hora y media de duración se desarrollaron las conferencias del 'Primer Seminario MINUCEN 2020: Innovación en tecnología para la industria minera 4.0' evento que contó con la relevante participación del decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Christian Nicolai, durante la primera jornada, y en la segunda con la compañía del rector Santiago González, quien además en su experiencia como ex ministro de Minería, ofreció un valioso mensaje.

"En este encuentro estamos hablando de innovación en tecnología, un tema muy relevante para la minería. Un sector que no se había caracterizado por incorporar con fuerza la innovación; si vemos los porcentajes que se invierten en innovación, investigación, desarrollo en función de lo que genera la minería como producto, la verdad es que estamos por debajo del 1% y quisiéramos estar por sobre ese valor, especialmente en Chile, entendiendo lo importante que es para nosotros. En la década entre 2000 y 2010, cuando tuvimos precios muy altos en la minería, se hizo mucha innovación y desarrollo en la industria. Después del 2010 eso ha venido decayendo, por lo que es un trabajo muy importante lo que se está haciendo en la Universidad y por supuesto las empresas y proveedores que nos acompañan en este esfuerzo", comentó la máxima autoridad universitaria en su intervención.

La actividad fue presentada por Cristián Sánchez, director de la carrera Ingeniería Civil en Minas, Sede Regional de Coquimbo, quien explicó que es un espacio propicio para el vínculo entre empresas, academia y estudiantes de Ingeniería Civil en Minas y Geología en cuanto a temáticas relacionadas a la innovación en tecnología para la industria minera 4.0, donde se dieron a conocer las principales herramientas en planificación, diseño, operación e innovación que son tendencias en el cambio tecnológico para la industria minera.

Durante la jornada del miércoles, se abordó la aplicación de softwares en el diseño, planificación y operación de faenas mineras con módulos y herramientas de innovación que permiten una mejora sustancial en el resultado del desarrollo minero, de la mano con las conferencias sobre 'Algoritmos Evolutivos aplicados a la Planificación Estratégica' de Fabián Toro, gerente de Ventas de Maptek Sudamérica y la presentación sobre 'Nuevos desafíos en la industria de Software Geológico/Minero' de Cristián García, country Manager de Datamine Software Chile.

En tanto, la última sesión sirvió como ventana para dar a conocer la generación de conocimiento en innovación dentro de la UCEN, desde la mirada de una egresada centralina de Ingeniería Civil en Minas in-

serta en la industria y desde la perspectiva empresarial. Las conferencias presentadas estuvieron a cargo de Ronald Monsalve, analista Senior de Mercado Minero de Coquimbo; Camila Iturrieta, egresada de Ingeniería Civil en Minas de esta casa de estudios y Carlos Carmona, gerente General de Hexagon Mining, quienes presentaron sobre 'Innovación en Empresas Proveedoras de la Minería'; 'Aumento de la eficiencia energética en el traspaso de material del área de chancado primario y correas Overland' y 'Monitoreo, Automatización y Robótica para una minería digitalizada 4.0', respectivamente.

En ese sentido, el propósito del seminario fue facilitar el acercamiento entre los actuales y futuros profesionales de la minería con las empresas del sector y académicos, donde quedaron de manifiesto los desafíos a los cuales se enfrenta la industria minera y las empresas, sus requerimientos y los nuevos retos que conlleva la implementación de proyectos de innovación en el sector minero.

El evento contó con el patrocinio de Coquimbo, Sociedad Nacional de Minería (Sonami), Asociación Gremial de Suministradores Técnicos y de Ingeniería para la Minería e Industria (Sutmin A.G.) y el apoyo de la Revista Nueva Minería y Energía como media partner.



Inauguración YouTube



Segunda jornada YouTube



UN PROCESO ÁGIL PARA ANALÍTICA DE TEXTOS USANDO MÁQUINAS DE APRENDIZAJE

- **Rodolfo Canelón**

*Profesor, Ingeniería civil en computación e informática,
Facultad de Ingeniería Universidad Central de Chile.*

- **Samanta Luna**

*Profesor, Ingeniería civil en computación e informática,
Facultad de Ingeniería Universidad Central de Chile.*

- **Nicolás Ulloa**

*Profesor, Ingeniería civil en computación e informática,
Facultad de Ingeniería Universidad Central de Chile.*

El presente artículo mostrará un proceso ágil en el análisis de texto mediante la implementación de máquinas de aprendizaje, para ello tendrá como caso de estudio el análisis de sentimientos en ambientes educativos denominado MaTexEdu. En el mismo, se analiza y contextualiza el proceso hecho por el uso de técnicas de Analítica de textos que ayudan a la comprensión, clasificación y análisis de textos.

El proceso de analítica de textos abarca un completo análisis científico para deducir patrones y tendencias que existen en los datos. Dentro del proceso aquí planteado se definen 3 disciplinas: recolección de fuentes, la ingeniería de rasgos y formulación del modelo. Así mismo, cada una de estas disciplinas cuenta con un conjunto de actividades y artefactos.

El modelo MaTexEdu aquí planteado, muestra un motor analítico, para identificación de sentimientos, mediante la ubicación de las características presentes en el texto objetivo de investigación. Se realiza modelado utilizando distintos enfoques, como tener en cuenta presencia, frecuencia de términos, analizar partes del comentario, usar palabras, frases de opinión y uso de negaciones.

El análisis se realiza en español e inglés, para efectos de comparar grado de acierto en cada idioma. Posteriormente, se clasifica el sentimiento asignándole una polaridad. Dentro del modelo planteado, se utilizará los conceptos de procesos de desarrollo, reusabilidad de activos de software, ingeniería del dominio, modelos de variabilidad y líneas de producción de software aplicados para definir una vía en la cual estas aplicaciones serán implementadas. Por lo que, estos requisitos de variabilidad y adaptabilidad del software representan un interesante desafío dentro de la ingeniería de software. de máquinas de aprendizaje y/o diccionarios léxicos. Así mismo, para este estudio en particular, se utilizan enfoques de máquinas de aprendizaje y diccionarios léxicos.

El aporte de este trabajo es presentar un método que permita el desarrollo completo y detallado de la analítica de textos. Es por ello, que la contribución de este artículo al área del desarrollo de la ingeniería artificial, basado en líneas de producción de software es proponer un proceso para la ingeniería del dominio con un enfoque de calidad que permita formalizar las especificaciones de los rasgos de las familias de máquinas de aprendizaje.

Palabras Clave: Ciencia de datos, analítica de textos, máquinas de aprendizaje, procesos ágiles, ingeniería del dominio, líneas de producción de software, ingeniería del Software, arquitectura de software, calidad del software.

Introducción

Ágil es un término general que se refiere a varias metodologías que se centran en ser iterativas y en obtener productos y características tangibles rápidamente. Es así, como las metodologías ágiles permiten dar soluciones tangibles. Así mismo, la ciencia de datos, también se ha beneficiado de tomar fragmentos de conceptos ágiles.

La metodología Agile permite a los científicos de datos la capacidad de planificar y priorizar al crear hojas de ruta basadas en requisitos y objetivos. Esto también permite que los equipos técnicos brinden a los interesados una visión general y una comprensión de los costos totales asociados con cada objetivo general. Por lo que, ágil no se trata solo de trabajar en el software y los modelos; también se trata de alinear a los científicos de datos con el resto de la organización. Por lo tanto, todo el proceso crea una mejor alineación entre los científicos de datos y las partes interesadas al crear líneas constantes de comunicación.

A veces, una desalineación puede interponerse entre ingenieros y científicos de datos cuando los científicos de datos siguen esperando implementaciones de modelos mientras los ingenieros se preguntan qué están haciendo los científicos con la investigación aplicada y el análisis de datos. En este escenario, el proceso agile cierra la brecha entre ambos equipos para crear

caminos más claros entre sus objetivos. La razón es que las metodologías ágiles hacen frente a realidades impredecibles de generar aplicaciones de análisis útiles a partir de los datos en bruto a escala.

En contraste con el desarrollo de software, los proyectos de ciencia de datos no se pueden prescribir o diseñar desde el principio, ya que es difícil conocer de antemano las técnicas y métodos más efectivos para el proyecto. En general, cada proyecto de ciencia de datos requiere que sigan diferentes caminos y prueben diferentes técnicas. Por lo tanto, estos proyectos afectados a ser iterativos requieren el complemento ágil para proyectos de ciencia de datos.

Las empresas líderes, con la incorporación de las metodologías ágiles, están construyendo plataformas de aprendizaje automático que dividen los datos de capacitación para volver a capacitarlos e implementarlos en modelos a través de API.

Actualmente en nuestra sociedad se presenta mucha información de distintas e infinitas maneras, pensamientos, emociones, gustos, tendencias, noticias y cientos más, dentro de esta información surge una problemática inicial de cómo se deriva la información más relevante o mejor dicho información de alta calidad a partir del texto, creando así la analítica de texto. Por lo

que, la información de alta calidad se obtiene al idear patrones y tendencias por medios estadísticos. La analítica de texto implica un análisis y adiciones de algunas características lingüísticas derivadas y la eliminación de otras adhiriéndolas a una base de datos, derivando ciertos patrones y con finalidad de evaluación e interpretación de resultados. El análisis de texto implica una recuperación de información de alta calidad para estudiar una distribución de cierta frecuencia de palabras, reconocimientos de patrones, etiquetados, vínculos, asociaciones, visualización y un análisis predictivo.

La analítica de texto es el descubrimiento de información nueva, previamente desconocida, mediante la extracción automática de información de diferentes recursos escritos [1].

Es el proceso de transformar datos de texto no estructurados en información significativa y procesable. La analítica de texto utiliza diferentes tecnologías de inteligencia artificial para procesar datos automáticamente y generar información valiosa, lo que permite a las empresas tomar decisiones basadas en datos. Para las empresas, la gran cantidad de datos que se generan todos los días representa tanto una oportunidad como un desafío. Los datos ayudan a las empresas a obtener información valiosa sobre las opiniones de las personas sobre un producto o servicio.

Se podría pensar en todas las ideas potenciales que podría obtener al analizar correos electrónicos, reseñas de productos, publicaciones en redes sociales, comentarios de los clientes, tickets de soporte, entre otros. Por otro lado, está el dilema de cómo procesar todos estos datos y allí es donde la analítica de texto juega un papel importante.

Las personas y las organizaciones generan toneladas de datos todos los días. Las estadísticas afirman que casi el 80% de los datos de texto existentes no están estructurados, lo que significa que no están organizados de una manera predefinida, no se pueden buscar y es casi imposible de administrar. En otras palabras, simplemente no es útil. Por lo que, ser capaz de organizar, categorizar y capturar información relevante a partir de datos sin procesar es una preocupación y un desafío importante para las empresas.

La Analítica de texto es fundamental para esta misión, en un contexto empresarial, los datos de texto no estructurados pueden incluir correos electrónicos, publicaciones en redes sociales, chats, tickets de soporte, encuestas, entre otros. La clasificación manual de todos estos tipos de información a menudo resulta en fallas. No solo porque requiere mucho tiempo y es costoso, sino también porque es inexacto e imposible de escalar. Desde lo cual, la analítica de texto viene demostrando ser una forma confiable y rentable de lograr precisión, escalabilidad y tiempos de respuesta rápidos

La analítica de texto ayuda a analizar grandes cantidades de datos sin procesar y a encontrar información relevante, la cual, combinada con el aprendizaje automático, puede crear modelos de análisis de texto que aprenden a clasificar o extraer información específica en función de la formación previa.

En tal sentido, la estructura del presente artículo, además de la introducción y las conclusiones, es la siguiente: Alcance y presentación, muestra la estructura del marco referencial MaTexEdu; Las disciplinas de recolección de fuentes, la ingeniería de rasgos y formulación del modelo junto a la definición de las actividades y sus artefactos finalmente, Conclusiones.

Alcance y Presentación

Diversas investigaciones confirman que la tecnología de aprendizaje automático es muy eficiente para predecir situaciones.

Esta técnica se aplica a través del aprendizaje de datos anteriores [4], [5]. El modelo desarrollado en este trabajo utiliza técnicas de aprendizaje automático y crea una nueva forma de ingeniería de datos y selección de características, para medir el rendimiento del modelo. Así mismo, fue preparado y probado a través del entorno Python 3.8 y sus librerías: matplotlib, pandas, pandasgui, spacy, sklearn, numpy, textblob, json y utilizando api's tweepy, facebook para las redes sociales respectivas y almacenamiento de datos en formatos csv, postgres con modelos date lake.

El proceso planteado denominado MaTexEdu, en cuya exposición se utilizará la notación SPEM 2 [2], muestra la estructura de solución al problema planteado. El mismo fue generado como un proceso que permita la generalización del Modelo Predictivo de análisis de sentimientos en diversos dominios y el objetivo final es obtener un modelo de Clasificador Base para la familia de aplicaciones análisis de sentimientos.

El símbolo denotado por  identifica la actividad afectada en la disciplina y  el artefacto generado. De manera que, se proponen y adaptan un conjunto de técnicas específicas para la definición de las principales actividades y artefactos [3]. A continuación, se presentan las disciplinas del proceso de Máquinas de aprendizaje MaTexEdu. En proceso general planteado para la minería de texto se distinguen 3 disciplinas principales: Recolección de fuente, Ingeniería de rasgos y formulación del modelo (ver figura 1).

Análisis de Fuentes

En la recolección de fuente para realizar este proceso, la presente propuesta comprende 4 actividades en su primera disciplina de recolección de fuentes y está compuesto por las actividades: recolección inicial de texto, descripción de texto, detección del lenguaje y verificación de calidad de los textos (ver figura 2).

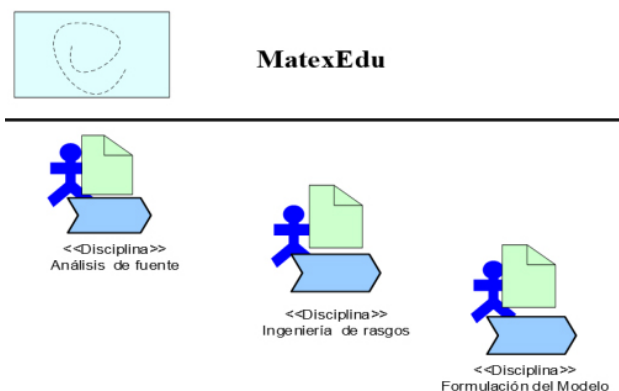


Figura 1

Disciplinas MaTexEdu

La fase de Recopilación inicial de texto es fundamental para el desarrollo del análisis del texto, ya que en esta etapa se precisa un conjunto de información que aún no ha sido procesada con el fin de obtener información de alta calidad. Al tener un conjunto de información la fase de descripción de texto no identifica la información como tal. En ella se deben recopilar los datos para su análisis. Por ejemplo, analizar los Twitter de la Universidad Central en su cuenta oficial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

El detector del lenguaje identifica el idioma de la información indicándonos el porcentaje de lenguaje con una tasa asociada. Por ejemplo, si el idioma es español, se identificará con un 100 la tasa española, verificando la calidad garantizada del texto. En la verificación de la calidad de los textos se Identifican las propiedades de calidad que deben ser garantizadas para su uso y con relación establecida.

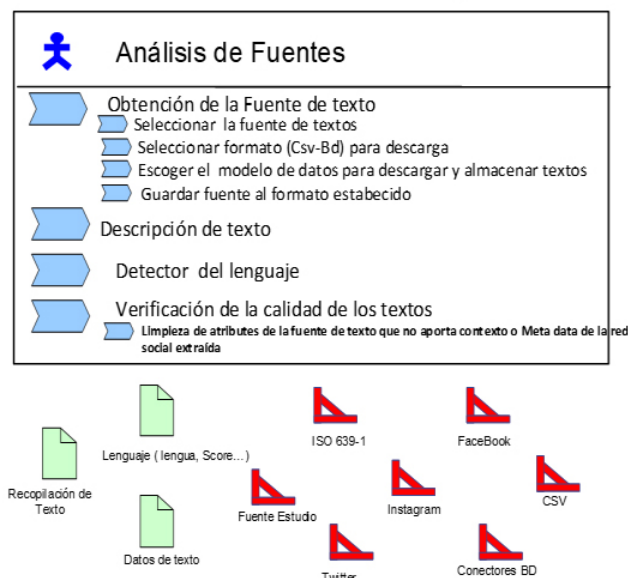


Figura 2

Análisis de fuentes, MaTexEdu

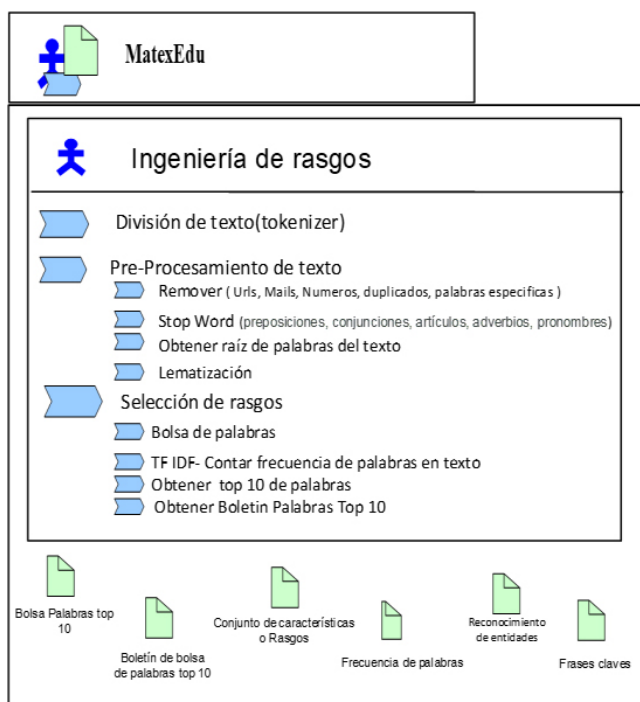


Figura 3

Ingeniería de Rasgos, MaTexEdu.

Ingeniería de rasgos

En el modelo MaTextEdu, la ingeniería de rasgos se especializa en todas las actividades que involucren las filtraciones del texto, los datos que deben ser limpiados y estructurados de tal manera que esta información sea de una mayor calidad para poder ser usada en las siguientes actividades, esta información será de utilidad para identificar, patrones, tendencias, pensamientos, entre otros. El preprocesamiento incluye el eliminar todas las partes del texto innecesarias como, por ejemplo, se pueden eliminar palabras como "Y", "pero", "es" y "la". Para poder extraer las características del texto, se requiere aplicar una serie de técnicas de preprocesamiento de texto, las cuales van a facilitar la tarea de la estructuración. Las fases principales de la disciplina

de Ingeniería de rasgos constan de 3 actividades principales: División de texto, Preprocesamiento de texto y Selección de rasgos, mostrados en la figura 3.

Tokenization

Es la división de una cadena de caracteres en bruto en elementos de interés. A menudo, estos elementos son palabras, pero es posible que también se mantengan los números o puntuación.

Preprocesamiento de texto

Remove: Remueve palabras no innecesarias para la información de alta calidad. Remueve URLs, Mails, palabras duplicadas, números y palabras específicas.

Stop Words: eliminación de palabras vacías. Se trata de palabras que no aportan nada al análisis o estudio del texto, son por ejemplo conjunciones o preposiciones.

Inicialmente, el proceso busca reducir las palabras a un lema o raíz. La técnica de lematización es la derivación. Desde la cual, se obtiene el "lema", que es una palabra raíz. Finalmente, después de la lematización, se obtiene una palabra válida que significa lo mismo en el contexto.

Selección de rasgos

En este subproceso inicial, se utiliza el procesado del lenguaje para representar documentos ignorando el orden de las palabras. El artefacto "bolsa de palabras" (Bag of Words) donde cada documento parece una bolsa que contiene algunas palabras. Por lo tanto, este método permite un modelado de las palabras basado en diccionarios, donde cada bolsa contiene unas cuantas palabras del diccionario.

Así mismo, la frecuencia (TF-IDF) en la que se repite un determinado termino de dicho documento. Seguidamente, la incrustación de palabras (Word embedding) es el nombre de un conjunto de lenguajes de modelado y técnicas de aprendizaje en procesamiento del lenguaje natural (PLN) en dónde las palabras o frases del lenguaje natural son representadas como vectores de números reales.

Asimismo, está presente el método para obtener el top 10 o las más frecuentes palabras repetidas en bolsa de palabras. Finalmente, el boletín de palabras cuyo método es utilizado para generar las palabras frecuentemente usadas y generadas en su contexto de uso.

Formulación del Modelo

En sus actividades, el modelo MaTexEdu en su fase de análisis de sentimientos mostrada en la figura 4, usa la plataforma, de código abierto, para construir programas en Python con NLTK (Natural Language Toolkit) que trabajan con datos del lenguaje humano. En dicha plataforma se proveen librerías que permiten interfaces para más de 50 corpora y recursos léxicos. Las librerías permiten procesamiento de texto para clasificación, tokenización, stemming, tagging, parseo y razonamiento semántico, además de librerías robustas para NLP (Natural Language Processing).

Mediante estos elementos de software se permite categorizar textos, analizar estructuras lingüísticas y más. NLTK incorpora librerías para análisis de sentimientos en español, por lo que se pueden usar dos técnicas para el desarrollo de los análisis: usar aplicación para español o traducir texto a inglés y analizarlo con aplicación en inglés para estos propósitos. Por otro lado, se puede utilizar Vader [6] con NLTK, el cual es una herramienta de análisis para sentimientos, desarrollada y especialmente diseñada para analizar sentimientos expresados en redes sociales o textos de

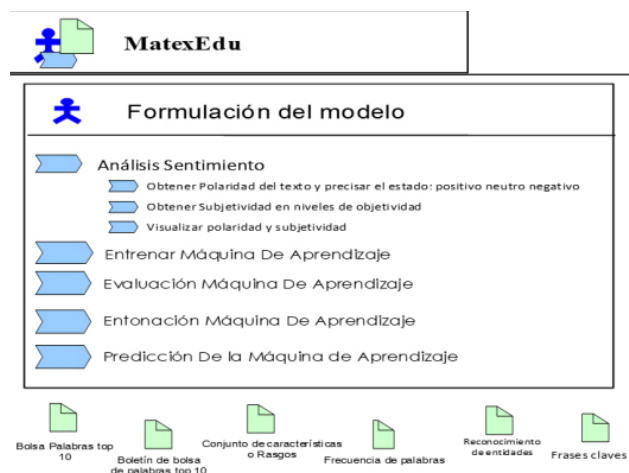


Figura 4

Formulación de modelos, MaTexEdu.

otros dominios. Por ejemplo, si las observaciones son palabras recopiladas en documentos, postula que cada documento es una mezcla de un pequeño número de temas y que la presencia de cada palabra es atribuible a uno de los temas del documento.

Enfoque de máquinas de aprendizaje

Mediante esta vía de análisis de texto de manera automática, en modo supervisado o no supervisada, la primera se basa en conjuntos de entrenamiento, los cuales serán usados para catalogar el resto de las opiniones encontradas en la fuente utilizada, realizando pruebas y luego validándolas. Las principales técnicas de este método son: Support Vector Machines (SVMs), Redes Neuronales, Naive Bayes, Redes Bayesianas, y clasificadores de Máxima Entropía, entre otras.

De esta manera, se utiliza la categoría gramatical de las palabras, la presencia y frecuencia de algunos términos y su composición semántica.

La mayoría de estos métodos, sin embargo, van acompañados de algún diccionario que entrega información a priori de los términos para obtener las polaridades respectivas. En algunos casos, estos diccionarios son realizados por personas y en otros se ocupa un sistema semiautomático.

Entrenar Máquina de Aprendizaje

Para entrenar el modelo de la máquina de aprendizaje, se debe especificar la fuente de datos de entrenamiento de entrada, nombre del atributo de datos que contiene el objetivo a predecir, instrucciones de transformación de datos requeridas y parámetros de entrenamiento para controlar el algoritmo de aprendizaje. Durante el proceso planteado, en la disciplina previa se selecciona el algoritmo de aprendizaje correcto según el tipo de objetivo que se especifica en la fuente de datos de entrenamiento.

Evaluación Máquina de Aprendizaje

Para medir el rendimiento del modelo propuesto se observa la tasa de error cometido por el mismo, es decir, se calcula el porcentaje de casos clasificados de forma incorrecta sobre el conjunto de datos que componen la muestra total.

Se procede a utilizar los grupos de datos, generadas en las etapas previas, las muestras de entrenamiento y predicción. Por lo que, los datos de entrenamiento son utilizados para descubrir relaciones potencialmente predictivas y patrones escondidos en los datos, mientras que los datos de predicción serán utilizados para evaluar la potencia y la utilidad de la predicción.

Entonación Máquina de Aprendizaje

Esta actividad permite ajustar los parámetros del modelo para mejorar las predicciones y precisión, buscando obtener la tasa de error esperada. Por lo que, se plantea retornar a la fase de entrenamiento haciendo antes una nueva configuración de parámetros del modelo. Así mismo, permite desarrollar acciones para tal fin, por ejemplo:

- Incrementar la cantidad de veces que iteramos los datos de entrenamiento.
- Calcular la tasa de aprendizaje y hacer ajustes en los datos.

Es importante mencionar que cada algoritmo de clasificación tiene sus propios parámetros a ser ajustados. Por lo que, este será un trabajo de gran esfuerzo y paciencia para dar con buenos resultados.

Predicción de la Máquina de Aprendizaje

En esta actividad se utilizará la máquina de aprendizaje automática con nueva información para iniciar la predicción o inferir resultados.

Conclusiones

En el presente trabajo se ha propuesto un proceso denominado MaTexEdu, en él mismo se proponen y adaptan un conjunto de técnicas específicas para la definición de las principales actividades y artefactos, utilizando la ingeniería del dominio en sus disciplinas de análisis, diseño e implementación para ambientes educativos, con fin de obtener una máquina de aprendizaje para el análisis de sentimientos, que permitirá inferir potenciales criterios para ser extrapolados a otros dominios de aplicación.

Es importante destacar que las aplicaciones del procesamiento del lenguaje natural permiten integrar todo el poder comunicativo del habla humana con las capacidades de procesamiento de los sistemas informáticos. Por lo que, la minería de textos es una gran ayuda para las empresas y personas para ser más productivas, a comprender mejor a sus clientes y a utilizar conocimientos para tomar decisiones basadas en datos.

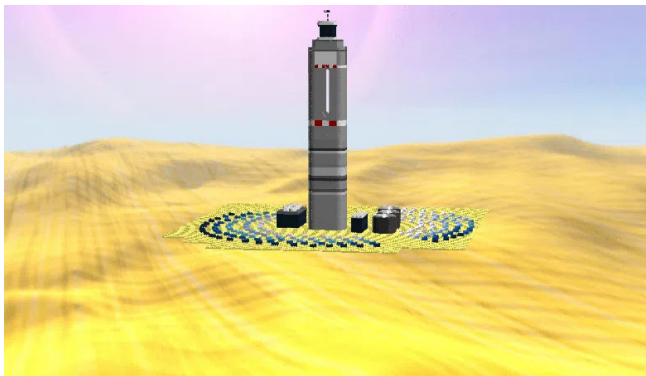
Muchas tareas repetitivas y que consumen mucho tiempo ahora se pueden reemplazar por algoritmos que aprenden de los ejemplos para lograr resultados más rápidos y altamente precisos. Desde donde, las posibilidades de analizar grandes conjuntos de datos y utilizar diferentes técnicas, conduce a observaciones esclarecedoras sobre lo que los clientes piensan y sienten sobre un producto. Así mismo, es interesante establecer posibles mecanismos de integración de la máquina de aprendizaje obtenida, con la plataforma de aplicaciones de la universidad.

Referencias

- [1] Hearst, M., Tory, M., and Setlur, V. Toward Interface Defaults for Vague Modifiers in Natural Language Interfaces for Visual Analysis, IEEE Vis2019, Short Papers, Vancouver, 2019.
- [2] Software & Systems Process Engineering Metamodel 2.0
- [3] R. Canelón. InDoCaS: A process for domain engineering in software production lines with a quality approach. IEEE 2019, CHILECON 2019, Santiago de Chile.
- [4] Tomás Baviera, "Técnicas para el Análisis del Sentimiento en Twitter: Aprendizaje Automático Supervisado y SentiStrength". Revista DÍGITOS N° 3, ISSN: 2444-0132 (2017), pp. 33/50.
- [5] Abdelrahim Kasem Ahmad, Assef Jafar and Kadan Aljoumaa. Customer análisis de sentimientos prediction in telecom using máquinas de aprendizaje in big data platform. J Big Data (2019) 6:28. <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0191-6> Springer open
- [6] Valence Aware Dictionary and Entiment Reasoner. MIT por C.J. Hutto y Eric Gilbert. 2014.

Estudiantes de Ingeniería Civil Industrial concursan en Lego Ideas

La instancia incentiva en los participantes la creatividad y pone en práctica herramientas y conceptos aprendidos en clases como el diseño de producto, estrategias de marketing e innovación.



Seis son los proyectos de estudiantes centralinos que cursan la asignatura de Dirección de Operaciones II, de la carrera Ingeniería Civil Industrial, los cuales fueron presentados ante la multinacional de juguetes armables Lego, en el Concurso de Desarrollo de Productos e Ideas, el cual tiene como objetivo diseñar soluciones nunca antes creadas, utilizando modelos hechos con los icónicos y coloridos bloques de construcción.

Las propuestas presentadas por las y los estudiantes de la UCEN son: Astronauta 2D de Carolina Macaya; Plaza Italia, de Bastián Cáceres; Solar Power Tower, de Job Romero; Flower Clock de José Acosta; Lego Piggy Bank, de Dafne Sagredo y Concert for Our Blink, de Valeska Pérez junto a Pascale Santibáñez y Bryan Vega.

“Se trata de un concurso para poder crear lo que uno siempre quiso realizar con Lego y que no esté creado, además si se logra recaudar los 10.000 supporters, Lego puede llegar a implementarlo con sus piezas”, explicó Pérez coautora del proyecto Concert for Our Blink, el cual describe como “un modelo innovador, ya que nunca se ha realizado algo semejante en Lego además de que va dirigido especialmente a las personas que les gusta el K-Pop. Además, es interesante poder crear lo que uno quiere y que las demás personas apoyen tu idea”.

En tanto, Romero señaló que esta instancia que Lego pone a disposición brinda la posibilidad de crear y diseñar una idea innovadora que logre ser comercial. En ese sentido, el objetivo del concurso “es despertar interés a los más jóvenes sobre soluciones para el gran desafío del desarrollo sostenible y amigable de las generaciones futuras”.

A propósito de aquello, Romero asegura que su proyecto presenta una tecnología energética similar al gran proyecto emblemático de Cerro Dominador (Concentración Solar de Potencia) de una manera entretenida y didáctica: “es una de las fórmulas que se me ocurre para lograr difundir y educar sobre estas nuevas tecnologías en nuestro país y el mundo. El modelo es de 488 piezas y está pensado para montarse entre 3 y 5 horas” reveló.

El desafío al que se enfrentan todos los concursantes es de contar con apoyo de seguidores a través de la plataforma que brinda Lego, de modo que sus ideas puedan ser implementadas por la reconocida marca de juguetes.

UCEN presentó las IV Jornadas Chilenas de la Construcción con exitosa convocatoria online

A través de la popular plataforma de streaming YouTube, la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central presentó la cuarta versión del tradicional evento bienal que ha marcado hito desde 2014 en el sector de la construcción y que en esta oportunidad se estrenó a través de vías online.



Como espacio para la discusión de tendencias tecnológicas, metodológicas y de proceso, considerando las variables asociadas al actual contexto establecido por la pandemia del Covid 19, se llevó a cabo la cuarta versión de las Jornadas Chilenas de la Construcción, con una intensa agenda que partió a las 9:00 horas y se extendió hasta las 18:30 horas del pasado miércoles 11 de noviembre.

Presidido por el rector Santiago González, se inauguró la actividad con una participación de más de 120 personas conectadas a la transmisión. En sus palabras, manifestó su complacencia con la instancia y agradeció el compromiso de los colaboradores para la consecución del evento.

"Hoy nuestro país tiene grandes desafíos en construcción, tanto en el área habitacional, industrial como en obras públicas, especialmente ahora que enfrentamos dificultades económicas producto de la pandemia del Covid 19. La construcción representará una de las actividades de mayor crecimiento en los próximos años y sin duda constituirá un pilar fundamental de la recuperación" expresó la máxima autoridad universitaria de la UCEN.

En tanto, Christian Nicolai, decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, se sumó a los agradecimientos del rector y el reconocimiento al equipo UCEN por los esfuerzos de llevar a cabo por primera vez el evento de forma remota; asimismo, señaló en el contexto principal de la instancia que "hay una nueva variable que debemos considerar y es cómo nos afecta la pandemia en la calidad de vida y cómo introducimos aquello en lo que viene hacia adelante en la construcción, sumado a lo que son tendencias globales de sostenibilidad en el sector".

La conferencia inaugural estuvo a cargo de Erwin Navarrete, jefe de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (DITEC) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, quien abordó los desafíos post pandemia, hacia la mirada de avance a la reactivación en la construcción, donde entre otras cosas explicó la importancia de impulsar una agenda que promueva la construcción en madera en Chile "actualmente estamos en un 17% a nivel nacional de construcción en madera y a 2025 la meta es 20%; al 2035 quere-

mos tener un 30%. Y esto no solamente en el ámbito de construcción de viviendas subsidiadas, sino políticas públicas para todos, tanto en lo público como privado".

El resto de los temas desarrollados por el panel de expertos invitados a lo largo del programa, abarcaron desde la sustentabilidad y economía circular en construcción, pasando por materiales, técnicas constructivas, construcción en tiempos de pandemia e infraestructura civil; hasta llegar a eficiencia en la construcción (Construcción 4.0, Lean Construction, Industrialización, BIM). Además, hubo espacios para la difusión de proyectos de investigación relacionados a la materia.

El cierre de la actividad fue por cuenta de Juan Carlos Cuchacovich, director de las carreras Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción de la UCEN, quien presentó una ponencia acerca de las oportunidades y dificultades para implementar normas operativas de aguas grises en Chile. Luego de su presentación, el director agradeció al resto de conferencistas invitados, a los patrocinantes, autoridades y equipo organizador, especialmente a Héctor Hernández, académico y coordinador ejecutivo del evento.

En general, la instancia resultó con una nutrida convocatoria en todos los bloques temáticos desarrollados, lo que redundó no sólo en un espacio para compartir conocimiento, sino que además contribuyó con el fortalecimiento del networking en la industria.



Presentación
Youtube



ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS DURANTE EL COVID-19

Laboratorios de física en la virtualidad; fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

• Nelson Sepúlveda

Doctor en Ciencias con Mención en Física



Las actividades experimentales son parte fundamental, de las cátedras de ciencias básicas para ingeniería, es parte de los aspectos esenciales en los programas de estos cursos, particularmente en los cursos de Química y Física para ingeniería. Las actividades prácticas sientan las bases en la formación profesional de los futuros ingenieros [1, 2, 3, 4]. Actualmente, estamos en una ventana sanitaria-histórica muy compleja como para realizar actividades presenciales, existe cuarentena a nivel mundial por la pandemia debido al COVID-19, y obligatoriamente la reformulación de los procesos enseñanza-aprendizaje se han vuelto remotos y virtuales, incluyendo los distintos niveles de aprendizaje, y por supuesto todas las cátedras universitarias, y entre ellas están las carreras de ingeniería. Entonces ha surgido el problema sobre la transformación de las actividades experimentales presenciales, y como se pueden llevar a cabo, desde actividades experimentales desarrolladas en laboratorios remotos [5] y laboratorios virtuales [6], de tal manera que las y los estudiantes puedan realizar, con los elementos que cuentan en los lugares donde están en cuarentena, mediciones mediante software de descarga o aplicaciones, y también por medio de simulaciones [7, 8, 9, 10, 11, 12].

La implementación de laboratorios experimentales virtuales, también aborda las diversas realidades en el contexto de encierro. Al ser asincrónicas y poder realizarse en cualquier momento, con los elementos que se dispongan permite diversificar los resultados, enriqueciendo las discusiones, y generando apertura a las propias realidades de cada estudiante.

El trabajo en implementar laboratorios virtuales, se dividieron en tres grupos:

- Análisis de datos
- Experimentos en casa
- Simulaciones y/o animaciones

Análisis de datos

Cuando hablamos de datos, nos referimos al desarrollo de la experiencia por parte del profesor, y la entrega guiada de los datos adquiridos. En las mejores experiencias, el o la profesora grabó un video realizando la experiencia y obteniendo los datos, y se los compartió por youtube, en otras se grabó extemporáneamente, pero con un video de mejor calidad pedagógica (introducción, aspectos relevantes pero muy conciso). Y en otras, el o la profesora realizó la experiencia y fue registrando con imágenes

los datos, estos se dejaban en la nube (Google Drive, OneDrive o Dropbox) y se compartía el link junto con la guía de la experiencia para la descarga. De tal manera que incluso se trabajó con el error instrumental, y el error del observador al registrar las medidas.

Experimentos en casa

Los experimentos en casa, resultaron ser quizás uno de los más valorados, el cuidado radica en formular la experiencia de tal manera, que tenga de guía la competencia que se busca desarrollar, y lograr realizarla con elementos que se dispongan en el encierro que significa la pandemia durante el 2020. Entre los experimentos de física en casa, destacan las experiencias de:

- Obtener el coeficiente de roce entre superficies
- Medir la velocidad de la luz con un microondas
- Determinar el índice de refracción de un fluido líquido
- Obtener la curva de enfriamiento de Newton

Experiencias que necesitan ser cuidadosamente electas, para poder desarrollarlas por los estudiantes y cumplir los objetivos experimentales.

Simulaciones y/o animaciones

El caso de las simulaciones tiene una dependencia directa con la conectividad, aun así, estas se han realizado de tal manera de utilizar una cantidad de recursos computacionales mínimos, que permita poder implementar la actividad en Tablet, celular o computador indistintamente. Entre las simulaciones de mayor uso a nivel mundial, destacan las Phet de la Universidad de Colorado, las cuales permiten trabajar tópicos de Matemáticas, Ciencias de la Tierra, Biología, Química y Física, sin necesidad de estar conectado permanentemente para realizar las tareas y mediciones [7, 8, 9, 10].



Figura 1

Imagen de la página web de las simulaciones Phet
<https://phet.colorado.edu/es/>

Hasta fines del año 2019, previo al estallido social, se utilizaban estas experiencias como complementarias, o como proyectos de innovación docente, el alcance era local en las instituciones. Con la pandemia, en un primer momento algunas instituciones reaccionaron e implementaron actividades, otras esperaron el volver a la “normalidad”, pero esa normalidad es la que nunca volvió.

Al mirar a fines del 2020 y ver los esfuerzos pedagógicos hacia atrás, se ve una montaña muy alta, que no con menor esfuerzo logramos cruzar, hay que tratar de mirar con humildad los pequeños aciertos, y los grandes errores que nos puedan entregar algunas modestas claves para el 2021.

En conversaciones y entrevistas con profesores universitarios de ciencias básicas, al hablar de la implementación de laboratorios remotos y/o virtuales, desde sus perspectivas y desde su visión del trabajo con estudiantes durante los dos semestres del año 2020, podemos ver esos aciertos y errores desde un punto de vista de la matriz FODA.

FORTALEZAS
• Se pueden desarrollar en cualquier lugar • Continuidad del proceso curricular • Críticos en recopilar información • Rubrica única normalización de evaluaciones
OPORTUNIDADES
• Asincrónicos • La clase queda en línea • Aprendizaje autónomo • Uso de plataformas para reuniones • Uso de recursos muy diversos • Física de lo cotidiano • Incentivar la investigación
DEBILIDADES
• Mucho tiempo de preparación • Asumir que todos poseen condiciones mínimas • Retroalimentación de los estudiantes
AMENAZAS
• Pérdida de trazabilidad del desarrollo de los estudiantes • Conectividad profesor(a) o estudiante • Correcta realización de la actividad • Rechazo a aprender o enseñar virtualmente • Motivación por las actividades

Tabla 1. FODA laboratorios virtuales de física durante el 2020, elaboración propia.

Las visiones de las profesoras y profesores tienen miradas comunes con las que se obtiene al encuestar a estudiantes, esto ya nos muestra un fotografía con aciertos y errores de lo que podemos reformular desde ahora, en adelante.

Conclusiones

La realidad virtual en la cual nos encontramos, probablemente nos tendrá con el máximo cuidado hasta bastante después que se descubra una vacuna. En ese contexto es que se deben considerar los aciertos y errores, para por un lado evitar el contagio y por otro intentar salvaguardar los procesos académicos. Los laboratorios virtuales representan un apoyo complementario en actividades presenciales, y un imprescindible en confinamiento por cuarentena, se debe tener extremo cuidado en la formulación de las actividades para que cumplan los objetivos que persiguen. Se propone la búsqueda de la colaboración por sobre la competencia, ello también colabora en el sentido de realidad multidisciplinar que muchas veces tienen las actividades.

Es muy difícil entender lo que sucede detrás del computador, entre los actores principales del proceso enseñanza aprendizaje, por lo cual la empatía debe ser el motor de nuestra nueva realidad.

Los laboratorios virtuales, son valorados por la mayor parte de los actores involucrados, las evaluaciones deben ser uniformes, debe existir una rubrica común de base en las evaluaciones para no obtener criterios disímiles.

Se recomienda presentar las actividades sin asistencia obligatoria, esto deja en igualdad de condiciones a quienes se logran conectar como a quienes no, dejar una semana de retroalimentación y culminar con la entrega del informe. Así promover el trabajo autónomo de los equipos.

También se permite el incentivar los filtros en la búsqueda de la información, formando a las y los estudiantes más críticos respecto a Fake News, e incentivando el trabajo con documentos formales, como papers, o documentos oficiales de alguna entidad.

Agradecimientos

Quiero agradecer el sentido humano y profesional de los profesores de física y química de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile, con quienes fue posible implementar laboratorios virtuales, particularmente a Enrique Kritznner, Jaime Carrasco y Jorge Concha.

Referencias

- [1] Hoffa D. et al. The Impact of Laboratory Report Format on Student Learning. Int. J. Engng Ed. 23, No. 1, 2007, pp. 105-113. ISSN 0949-149X/91.
- [2] Wiebe E. et al. Supporting Lab Report Writing in an Introductory Materials Engineering Lab. ASEE Annual Conference & Exposition. Vancouver, Canada. (2011).
- [3] Long J. et al. Physics Practicals for Distance Education in an Undergraduate Engineering Course. ASEE Conference, Melbourne, Australia. (2012).
- [4] Cox A. et al. Enhanced Student Learning in the Introductory Physics Laboratory. J. Phys Ed., 31 (1), (2002).
- [5] Carnevali G. et al. A virtual Laboratory Environment for Real-Time Experiments. IFAC, 36 (12), 2003, pp31-36.
- [6] Kawabata, S. et al. Virtual laboratory work of physics. Information Technology Based Proceedings of the Fifth International Conference on Higher Education and Training. ITHET 2004., Istanbul, Turkey, 2004, pp. 477-480, doi: 10.1109/ITHET.2004.1358220.
- [7] Yuliaty, L. et al. Problem Solving Skills on Direct Current Electricity through Inquiry-Based Learning with PhET Simulations. International Journal of Instruction, 11(4), 2018, pp. 123-138. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1149a>
- [8] Adams, W. K. Student Engagement and Learning with PhET Interactive Simulations. Proceedings of Multimedia in Physics Teaching and Learning. (2009).
- [9] Perkins K. et al. PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. Phys. Teach. 44, 12, 2006.
- [10] Wieman, C. et al. Teaching Physics using PhET Simulations. Phys. Teach., 48(4), 2010, 225.
- [11] Hai-Jew S. Accessible Elements: Teaching Science Online and at a Distance Dietmar Kennepohl and Lawton Shaw. Eds, American Journal of Distance Education, 24:4, 2010, pp. 234-237, DOI: 10.1080/08923647.2010.519944.
- [12] Sari Ay, O. et al. Effects of virtual experiments-oriented science instruction on students' achievement and attitude. Elementary Educ. Online 14(2), 2015, pp. 609-620.

EL BESKAR DE THE MANDALORIAN VS EL VIBRANIUM DEL CAPITÁN AMÉRICA

LOS MATERIALES MÁS RESISTENTES DEL UNIVERSO REAL COMPARADOS CON LOS MÁS RESISTENTES DEL UNIVERSO FICTICIO



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

• *Alejandro Riveros*
Doctor en Ciencias con mención Física

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

El concepto de héroe corresponde a un personaje sobresaliente que encarna la esencia de los rasgos más valorados en su cultura de origen, esto viene definido desde la antigua Grecia. Por lo general un héroe posee habilidades y rasgos de personalidad idealizados que lo facultan para realizar proezas extraordinarias y beneficiosas, como por ejemplo salvar a personas en peligro. Según Aristóteles los héroes deben ser superiores tanto física como moralmente al resto de los hombres. En la narrativa mitológica los héroes tienen un origen casi siempre extraordinario, son invulnerables y poseen ciertos rasgos divinos (semi-dioses) que les permite tener el control o dominar las fuerzas de la naturaleza. Esta visión tan poco realista de un héroe fue reemplazada, más bien complementada por las visiones comiqueras del siglo XX, por lo que el rol del héroe podía recaer en humanos que tuvieran alguna habilidad especial específica o acceso a tecnología o algún tipo de arma particular. Es por esta razón que la aparición de héroes/heroínas que basan su fortaleza en un artefacto, como una armadura o un arma, se hizo más común y eso se hace explícito en personajes como: Iron Man, Batman o Black Knight, entre otros.

Un héroe, dentro de todo lo que necesita tener, necesita una buena defensa. A menos que tu cuerpo de superhéroe sea resistente como el acero (el cual es el caso de Superman), necesitarás una armadura o escudo que te proteja. Ahora, puedes elegir el diseño y la funcionalidad que mejor te parezca, pero la elección debe partir por el material. A veces, tener un buen material para empezar a construir una armadura puede ser el primer paso que te transforme en superhéroe. De hecho en el mundo real, si queremos construir un reloj, un automóvil o hasta una planta nuclear, necesitamos elegir los materiales. Entonces, dependiendo del universo cinematográfico en el que nos encontremos, podemos analizar la elección de materiales para los distintos superhéroes. Esta vez nos queremos centrar en un nuevo material que ha aparecido en la serie de The Mandalorian, el cual se conoce como Beskar. El Beskar, se sabe que es una aleación (hasta ahora no sabemos de que materiales) que tiene una alta resistencia a los daños, es de color plata y tiene unas vetas onduladas más oscuras. Es tan poderoso que puede resistir un disparo de una pistola láser del Universo de Star Wars, e incluso puede resistir un ataque de un sable de luz, una de las armas más poderosas de la famosa saga. Pero si existe un material tan resistente ¿Cómo podríamos moldearlo?. Esta respuesta siempre se da en los Universos cinematográficos, por medio de un arma superpotente o tecnologías muy avanzadas. Vemos, en The Mandalorian Temporada 1, Episodio 1 (y luego nuevamente en el Episodio 4), que se forjan algunos beskar colocándolos sobre una placa de cerámica o metal negro que se coloca sobre una serie de quemadores de llama azul. Luego presionan un botón que hace que el metal se derrita en un líquido que luego se vierte en un molde. No está realmente claro lo que se está haciendo al presionar el botón, posiblemente se pasa una corriente a través del metal, creando algún tipo de campo de inducción (o, de manera más mundana, tal vez solo subiendo un poco los quemadores), esperamos que se deleve en un futuro. Es parecido a lo que pasa en The Avengers cuando se moldea el "Rompetormentas", el hacha de Thor, con el poder de una estrella moribunda. Entonces ya tenemos el material, y ya sabemos como poder moldear este material. Es muy parecido a como se trabaja un material en el mundo real.

Aunque aún no se haya revelado algún artefacto que pueda destruir al Beskar, su portador no es indestructible, existe una súper arma (Generador de Pulsos ARC) diseñada por Sabine Wren, durante su tiempo en la Academia Imperial en Mandalore, creada para destruir al portador del Beskar. En efecto el pulso es atraído

por la armadura mandaloriana desintegrando en instantes a su portador. Por lo tanto, el Beskar además de ser un material extremadamente duro y resistente presenta también propiedades electromagnéticas, que permite atraer el rayo del generador de Pulso ARC.

Si pensamos en un material real conocido como "duro", como el diamante, (el titanio, que puede ser lo más parecido al Beskar), no tenemos máquinas que lo puedan moldear. El diamante para darle forma es necesario cortarlo, ya que los materiales duros son frágiles ante un golpe en una dirección específica. Un material "duro" como el diamante no se va a deformar, como un material "plástico" como un chicle, o como un material "elástico" como una banda de goma. Sabemos que el diamante se produjo en la formación de la tierra bajo condiciones de presión y temperatura muy difíciles de alcanzar, y se dice tal cual "difíciles", porque ya no es imposible alcanzar esas condiciones. En efecto, hoy en día se pueden sintetizar diamantes en máquinas especiales. Incluso se puede hacer síntesis de nanodiamantes, los cuales se pueden crecer y aumentar su tamaño. Esto último es posible debido a que el diamante está compuesto por átomos de carbón. Si, así es, si no es por este ordenamiento especial de los átomos de carbón en redes hexagonales, el diamante no se distinguiría de un trozo de carbón para hacer fuego, o de la mina de un lápiz grafito (que ambos tiene un ordenamiento amorfo de los átomos de carbón).



Analicemos ahora otro material del Universo cinematográfico; el vibranium. Este material del universo de Marvel es un material que se obtiene en el reino de Wakanda, y se utiliza para desarrollar avances tecnológicos, armaduras y armas con la resistencia más alta. Por ejemplo la armadura de Pantera Negra y el escudo del Capitán América están hechos de esta aleación super resistente. Este último fue diseñado por el padre de Tony Stark, más conocido como Iron Man. En cuanto a funcionalidad y avances en el Universo ficticio, podríamos decir que el Vibranium le ganaría a la aleación mandaloriana. Sin embargo, aunque el Vibranium es extremadamente resistente a las balas, el Beskar pudo aguantar los ataques de un Sable de Luz. Por tanto, bajo esta comparación el Beskar resistiría más el calor que el Vibranium. Además, el escudo del Capitán América hecho de Vibranium sucumbió frente a la espada de doble filo de Thanos, tal como fue develado en el clímax de la película "End Game". Aún es un misterio la composición de esta super arma de Thanos, podría tratarse de Uru del planeta Nidavellir o de Adamantium material que compone el esqueleto de Wolverine, lo que sugeriría que estas 2 aleaciones serían más resistentes que el Vibranium. Aun así, una propiedad interesante que caracteriza al Vibranium es que genera vibraciones para disipar la energía de los impactos que reciba. Su nombre no es una casualidad, y es que los átomos en un material no están constantemente quietos, y pueden generar vibraciones; estas vibraciones ayudan a disipar las energías que les pueda provocar un golpe. En efecto en un sólido, como por ejemplo el Vibranium, los átomos se encuentran en posiciones de equilibrio caracterizado por la estructura atómica del material. Frente a las perturbaciones externas como por ejemplo un cambio de temperatura debido a un impacto en el sólido, los átomos vibran oscilando en torno de sus posiciones de equilibrio, el conjunto de vibraciones se propaga a lo largo del material en cúmulos de energía, a estos cúmulos de energía que se propagan con la vibración de los átomos de los sólidos se conocen como fonones, análogos a los fotones que son paquetes de energía que se propagan con la luz. Por lo tanto, mientras el escudo del Capitán América vibra para absorber la energía de un impacto, a nivel de la composición atómica del vibranium se propagan fonones por el escudo, tal como se propagan los fotones en la luz. Como el sólido está formado por redes cristali-

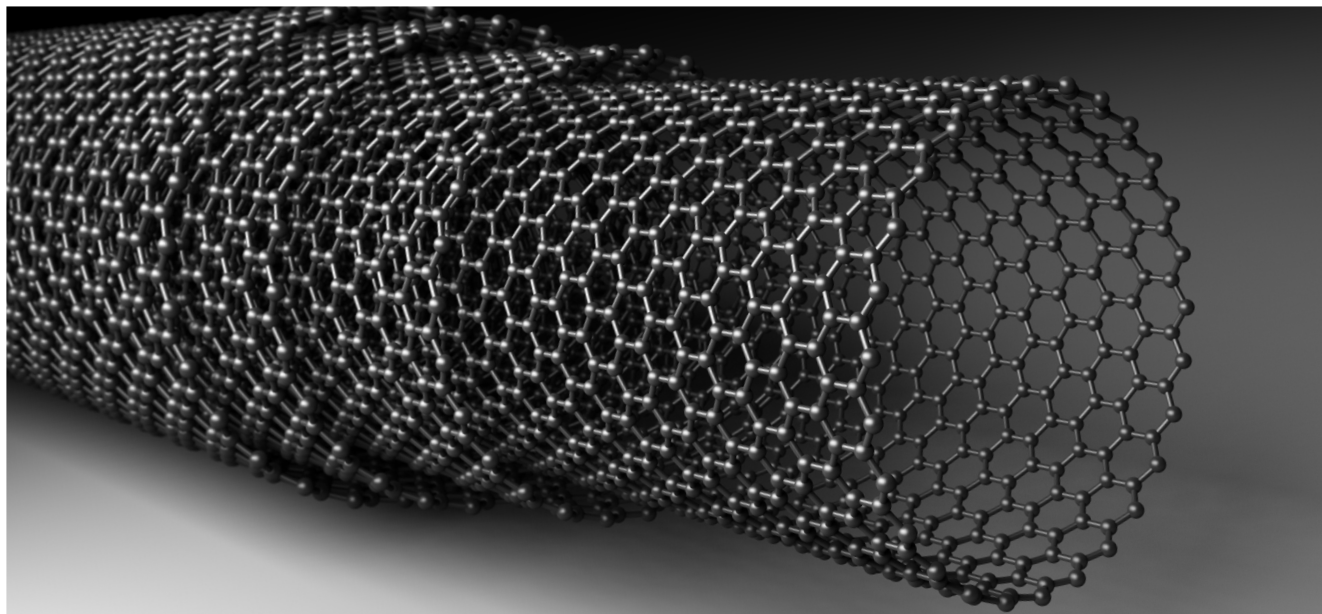


Figura 2

Grafeno

nas, donde los átomos no están todos juntos, están separados aunque por distancias muy chicas (del orden de angstrom) son distancias distintas de cero generando una red discreta (y no continua), determinando de esta manera un límite en la frecuencia o en longitud de onda de estas oscilaciones. Esta frecuencia límite o de corte se conoce como la frecuencia Debye. En otras palabras, existe un máximo valor permitido para la frecuencia de los fonones debido a la estructura discreta de la red cristalina del sólido. Además, si la frecuencia sobrepasa este límite no habrían excitaciones y desaparecerían los fonones. **Estas vibraciones explicadas anteriormente, son muy especiales en el Vibranium, lo que lo hace altamente resistente.** Esta propiedad se relaciona con otra propiedad en una escala más macro, conocida como el módulo de Young. El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Por ejemplo para el diamante el módulo de Young es aproximadamente 500.000 MPa, mientras que para el grafeno es aproximadamente el doble. Por lo tanto el módulo de Young del vibranium debiera ser aún mucho mayor.

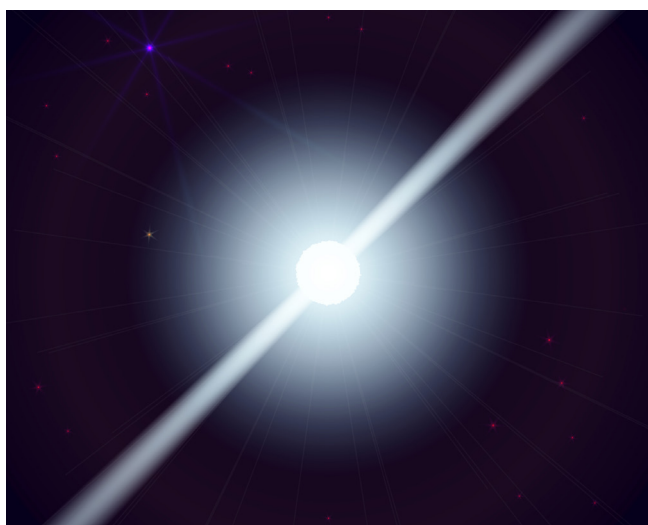


Figura 1

Estrella de neutrones

Saliendo de la ciencia ficción, del Universo de Marvel y de Star Wars, nos sorprendería que en el Universo real existe un material que podría ser comparable a la resistencia del vibranium o del Beskar. En efecto, este material conocido como pasta nuclear sería 100 billones de veces más resistente que el acero!. La pasta nuclear se encontraría en el interior de la corteza de las estrellas de neutrones [1]. Una estrella de neutrones es el estado "final" de estrellas masivas, 8 a 10 veces más masivas que el Sol. Luego que estas estrellas masivas hayan aumentado hasta 100 veces el tamaño del Sol, convirtiéndose en una gigante roja, al final del periodo de inflación, cuando la estrella agota todo el combustible de helio producido por la fusión nuclear, la estrella comprime toda su masa debido a la gravedad y como resultado la estrella masiva se condensa y colapsa a dimensiones de solo unos pocos kilómetros (aproximadamente 10 a 20 km). Esta fase remanente de la estrella masiva conocida como estrella de neutrones contiene en apenas una decenas de kilómetros de diámetro la enorme masa de la estrella, convirtiendo a la estrella de neutrones en una estrella muy densa. Eso sí, la estrella de neutrones no tiene la suficiente masa para convertirse en un agujero negro (otra fase final de estrellas mucho mas masivas). Precisamente debajo de la corteza de estas estrellas de neutrones, los protones y los neutrones se ensamblan en formas que se asemejan a tipos de pasta como la "lasaña" o los "espagueti" generando esta "pasta nuclear". Las enormes densidades y extrañas formas hacen que la pasta nuclear sea increíblemente rígida, convirtiéndolo en el material más resistente del Universo. Sin embargo este material solo puede existir debido a la enorme presión proporcionada por la gravedad de la estrella de neutrones. Si se pudiera sintetizar esta pasta nuclear, tendría una temperatura tan elevada como por ejemplo; la temperatura de la superficie del Sol y más aún colapsaría generando explosiones tan grandes como una bomba nuclear. Debido a esto, este material solo es detectable en simulaciones computacionales y su uso es prácticamente imposible. Por lo tanto, aunque los científicos afirmen que existe este material en la naturaleza, sería tan inaccesible como el Vibranium o el propio Beskar.

De los materiales accesibles que sean de los más resistentes y pueda ser usado por la humanidad, pareciera que el grafeno es el candidato a material más resistente para su uso en tecnología.

El grafeno es, nuevamente, carbón ordenado de manera hexagonal, pero en una monocapa. Es decir, lo podemos imaginar como una sábana del ancho de un átomo. Dependiendo de cómo terminen las orillas de esta sábana, y luego enrollándose para que forme un nanotubo, el grafeno se puede comportar como un aislante, un conductor o un semiconductor. WOW! un material que puede ser todo a la vez. Además, dentro del estudio de las fuerzas de roce, conocido como tribología, se estudian los mejores materiales para lubricación. Estos materiales evitan roces excesivos entre las superficies, y tendemos a pensar que para lubricar se necesita humectar con aceite. Pero no siempre es el caso, si imaginamos un transbordador espacial y queremos evitar el roce del metal con la atmósfera, no nos servirá el aceite: primero porque no resiste altas temperaturas y segundo porque se evapora con el vacío del espacio exterior. En este caso es mejor usar carbón, que evita roces y tiene mejor resistencia a la temperatura. Pero no solo se usa en estas tecnologías de punta y proyectos complejos, porque el carbón (grafito) se utiliza para disminuir el roce entre las plumillas de goma y el parabrisas de tu automóvil, ¿te habías fijado que compras limpiaparabrisas cubiertos de grafito para evitar roce y rayas en tu parabrisas?. Esta característica del grafito, de ser un material extremadamente blando se debe al ordenamiento amorfo de los átomos de carbón, a diferencia de los átomos de carbón en un diamante; que están perfectamente ordenados de manera hexagonal compacta y le otorgan propiedades que lo hacen un material extremadamente duro.

Conocer las propiedades de los materiales, puede llevarte a diseñar de mejor manera la funcionalidad de una armadura, y quién sabe, después de eso ya hemos dado el primer paso para convertirnos en un superhéroe.

Respecto a los metales de Mandalore y de Wakanda, podemos inferir que el Beskar tiene una resistencia a energías del tipo electromagnéticas (que involucra campos eléctricos, magnéticos, plasma, luz), además de una gran resistencia. Incluso presenta propiedades electromagnéticas, porque es el único metal que atrae al pulso generado por el ARC, que no destruye al Beskar pero cocina vivo a su portador.

Por otro lado, el Vibranium, parece tener una propiedad para disipar las energías vibracionales (golpes secos, ondas de sonido, movimientos ondulatorios), además de poseer una gran resistencia, y no presenta propiedades electromagnéticas, por lo que el capi no recibiría el impacto del pulso del generador si se protegiese con su escudo.

Para saber cual es más resistente, solo nos queda hacer el experimento de poner a combatir a Mando contra Capi.

[1] BBC News Mundo, Qué es la "pasta nuclear", el material más fuerte descubierto en el universo:
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-45713671>



Colegio de Ingenieros distingue a egresados de Ingeniería Civil en Obras Civiles en ceremonia de 'Mejores Titulados 2019'

El tradicional evento organizado por el órgano gremial fue llevado a cabo de forma online por primera vez a través de la plataforma Zoom, donde participaron más de 80 egresadas y egresados de distintas casas de estudios a lo largo de todo Chile.

En una ceremonia virtual llevada a cabo el 17 de diciembre a través de la plataforma Zoom, Marcelo Portilla y Erick Tapia, egresados centralinos de Ingeniería Civil en Obras Civiles, fueron distinguidos en la ceremonia virtual 'Mejores titulados 2019' organizada por el Colegio de Ingenieros de Chile.

Tradicionalmente, el Colegio de Ingenieros, a través de su Consejo de Especialidad de Ingeniería, otorga año a año una distinción a estudiantes titulados de cada especialidad de cada una de las instituciones de enseñanza superior cuyos profesionales son aceptados como miembros del órgano colegiado.

Según lo declarado en la convocatoria oficial, la actividad tiene por objeto "fortalecer lazos con las Universidades y Academias Politécnicas y acoger a las nuevas generaciones de ingenieros", de igual manera, señalan que "esta distinción pretende destacar a quienes han obtenido un excelente nivel académico, junto con una participación importante en actividades de apoyo a la academia".

Raúl Alcaino, presidente del Colegio de Ingenieros, encabezó el acto y saludó a egresadas y egresados destacados de la generación 2019. El líder de la agrupación gremial aprovechó para señalar la importancia del rol del Colegio de Ingenieros y como puede influir en sus miembros, a través de colaboración entre pares, for-

talecimiento de redes de contacto, oportunidades de aprendizajes y perfeccionamiento y también como contribuir a la sociedad.

Durante la ceremonia participaron más de 80 personas egresadas de carreras de ingeniería de distintas instituciones de educación superior a lo largo de todo Chile. En el encuentro se les informó que por haber sido reconocidos como 'Mejores Titulados 2019' además del diploma honorífico, también cuentan con un año de membresía costo cero, en caso de colegiarse. La actividad, además, contó con espacios de diálogo en grupos subdivididos según especialidades, donde se estrecharon vínculos profesionales y se intercambiaron ideas en función al expertise que manejan.

Juan Carlos Cuchacovich, director de las carreras Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción, relató cómo fue el proceso para determinar quiénes serían merecedores del reconocimiento: "analizamos quienes tuvieron menos duración de estudios y de ese grupo las mejores notas, en ese escenario coincidieron Marcelo y Erick, con igualdad de condiciones. La nota de egreso fue de 6,0 para cada uno" destacó.

En tanto, Portilla se refirió a cómo recibió la noticia de este reconocimiento y aseguró que "la verdad es que no me esperaba esa distinción, ni siquiera tenía idea de su existencia, si bien salí con buenas notas no pensé que saldría como uno de los mejores titulados. Tuve la suerte de que mi padre, madre y hermana que siempre me dieron las herramientas para poder desenvolverme en la vida universitaria, corrí con ventaja con el resto de compañeros que se tuvieron que endeudar y trabajar a la vez para poder costear su formación profesional. Así que siento que no sólo es un logro propiamente mío, sino de todas las personas que me apoyaron en mi carrera. Y que ojalá que esta distinción sea un plus para poder desenvolverme en el campo laboral del cual espero formar pronto".





**Universidad
Central**



Universidad
Central

Admisión Abril 2021

Programa de Postgrados

Tan flexibles como tú necesitas

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA

- Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos Informáticos (Santiago) *
- Magíster en Análisis de Datos para la Inteligencia de Negocios (Santiago) *
- Magíster en Tecnologías de la Información, Comunicación y Automatización (Santiago) *
- Magíster en Ingeniería Industrial (Santiago - R. Coquimbo) **

* Presencial * 100% online

Salidas intermedias con: 3 diplomados / Duración de los programas: 5 trimestres

ENCUENTRA TODA NUESTRA OFERTA ACADÉMICA 2021 EN www.postgradosucen.cl