

REVISTA LEO

XLIX



Ingeniería con propósito:

*Diseño de sistemas socio productivos
para el bienestar y la equidad en
la era tecnológica*



INGENIERÍA
INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE



LEO
LABORATORIO
DE EMPRENDIMIENTO
ORGANIZACIONAL

INTEGRANTES

Santiago de Chile, 2026.

GERENTE DE LA EMPRESA REVISTA

Stephanie Toledo Araya

SUBGERENTE DE LA EMPRESA REVISTA

Rodrigo Olivares Nilo

EMPRESA REVISTA

Sofía Arancibia Maibe
Jose Castañeda Gonzales
Tomás Leiva Barrera
Sebastián Quintolen Maldonado
Cristian Ramos Benito
Javiera Roman Naranjo
Matías Troncoso Mercado

EDITORIA DE LA REVISTA

Belén Rodríguez San Martín
Rodriguezsanmartinbelen@gmail.com

DISEÑADOR DE LA REVISTA

Martín Paredes Aliaga
martinpaliaga@gmail.com

 LEO USACH

 @leo_udesantiago

 @leo.usach

 leo.usach.cl



CONTENIDOS

6 EDITORIAL

8 CARTA DEL PROFESOR

9 EMPRESAS LEO

12 CAPÍTULO I: TRANSFORMACIÓN, TECNOLOGÍA E IA EN EL TRABAJO

- 14 Automatización y desplazamiento laboral
- 16 Reconversión laboral y nuevas competencias tecnológicas
- 19 IA, datos personales y seguridad empresarial: el giro hacia modelos locales

24 CAPÍTULO II: SMART TECHNOLOGIES Y ENTORNOS CONECTADOS

- 26 Del modelo asiático a la realidad chilena: aprendizajes para ciudades más inteligentes
- 28 Espacios inteligentes, ciudad y equidad territorial
- 31 IoT, discapacidad y autonomía
- 34 Tecnologías conectadas para la prevención y seguridad de las personas

36 CAPÍTULO III: ESPACIO, CIENCIA Y FUTURO DE LA HUMANIDAD

- 38 Gestión de recursos en entornos extremos
- 42 Tecnología espacial e infraestructura para la equidad
- 44 Divulgación científica y democratización del conocimiento

48 CAPÍTULO IV: INGENIERÍA PARA LA SOSTENIBILIDAD, LA EQUIDAD Y LA ÉTICA

- 50 Sostenibilidad y ética en procesos productivos
- 54 Economía circular y rediseño de sistemas productivos
- 61 Energías limpias y transición energética justa

66 CAPÍTULO V: EL SENTIDO DE LO HUMANO EN LA ERA DIGITAL

- 68 Salud mental y bienestar en la era digital
- 71 Dignidad humana frente a los límites de la medicina
- 75 Tecnología, identidad y derechos humanos
- 78 Reportaje especial

84 CICLO COLOQUIOS

88 CICLO SIMPOSIO

94 PALABRAS FINALES

95 AUSPICIO Y PATROCINIOS

96 REFERENCIAS



EDITORIAL

“La Revista LEO está en su edición XLIX. Este es un momento en el que todo está cambiando mucho debido a la tecnología, sociedad y forma en que producimos. La inteligencia artificial, la automatización y los sistemas digitales están cambiando la manera en que trabajamos, aprendemos, nos comunicamos y nos relacionamos con los demás. Por lo tanto, debemos preguntarnos no solo qué puede hacer la tecnología, sino también para qué se utiliza, quiénes se benefician de ella y cómo afecta la vida de las personas.

Esta edición de la revista se centra en el tema de la “Ingeniería con propósito”. Se trata de diseñar sistemas que ayuden a la gente y que sean justos y sostenibles en esta era tecnológica. Queremos reflexionar sobre la responsabilidad de los ingenieros en la construcción de una sociedad mejor. Sabemos que innovar no solo se trata de crear soluciones eficientes, sino también de considerar cómo afectan a la sociedad, la ética y el medio ambiente. Queremos que el progreso tecnológico sea algo que realmente beneficie a todos.

En esta edición, hablamos sobre cómo están cambiando el trabajo, las tecnologías inteligentes, los entornos conectados, el desarrollo científico y espacial, la sostenibilidad, la equidad y los desafíos éticos que vienen con el avance de la medicina. También tenemos un reportaje especial llamado “¿Qué nos hace humanos en la era tecnológica?”, en el que reunimos diferentes perspectivas para reflexionar sobre los valores y capacidades humanas que debemos preservar en este momento de cambios.

Mediante entrevistas, reportajes, columnas de opinión y contenido de divulgación, queremos acercar estas discusiones a la comunidad universitaria

de una manera interdisciplinaria, crítica y accesible. Los invitamos a leer esta edición con curiosidad, a cuestionar cómo diseñamos y utilizamos la tecnología, y a imaginar una ingeniería que siempre tenga en cuenta a las personas y su bienestar.

A través de esta edición, buscamos mostrar que la ingeniería no consiste únicamente en desarrollar soluciones eficientes, sino también en comprender las consecuencias que estas pueden tener en la sociedad. Por eso, consideramos fundamental que cada avance tecnológico incorpore criterios de inclusión, responsabilidad y respeto por la dignidad humana.

Esperamos que estas páginas permitan abrir nuevas preguntas y conversaciones dentro de la comunidad universitaria. Más que entregar respuestas definitivas, queremos invitar a pensar en el futuro que estamos construyendo y en cómo la ingeniería puede convertirse en una herramienta al servicio de una sociedad más equitativa, sostenible y humana.

~ *Equipo Revista LEO*



CARTA DE LA PROFESORA Tamara Wong Valdés

Profesora Laboratorio de Emprendimiento Organizacional, USACH

Desde hace más de cuarenta semestres, el Laboratorio de Emprendimiento Organizacional ha sido un espacio donde nuestras y nuestros estudiantes de Ingeniería Civil Industrial ponen a prueba, semestre a semestre, su capacidad de leer el presente y anticipar el futuro. Cada número de esta revista es, en el fondo, un ejercicio de esa misma motivación: mirar los problemas de nuestra época con una mirada prospectiva y sistémica, y buscar en ellos una oportunidad para diseñar soluciones con sentido humano.

Este semestre, esa mirada se detiene en un fenómeno que ya no podemos observar desde la distancia: la irrupción de la inteligencia artificial y las tecnologías inteligentes en el trabajo, las ciudades, la ciencia, la producción y, en definitiva, en la manera en que nos relacionamos como sociedad. La temática que convoca esta edición “Ingeniería con propósito: sistemas socioproductivos para el bienestar y la equidad en la era tecnológica” no es una consigna abstracta. Es un espacio de conversaciones en que nuestras y nuestros estudiantes llevaron a cabo con rigor y honestidad académica a lo largo de un semestre completo de investigación, entrevistas y reportajes.

En estas páginas encontrará un recorrido que va desde la automatización del trabajo y la reconversión de competencias, hasta los desafíos éticos del uso de la inteligencia artificial; desde las ciudades inteligentes pensadas para la realidad chilena, hasta la tecnología espacial como fuente de soluciones para problemas terrestres como la crisis hídrica; desde la sostenibilidad y la economía circular en los procesos productivos, hasta una pregunta que atraviesa todo el número y que quizás sea la más importante de todas: qué es lo que debemos preservar de lo humano cuando la tecnología avanza más rápido que nuestra capacidad de reflexionar sobre ella.

Quiero destacar el trabajo de todos los estudiantes del LEO de este semestre, en particular los que conformaron la empresa a cargo de esta publicación, en la que lograron reunir miradas científicas, empresariales, académicas, bioéticas, entre otras. Asimismo, agradecer la participación de cada entrevistado que quiso compartir desde su experiencia y pensamiento con la generosidad de quien cree en la formación de las nuevas generaciones. Ese diálogo intergeneracional es, para mí, uno de los mayores logros del modelo LEO: no se aprende ingeniería solamente resolviendo ecuaciones, sino también aprendiendo a escuchar, a preguntar y a poner en palabras problemas complejos para un público amplio.

Como profesora conductora de este Laboratorio, celebro una vez más el trabajo de quienes hicieron posible esta edición, y los invito a leerla con la misma curiosidad y compromiso con que fue escrita: como una oportunidad para pensar, desde la ingeniería, en sistemas socioproductivos que pongan el bienestar y la equidad de las personas en el centro de la era tecnológica que ya estamos viviendo.

EMPRESAS

EMPRESA REVISTA



Nuestra empresa, Revista LEO, está encargada del área de Comunicaciones y Desarrollo Editorial. El equipo está conformado por 9 estudiantes de Ingeniería Civil Industrial (3 mujeres y 6 hombres), quienes trabajan colaborativamente en la planificación, investigación, redacción, edición y publicación de la revista del Laboratorio de Emprendimiento Organizacional (LEO).

Durante el semestre, desarrollamos reportajes, entrevistas, columnas de opinión y contenidos informativos vinculados con la temática transversal: “Ingeniería con propósito: diseño de sistemas socioproductivos para el bienestar y la equidad en la era tecnológica”. Además, colaboramos con las empresas Simposio y Coloquios, destinando una sección de la revista a difundir sus actividades, encuentros y principales aportes. También coordinamos la participación de especialistas y organizamos los contenidos según los capítulos definidos.

Para fortalecer la calidad del producto final, contratamos a un diseñador, encargado de la propuesta visual y diagramación, y a un editor, responsable de revisar la redacción, coherencia y calidad de los textos. Nuestro objetivo es ofrecer a la comunidad universitaria una publicación atractiva, rigurosa y reflexiva, que promueva el pensamiento crítico sobre el impacto de la ingeniería y la tecnología en la sociedad.

Nuestra empresa, Comunicación y Multimedia, está encargada del área de difusión. El equipo está conformado por 8 estudiantes (6 mujeres y 2 hombres), quienes trabajan de manera colaborativa para llevar a cabo cada proyecto.

Nuestra principal función es recopilar y gestionar información sobre los Coloquios y el Simposio (como temáticas, expositores y horarios) para difundirla de forma clara a través de nuestras diferentes redes sociales. Además, somos responsables de la grabación y transmisión en vivo de los eventos, asegurando el correcto funcionamiento de los equipos audiovisuales mediante pruebas técnicas previas de sonido, proyección y presentación. También realizamos registros fotográficos y audiovisuales para generar contenido dinámico, como entrevistas breves que luego editamos y publicamos con el fin de ampliar el alcance de las actividades.

Otra de nuestras tareas es la producción de *vodcasts* que cuentan con Premios Nacionales como invitados, cuyos testimonios se relacionan con la temática transversal del LEO. Para ello, contratamos a una productora audiovisual externa y, una vez editadas las grabaciones, nos encargamos de su publicación en YouTube y de su posterior difusión en nuestras plataformas digitales.

EMPRESA COMUNICACIÓN Y MULTIMEDIA



EMPRESA FOMENTO

Nuestra empresa, Fomento, está encargada del área de gestión de financiamiento, auspicios, patrocinios y estándares de calidad. El equipo está conformado por 9 estudiantes (2 mujeres y 7 hombres), quienes trabajan de manera colaborativa para llevar a cabo cada proyecto.

Nuestra organización se dedica a asegurar la sustentabilidad económica del Laboratorio de Emprendimiento Organizacional (LEO) mediante la gestión, captación y administración de recursos financieros, promoviendo un uso eficiente, transparente y responsable de los fondos para apoyar el desarrollo de los distintos proyectos de las empresas que conforman el laboratorio. Nos encargamos de financiar al menos el 50% de los presupuestos de las distintas UEO, gestionar auspicios y patrocinios con instituciones públicas y privadas, desarrollar estrategias de recaudación de fondos y fortalecer alianzas que permitan obtener recursos económicos, materiales o estratégicos para contribuir al cumplimiento de los objetivos de cada área.

Además, evaluamos y negociamos las propuestas de financiamiento presentadas por las empresas del LEO, estableciendo estándares de calidad que permitan asegurar la viabilidad, organización y correcta ejecución de cada proyecto, promoviendo una gestión ordenada de los recursos y apoyando la mejora continua dentro del laboratorio.



EMPRESA SIMPOSIO

Nuestra empresa, Simposio, está encargada del área de Producción y Logística del evento de cierre del Laboratorio de Emprendimiento Organizacional (LEO). El equipo está conformado por 7 estudiantes (5 mujeres y 2 hombres), quienes trabajan de manera colaborativa para llevar a cabo cada proyecto.

Nos dedicamos a transformar los objetivos académicos del laboratorio en una experiencia real, dinámica y de alto estándar. Nos encargamos de seleccionar e invitar a expositores alineados con nuestro eje conceptual: *"Ingeniería con propósito: diseño de sistemas socioproductivos para el bienestar y la equidad en la era tecnológica"*. Gestionamos el contacto directo con ellos y lideramos sus reuniones de preparación técnica.

En paralelo, administramos el presupuesto para cotizar y contratar a los proveedores clave de *catering* e intervención cultural. Asimismo, coordinamos la logística operativa del día del evento: diseñamos el cronograma, recibimos a las autoridades y asistentes, y gestionamos el traslado de los invitados. Así, garantizamos un encuentro formal que cumpla con los más altos estándares corporativos y universitarios.

Nuestra empresa, Coloquios, está encargada del área de organización y desarrollo de espacios de diálogo, difusión y vinculación académica. El equipo está conformado por 9 estudiantes (4 mujeres y 5 hombres), quienes trabajan de manera colaborativa para planificar, coordinar y ejecutar coloquios y conversatorios orientados al intercambio de conocimientos entre estudiantes, docentes e invitados externos.

A lo largo del semestre, definimos temáticas de interés, coordinamos expositores y gestionamos la logística necesaria. Además, fortalecemos la comunicación entre los participantes, fomentando el respeto, la inclusión y el pensamiento crítico para enriquecer el aprendizaje a través del diálogo. Para asegurar el cumplimiento de los objetivos, distribuimos responsabilidades y realizamos reuniones de planificación, seguimiento y evaluación. También colaboramos con otros equipos cuando se requiere un esfuerzo conjunto, fortaleciendo el sentido de comunidad.

Nuestro principal objetivo es contribuir al desarrollo académico y personal de los estudiantes. Buscamos que cada coloquio sea una oportunidad para ampliar conocimientos, fortalecer habilidades comunicativas y promover una participación activa en la vida universitaria, aportando al crecimiento integral de toda la comunidad.

EMPRESA COLOQUIOS



01

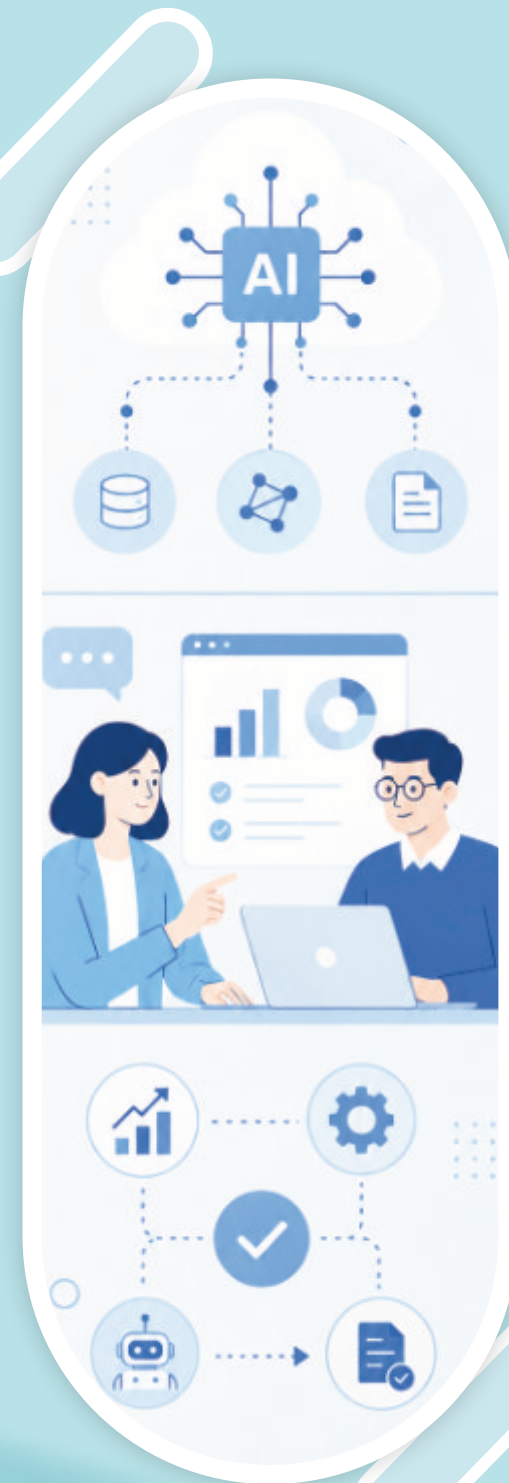
TRANSFORMACIÓN, TECNOLOGÍA E IA EN EL TRABAJO



A lo largo de la historia, los avances tecnológicos han transformado la manera en que las personas viven, se comunican y trabajan. Cada nueva tecnología modifica procesos, redefine funciones y genera nuevas expectativas sobre las habilidades que requieren los trabajadores. En algunos casos, estas innovaciones permiten optimizar tareas y aumentar la productividad; en otros, sustituyen actividades que anteriormente dependían de la intervención humana.

Si bien la automatización de procesos productivos existe desde hace décadas, el desarrollo reciente de la Inteligencia Artificial Generativa (GenAI) representa un cambio particularmente significativo. A diferencia de tecnologías anteriores, estas herramientas son capaces de crear textos, imágenes, códigos y otros contenidos digitales a partir de instrucciones escritas en lenguaje natural, ampliando su impacto a áreas que tradicionalmente se consideraban exclusivamente humanas.

La incorporación acelerada de estas tecnologías en empresas, instituciones y espacios educativos está transformando la forma en que se organiza el trabajo, se desarrollan competencias profesionales y se gestiona la información. Al mismo tiempo, plantea importantes desafíos relacionados con el empleo, la adaptación laboral, la ética y la privacidad. Este capítulo busca explorar estas transformaciones desde una mirada crítica, analizando cómo la inteligencia artificial puede contribuir al desarrollo y la innovación sin perder de vista el bienestar de las personas y la construcción de sistemas más justos y equitativos.



SUBTEMA 1

AUTOMATIZACIÓN Y DESPLAZAMIENTO LABORAL

La inteligencia artificial está transformando el mundo laboral al modificar tareas, procesos y competencias, que durante años parecían estables. Su incorporación permite automatizar actividades repetitivas, reducir tiempos y aumentar la productividad, pero también genera incertidumbre sobre el desplazamiento de empleos, la reorganización de los equipos y el surgimiento de nuevas funciones profesionales. Por ello, el debate ya no consiste únicamente en determinar qué trabajos podrían desaparecer, sino también, en comprender cómo cambiarán, y qué oportunidades se crearán y además, quiénes podrán acceder a ellas.



La inteligencia artificial está modificando las tareas, competencias y formas de organización del trabajo. Fotografía: Pavel Danilyuk / Pexels.

I. Desde su experiencia en Runway, ¿cómo está transformando la inteligencia artificial la cadena de producción audiovisual, y qué procesos creativos considera que están experimentando los mayores cambios?

Lo que está cambiando es el costo de intentar. Antes, entre una idea y una imagen en pantalla había semanas de preproducción, equipos, presupuestos. Hoy puedes probar esa idea en minutos. Eso no elimina la cadena de producción, la comprime: preproducción, previsualización y postproducción empiezan a fundirse en un solo proceso iterativo. Los mayores cambios están en las etapas donde antes se gastaba tiempo en ejecución técnica y no en decisiones creativas. La IA es una nueva cámara. Y como toda cámara nueva, primero la usamos para imitar lo que ya existía, y después alguien inventa un lenguaje nuevo con ella. Estamos en esa segunda parte.

En este contexto, será fundamental la adaptación de trabajadores, estudiantes, empresas e instituciones educativas. El desafío será aprovechar la inteligencia artificial, para mejorar la calidad del empleo y liberar tiempo destinado a tareas mecánicas, evitando que su implementación se utilice exclusivamente para reducir costos o precarizar las condiciones laborales. Para profundizar en estas transformaciones, conversamos con **Cristóbal Valenzuela, cofundador y CEO de Runway**, sobre el impacto de la IA en el trabajo, las nuevas competencias profesionales y la responsabilidad de las empresas frente a esta transición tecnológica.

II. Cuando hablamos de automatización, ¿la IA está desplazando roles tradicionales o está creando nuevas categorías de empleo que antes no eran posibles?

Las dos cosas, y siempre ha sido así. Cuando apareció la cámara, los retratistas pensaron que era el fin de la pintura. Lo que apareció fue la fotografía, el cine y millones de empleos que nadie podía imaginar. Antes del CGI no existían los artistas de efectos visuales. Hoy ya vemos roles nuevos: gente que dirige modelos en vez de operar software, equipos de dos personas haciendo lo que antes requería veinte. El error es medir el futuro con las categorías laborales del pasado. Los roles que dependen de ejecutar una técnica repetitiva, van a cambiar. Los que dependen de criterio, gusto y saber qué historia contar, valen más que nunca.

IV. ¿Qué sectores industriales considera que están siendo más transformados por la IA y qué características los hacen más vulnerables o adaptables a estos cambios?

Cualquier industria cuyo producto final sean píxeles: cine, publicidad, televisión, videojuegos, diseño, arquitectura. Y más allá de lo creativo, cualquier sector que necesite simular el mundo antes de actuar en él, desde robótica hasta ciencia. Lo que hace a un sector adaptable no es su tamaño ni su presupuesto, es su relación con la experimentación. Las industrias acostumbradas a adoptar herramientas nuevas cada década se adaptan rápido. Las que confunden el proceso con el resultado, las que creen que su valor está en cómo se hacen las cosas y no en lo que producen, son las que más sufren.

V. Desde una perspectiva sociolaboral, ¿de qué manera la integración de IA puede mejorar la calidad del empleo, y en qué casos podría precarizarlo o reducir el valor de ciertas habilidades laborales?

Mejora el empleo cuando le quita a la gente el trabajo que nadie eligió hacer: el rotoscoping cuadro por cuadro, los renders de doce horas, la versión número cuarenta del mismo asset. Eso libera tiempo para el trabajo por el que la gente entró a esta industria. El riesgo de precarización aparece cuando las empresas usan la tecnología solo para reducir costos y no para producir más y mejor. Esa es una decisión de gestión, no una propiedad de la tecnología. Y sí, algunas habilidades puramente técnicas van a perder valor de mercado, como pasó con revelar película o editar en moviola. Lo que no pierde valor es saber por qué una imagen funciona y otra no.

VI. ¿Qué habilidades deberían desarrollar estudiantes y trabajadores para adaptarse a un mercado laboral cada vez más dinámico, automatizado e híbrido?

Aprender a aprender. Es la única habilidad que no caduca. Las herramientas que uses en cinco años probablemente no existen hoy, así que apegarse a un software específico es una mala apuesta. Lo segundo es el gusto: la capacidad de distinguir lo bueno de lo mediocre. Cuando cualquiera puede generar mil imágenes, el valor está en saber cuál elegir y por qué. Y lo tercero, curiosidad genuina por experimentar. Los mejores usuarios de Runway no son los más técnicos, son los que prueban cosas sin pedir permiso. Yo estudié economía antes de llegar al arte y la tecnología.

“ Esa idea de que tu formación define tu techo es exactamente lo que hay que abandonar. ”

SUBTEMA 2

RECONVERSIÓN LABORAL Y NUEVAS COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS.

Amplificar, no reemplazar: El nuevo pacto entre el profesional y la máquina.

La inteligencia artificial ya interviene en procesos de estudio, creación y toma de decisiones. Su avance ha instalado temores sobre el reemplazo de puestos de trabajo, pero también una discusión más profunda: ¿qué deben aprender las personas para mantenerse vigentes?, ¿cómo tienen que responder las universidades y bajo qué criterios las empresas deberían incorporar estas herramientas?. Para abordar estas preguntas, en la Revista LEO se conversó con Ángel Izurieta y Nicolás Copano. Desde la transformación empresarial y la comunicación digital, respectivamente, ambos coinciden en que la IA no elimina la necesidad del aporte humano, pero sí obliga a redefinirlo. Aprender de manera continua, verificar la información, formular mejores preguntas y conservar el criterio propio aparecen como condiciones centrales para enfrentar el trabajo que viene.



ÁNGEL IZURIETA

Vicepresidente de Huawei Cloud para América Latina y ex CEO de Google Cloud Chile, especialista en transformación digital e inteligencia artificial.

Fotografía: cortesía de Ángel Izurieta / archivo personal.

Ángel Izurieta, vicepresidente de Huawei Cloud para Latinoamérica, ex Country Manager de Google Cloud Chile e ingeniero civil industrial, cuenta con más de 25 años de experiencia liderando procesos de transformación digital e innovación tecnológica.



NICOLÁS COPANO

Comunicador, presentador, productor ejecutivo y escritor, especializado en medios digitales, tecnología e inteligencia artificial.

Fotografía: cortesía de Nicolás Copano / archivo personal.

Nicolás Copano es periodista, comunicador, creador de medios digitales y autor de: "Que no te pille la máquina", obra que acerca la inteligencia artificial al público general desde una perspectiva práctica.

I. LA IA COMO AMPLIFICADORA DEL TRABAJO HUMANO.

Durante años, la conversación tecnológica estuvo dominada por la automatización y la eficiencia. Para Ángel Izurieta, esa lectura resulta hoy insuficiente. Tras liderar procesos en Accenture, EY, Google Cloud y Huawei Cloud, su visión evolucionó desde entender la tecnología como una herramienta de optimización hacia reconocerla como un catalizador del potencial humano.

El cambio, explica, consiste en pasar de la eficiencia operacional a la "amplificación de nuestras capacidades". Desde esta perspectiva, el futuro laboral no se reduciría solamente a máquinas que sustituyen personas. La diferencia estaría en profesionales capaces de utilizar la IA, para ampliar su creatividad, tomar decisiones estratégicas con mayor precisión y liberar tiempo de las tareas repetitivas.

Nicolás Copano llega a una conclusión similar desde una preocupación distinta: hacer que la inteligencia artificial deje de ser un lenguaje reservado de ingenieros y

programadores. Esa fue la motivación de su libro "Que no te pille la máquina", concebido como una guía accesible para trasladar la discusión tecnológica a la vida cotidiana.

Copano describe la IA como un "copiloto" que puede automatizar lo monótono y permitir que las personas dediquen más tiempo a pensar, crear y conectar con otros. Sin embargo, el uso de estas herramientas no garantiza por sí solo una mejora. La productividad dependerá también de la capacidad humana para decidir qué tareas delegar, revisar los resultados y definir el propósito con el que se utiliza la tecnología.

Las perspectivas de ambos entrevistados desplazan el debate desde el reemplazo hacia la colaboración. La IA puede transformar la ejecución del trabajo, pero sigue siendo necesario que las personas establezcan los objetivos, evalúen la información y asuman la responsabilidad por las decisiones tomadas.

“El mundo laboral de los próximos años no se tratará de máquinas reemplazando personas”.

— Ángel Izurieta

II. APRENDER A APRENDER: EL DESAFÍO DE LA EDUCACIÓN.

Si la información puede obtenerse en segundos, memorizar deja de ser la principal medida del conocimiento. Izurieta, valora el rigor analítico de su formación como ingeniero civil industrial, pero sostiene que el paradigma cambió. La competencia fundamental es ahora aprender a aprender y mantener una curiosidad constante.

El conocimiento acumulado durante los años de estudio o trabajo, continúa siendo una base importante, aunque ya no basta por sí solo. El valor se traslada a saber formular preguntas relevantes, construir buenos prompts y evaluar críticamente las respuestas generadas. Esto requiere agilidad para actualizar lo aprendido y adaptarlo a problemas que todavía no tienen una solución establecida.

Copano analiza esta transformación desde una posición particular: cuenta con dos décadas de experiencia en medios y, al mismo tiempo, se encuentra completando su título universitario. Esa doble experiencia le permite observar, tanto las exigencias profesionales como las limitaciones de una educación todavía centrada en memorizar datos.

Entre las competencias necesarias identifica el pensamiento crítico, la curaduría de información y un enfoque que denomina Warm-Tech: la capacidad de utilizar alta tecnología, sin perder la dimensión humana. Desde esta mirada, dominar una herramienta no sería suficiente, si no se comprende el contexto cultural y social en el que será aplicada.

Ambos entrevistados, coinciden en que las universidades deberían asumir un papel más activo frente a estos cambios. Izurieta propone que se conviertan en laboratorios de experimentación, capaces de fomentar la resolución de problemas complejos, la adaptabilidad y el aprendizaje práctico. Copano, por su parte, plantea que las instituciones educativas no deberían competir con la capacidad de procesamiento de una máquina, sino fortalecer la estrategia, el criterio y la empatía.

En un entorno donde las respuestas pueden obtenerse rápidamente, enseñar a formular buenas preguntas, contrastar información y argumentar se vuelve una responsabilidad educativa central.

“La competencia fundamental para mí hoy es aprender a aprender”.

— Ángel Izurieta

III. ADOPTAR IA SIN RENUNCIAR A LA ESTRATEGIA.

La incorporación de inteligencia artificial no garantiza por sí misma una transformación positiva. Izurieta identifica un error frecuente en las organizaciones: tratar la IA como una solución mágica o implementarla en áreas aisladas, sin relación con la estrategia general de la compañía.

Muchas empresas adoptan herramientas para no quedar fuera de la tendencia, pero lo hacen antes de asegurar una infraestructura de datos adecuada o de preparar culturalmente a sus equipos. Cuando la organización parte por la tecnología y no por la necesidad que busca resolver, la implementación puede agregar complejidad sin generar un valor concreto.

La recomendación de Izurieta es comenzar siempre por el problema de negocio y no por la tecnología en sí. A partir de allí, resulta necesario fortalecer las bases de datos, conectar la información de las distintas áreas y gestionar el cambio dentro de los equipos.

Poner a las personas en el centro significa capacitarlas y explicar de qué manera la herramienta podría potenciar su trabajo.

La adaptación no debería recaer únicamente en cada trabajador, sino que también requiere acompañamiento y participación dentro de las organizaciones.

En el uso individual aparece un riesgo equivalente. Copano lo denomina “abdicación total”: delegar a la IA no solo la ejecución de una tarea, sino también el criterio con el que debe evaluarse. La facilidad con que un modelo produce un texto convincente, puede llevar a confundir una respuesta probable con una verdad comprobada.

La pérdida de voz propia, los sesgos y la falta de verificación forman parte del problema. Por eso, Copano propone tratar a la IA como a un pasante brillante pero inexperto: útil para rebotar ideas, resumir y estructurar, pero siempre sujeto a revisión.

La edición final, la ética y la decisión sobre qué información utilizar deben permanecer bajo responsabilidad humana. En este punto, emplear una herramienta no disminuye necesariamente la responsabilidad profesional, sino que exige comprender también sus límites.

“La IA es una máquina de probabilidades, no una enciclopedia infalible”.

— Nicolás Copano

IV. LA VENTAJA QUE NO SE AUTOMATIZA.

Para quienes se preparan para ingresar al mundo laboral, el título universitario continúa siendo relevante, pero ya no representa el final del aprendizaje. Izurieta lo define como un punto de partida. En un escenario de cambio acelerado, la ventaja competitiva no dependerá únicamente de lo que una persona sabe hoy, sino también de su capacidad para absorber, cuestionar, desaprender y volver a aprender.

Experimentar con nuevas tecnologías forma parte de esa preparación. Sin embargo, Izurieta insiste en que el dominio técnico debe avanzar junto con las habilidades humanas. Liderar, conectar con otros y construir soluciones con propósito seguirán siendo capacidades valiosas, incluso, cuando cambien las herramientas disponibles.

Copano entrega una advertencia complementaria: no hay que temerle a la tecnología, pero tampoco utilizarla como una excusa para dejar de pensar. Su propuesta es que los estudiantes se conviertan en “directores de orquesta”: profesionales

capaces de automatizar procesos tediosos, para concentrar su energía en la estrategia, la creatividad y la comprensión del entorno.

Las respuestas de Izurieta y Copano, permiten observar la reconversión laboral como una responsabilidad compartida. Las personas necesitan aprendizaje continuo y pensamiento crítico; las empresas deben vincular la IA con problemas reales y acompañar el cambio cultural; y las universidades tienen que crear espacios donde experimentar, equivocarse y resolver desafíos complejos.

Desde la Ingeniería con Propósito, la transformación no debería evaluarse solamente por la velocidad o la productividad que genera. También importa si fortalece la autonomía, amplía oportunidades y orienta la innovación hacia necesidades reales.

La pregunta ya no es únicamente: ¿cuánto puede hacer una máquina?, sino ¿qué mundo laboral se decide construir con ella?.

“Aporten valor desde su humanidad”.

— Nicolás Copano

SUBTEMA 3

IA, DATOS PERSONALES Y SEGURIDAD EMPRESARIAL. EL GIRO HACIA MODELOS LOCALES.

La incorporación de inteligencia artificial en empresas e instituciones no solo plantea desafíos técnicos, sino también jurídicos y éticos. Cuando una persona ingresa datos personales, documentos internos o información de terceros en una herramienta pública, la organización puede perder el control sobre la finalidad, almacenamiento, trazabilidad y eventual reutilización de esos antecedentes. El riesgo, por tanto, va más allá de una posible filtración: también involucra el cumplimiento de los derechos de acceso, rectificación, supresión y oposición, además de las obligaciones que establece la nueva normativa chilena sobre protección de datos.

Este subtema examina qué información debería mantenerse fuera de estas plataformas, en qué situaciones una empresa tendría que descartar el uso de IA y qué ventajas ofrecen los modelos privados o locales. Para profundizar en estas materias, conversamos con Jessica Matus Arenas, abogada especialista en protección de datos y ciberseguridad y directora de Privacidad y Protección de Datos en Magliona Abogados, quien explica por qué la eficiencia tecnológica no basta para justificar el tratamiento de información personal y qué condiciones deben cumplirse para utilizar estas herramientas de manera lícita, segura y responsable.



JESSICA MATUS ARENAS

Abogada especialista en protección de datos y ciberseguridad, y directora de Privacidad y Protección de Datos en Magliona Abogados.

Fotografía: cortesía de Jessica Matus / archivo personal

I. ¿Cuáles son los principales riesgos de seguridad y privacidad asociados al ingreso de datos personales en herramientas de IA y qué categorías de información deberían restringirse estrictamente en el ámbito corporativo?



I. Desde el punto de vista jurídico, el riesgo que más se menciona es la filtración, pero no es el más relevante. Cuando un trabajador ingresa datos personales en una herramienta de IA de uso público, lo que ocurre en términos legales es una comunicación de datos a un tercero que la empresa no ha evaluado, no ha contratado como encargado y sobre cuya finalidad de tratamiento no tiene control. La Ley 21.719 exige que ese vínculo conste en un mandato escrito, con instrucciones específicas y prohibición de subcontratar sin autorización. Un formulario web abierto no satisface ninguno de esos requisitos, aunque el proveedor sea reputado y el dato nunca se filtre.

De ahí se derivan los riesgos concretos: pérdida del control de la finalidad, porque el dato puede usarse para entrenar o mejorar el servicio; imposibilidad de trazar dónde quedó el dato, lo que compromete el ejercicio de los derechos de acceso, rectificación y supresión; retención en registros de conversación y revisión humana; y transferencia internacional sin base

habilitante, materia regulada en los artículos 27 y 28 y que a partir del 1 de diciembre de 2026 exige nivel adecuado o cláusulas contractuales tipo aprobadas por la Agencia.

En cuanto a categorías, hay tres bloques que deberían quedar fuera de herramientas públicas por regla general. Primero, los datos sensibles del artículo 2 letra g): salud, perfil biológico, datos biométricos, situación socioeconómica (que la ley chilena calificó expresamente como sensible), origen étnico o racial, afiliación política, sindical o gremial, convicciones ideológicas o religiosas, vida sexual, orientación sexual e identidad de género. Segundo, los datos de niños, niñas y adolescentes. Tercero, y este suele omitirse en las políticas internas, los datos de terceros que la empresa trata en calidad de encargada: información de clientes de sus clientes, sobre la cual no tiene facultad de decisión y cuyo ingreso a una herramienta externa constituye directamente un incumplimiento contractual, además de una infracción legal.

II. ¿Qué aspectos del funcionamiento arquitectónico y de entrenamiento de los LLM deben comprender las organizaciones antes de utilizarlos para el tratamiento de datos personales?

Hay cuatro cuestiones técnicas con consecuencias jurídicas directas.

La primera es la distinción entre entrenamiento e inferencia. Son operaciones de tratamiento distintas, con finalidades distintas, y muchas veces con responsables distintos. Un contrato que autoriza el uso del modelo no autoriza automáticamente que las entradas alimenten su entrenamiento. Esa cláusula debe leerse y negociarse, y su ausencia es hoy uno de los hallazgos más frecuentes en revisión.

La segunda es que un modelo no es una base de datos. No hay una fila que se pueda ubicar y borrar. Si un dato personal quedó incorporado en los parámetros durante el entrenamiento, el derecho de supresión del artículo 7 y el de rectificación del artículo 6 se vuelven de cumplimiento técnicamente incierto. La Comisión de Implementación ya advirtió esta dificultad al recomendar que la Agencia distinga entre entornos productivos y de respaldo, con medidas graduales como la seudonimización y la segregación. El problema en modelos entrenados es de la misma naturaleza, pero más severo.

La tercera es la opacidad y la no determinación. El artículo 14 ter letra I) obliga a informar la existencia de decisiones automatizadas y entregar información

significativa sobre la lógica aplicada. El artículo 8 bis, en su inciso final, exige además asegurar el derecho a obtener una explicación, a la intervención humana, a expresar el punto de vista y a solicitar la revisión de la decisión. Si la organización no puede reconstruir por qué el sistema produjo determinado resultado, no está en condiciones de cumplir esas obligaciones, y esa incapacidad no es la excusa.

La cuarta, es que el modelo rara vez es la superficie de riesgo principal. Todo el servicio que rodea el modelo lo es, como registros de prompts, plazos de retención, revisión humana de muestras, subencargados, ubicación de los servidores, integraciones con repositorios internos. La mayoría de los incidentes de datos personales asociados a IA ocurren en esa capa de servicio. Por ello se debe evaluar la arquitectura completa, y no solo la elección del modelo.

Por otra parte, y basado en el principio de calidad del artículo 3 letra d), los datos personales deben ser exactos, completos, actuales y pertinentes. Un sistema que genera afirmaciones plausibles pero falsas sobre una persona identificada no sería un problema de "alucinaciones", sino un tratamiento que infringe ese principio y que podría generar responsabilidad.

III. ¿Bajo qué criterios una empresa debería desestimar el uso de IA para el tratamiento de datos personales, aun cuando prometa eficiencia, automatización o innovación?

Habría que preguntarse para qué finalidad, sobre qué datos, con qué efectos y sobre qué personas usar IA, y en ese sentido, los criterios son bastante nítidos.

Se debe desestimar cuando no existe base de licitud para esa finalidad específica. El consentimiento y las cinco hipótesis del artículo 13 (obligación legal, ejecución de contrato, interés legítimo, defensa de un derecho, y datos económico-financieros del Título III) agotan las alternativas. Si el proyecto no calza en ninguna, la eficiencia esperada es jurídicamente irrelevante.

Se debe desestimar cuando la evaluación de impacto arroja un riesgo alto que no puede mitigarse (artículo 15 ter). Esa evaluación es obligatoria, entre otros casos, ante evaluación sistemática de aspectos personales basada en decisiones automatizadas con efectos jurídicos significativos, y ante tratamiento masivo o a gran escala. Es previa al inicio de las operaciones, no un informe que se redacta después de comprado el sistema. Cuando la evaluación se hace en serio y el riesgo residual sigue siendo alto, el resultado legítimo es no ejecutar el proyecto.

IV. Desde la perspectiva de los derechos de los titulares, ¿qué principios deben garantizarse frente al uso de IA, especialmente en privacidad, consentimiento, transparencia y autodeterminación informativa?

Desde la reforma constitucional de 2018, la protección de datos personales es un derecho fundamental autónomo en el artículo 19 N° 4 de la Constitución, distinto del derecho a la vida privada. Eso significa que la protección no depende de que la información sea íntima o secreta, alcanza a datos perfectamente ordinarios, porque lo que se protege es el control de la persona sobre la información que le concierne. Esa es la autodeterminación informativa, y es la que el uso de IA tensiona con mayor fuerza, porque los sistemas de perfilamiento infieren atributos que la persona nunca entregó.

Los principios de la protección de datos (artículo 3) aplican íntegramente, y los que más se resienten en contextos de IA son tres. La finalidad, porque la lógica de estos proyectos es reutilizar datos recolectados para otra cosa; la ley admite fines compatibles, pero compatible no significa conveniente. La proporcionalidad, porque el sistema tiende a pedir todo lo disponible, cuando el estándar legal es lo necesario, adecuado y pertinente. Y la transparencia, que el artículo 14 ter con-

Se debe desestimar cuando la organización no puede garantizar las salvaguardas del artículo 8 bis frente a decisiones que producen efectos jurídicos o afectan significativamente al titular. Si no hay intervención humana real, ni capacidad de explicar, ni mecanismo de revisión, la decisión automatizada no puede desplegarse.

Se debe desestimar, además: cuando el proveedor no acepta las obligaciones como encargado (muchos ofrecen sólo contratos de adhesión que no contemplan esas obligaciones o se reservan usar las entradas para entrenar sus modelos); cuando no es posible acreditar la licitud del tratamiento (esa carga está radicada por ley en el responsable); y cuando el sistema exige recolectar más datos de los estrictamente necesarios, en contravención al principio de proporcionalidad.

Un criterio transversal aplicable sería evaluar si la ganancia de eficiencia queda íntegramente en la organización y el riesgo íntegramente en el titular, en ese caso, la ponderación ya estaría resuelta en contra del proyecto. En el fondo, eso es lo que mide el test de proporcionalidad.

creta en un deber de informar la existencia de decisiones automatizadas y la lógica aplicada, no de publicar una política genérica.

Sobre el consentimiento, quiero ser precisa, porque es donde más se equivoca la práctica. El consentimiento no es la base preferente ni la más protectora; con frecuencia es la más débil. El artículo 12 presume que no ha sido libremente otorgado cuando el responsable lo recaba en el marco de un contrato o servicio en que esa recolección no era necesaria. En el ámbito laboral esa presunción es especialmente relevante porque la asimetría entre empleador y trabajador hace muy difícil sostener que el consentimiento fue libre. Una empresa que basa en el consentimiento del trabajador un sistema de monitoreo o evaluación algorítmica está construyendo sobre un fundamento frágil, y probablemente debería estar analizando si tiene o no interés legítimo, con la ponderación documentada que eso exige.

Finalmente, el catálogo de derechos

 **IV.** | debe ser operativo: acceso, rectificación, supresión, oposición, portabilidad, bloqueo del artículo 8 ter, y oposición a decisiones automatizadas. La Comisión de Implementación fue explícita en que la eventual ausencia de guías interpretativas de la Agencia no suspende ni limita la exigibilidad de estos derechos desde el 1 de diciembre de 2026.

V. ¿Qué ventajas ofrecen los modelos de IA locales, privados o integrados en entornos corporativos seguros frente a herramientas públicas en la nube, en términos de control, trazabilidad y resguardo de la información?

Un despliegue local o en entorno privado permite determinar con certeza si los datos alimentan o no el entrenamiento; controlar los registros y los plazos de retención; auditar quién accedió a qué y cuándo, lo que hace posible acreditar el funcionamiento de las medidas de seguridad cuando el artículo 14 quinquies pone esa carga probatoria en el responsable ante un incidente; segmentar accesos y aplicar seudonimización y cifrado, que la ley menciona expresamente; y, no menor, mantener los datos en territorio nacional, evitando el régimen de transferencia internacional en un escenario donde la Agencia probablemente no tendrá el listado de países adecuados al momento de entrar en vigor la ley, y deba revisar y aprobar las cláusulas contractuales modelo.

Dicho eso, corresponde advertir que la localización es una medida de seguridad y de control, no es una base de licitud. Un modelo local no vuelve lícito un tratamiento que carece de fundamento en el artículo 12 o 13. No exime de la evaluación de impacto del artículo 15 ter, y tampoco de informar la lógica aplicada. No convierte en proporcionado un perfilamiento excesivo, ni en explicable una decisión opaca. Y el riesgo de uso interno indebido (acceso desmedido de personal propio a

bases sensibles) puede incluso aumentar cuando el sistema está integrado a los repositorios corporativos.

Hay además un costo que se subestima a veces, al internalizar la infraestructura, la organización asume íntegramente el deber de seguridad del artículo 14 quinquies, que exige confidencialidad, integridad, disponibilidad y resiliencia, capacidad de restauración y verificación periódica de la eficacia de las medidas. Ese estándar no baja porque el servidor sea propio. Para muchas organizaciones medianas, un proveedor externo bien contratado ofrece mejores garantías efectivas que un despliegue interno mal mantenido. Y conviene notar que buena parte de lo que se llama “local” es, en rigor, infraestructura dedicada sobre nube pública, lo que reordena los riesgos pero no los elimina.

La formulación que me parece correcta es que los modelos locales resuelven un problema de infraestructura y de control. El problema de gobernanza, es decir, qué finalidad persigo, con qué fundamento, sobre quién recae el riesgo y quién responde por la decisión, sigue completo, y es el que determina si el tratamiento es lícito.

02

SMART TECHNOLOGIES Y ENTORNOS CONECTADOS



Las tecnologías inteligentes forman parte de un proceso de transformación que está cambiando la manera en que habitamos las ciudades, interactuamos con nuestros hogares y desarrollamos nuestro trabajo. Gracias a la conectividad, el análisis de datos, la inteligencia artificial y la automatización, hoy es posible diseñar soluciones capaces de anticipar problemas, optimizar recursos y apoyar la toma de decisiones en tiempo real, generando nuevas oportunidades para mejorar la calidad de vida de las personas.

En Chile, estos avances representan una oportunidad para abordar desafíos relacionados con el desarrollo urbano, la inclusión, la seguridad y el bienestar. Sin embargo, su verdadero potencial no depende únicamente del nivel de desarrollo tecnológico, sino de su capacidad para responder a las necesidades de las personas y adaptarse a las distintas realidades sociales y territoriales del país.

En este contexto, la ingeniería cumple un rol fundamental al impulsar soluciones que integren innovación, sostenibilidad y una mirada centrada en las personas. A través de los siguientes reportajes y una columna de opinión, este capítulo reúne la visión de especialistas provenientes del ámbito académico, público y privado, quienes reflexionan sobre cómo las smart technologies pueden contribuir al desarrollo de un Chile más inteligente, inclusivo, seguro y orientado al bienestar de la sociedad.



SUBTEMA 1

DEL MODELO ASIÁTICO A LA REALIDAD CHILENA: APRENDIZAJES PARA CIUDADES MÁS INTELIGENTES

Las ciudades enfrentan hoy desafíos cada vez más complejos relacionados con la movilidad, la sostenibilidad y la gestión eficiente de sus recursos. En este contexto, el concepto de ciudades inteligentes ha adquirido relevancia como una forma de integrar tecnología e innovación para mejorar la calidad de vida de las personas. Diversos países asiáticos se han consolidado como referentes en esta materia gracias al desarrollo de soluciones urbanas que combinan planificación, infraestructura y transformación digital.

A partir de estas experiencias, dos especialistas analizan aprendizajes que nos pueden aportar los países de oriente al contexto chileno y cómo la ingeniería puede contribuir al desarrollo de ciudades más inteligentes, sostenibles y centradas en las personas.



RODRIGO MARTÍN

Doctor en arquitectura y ciudad inteligente de Auckland University of Technology, Postítulo en Transporte Urbano en la Universidad de Tokio y Subdirector de Smart City Lab USACH.



JOAQUÍN SÁEZ

Antropólogo Social de la Universidad de Chile y Magíster en Estudios Internacionales. Diplomado en Estudios Chinos IEI U. de Chile.

I. MÁS QUE TECNOLOGÍA: APRENDER DE LOS REFERENTES ASIÁTICOS

Durante las últimas décadas, países como Singapur, Japón, Corea del Sur y, más recientemente, China, se han consolidado como referentes mundiales en el desarrollo de ciudades inteligentes. La incorporación de tecnologías digitales, sensores, plataformas de gestión y sistemas de información ha permitido optimizar la movilidad, los servicios públicos y la planificación urbana. Sin embargo, para nuestros entrevistados, el principal aprendizaje que Chile puede extraer de estas experiencias no radica únicamente en la tecnología, sino en la forma en que estos países han articulado políticas públicas, planificación e innovación para responder a las necesidades de sus habitantes.

En este sentido, Rodrigo Martín destaca que casos como Singapur y Hong Kong demuestran el potencial que tienen herramientas como el Internet de las Cosas, la inteligencia artificial y las plataformas digitales para mejorar la gestión urbana. No obstante, enfatiza que "el aprendizaje crítico radica no solo en la adopción tecnológica, sino en la capacidad de adaptar estas soluciones a las particularidades locales", considerando factores culturales, sociales y territoriales propios de cada país.

Desde una perspectiva complementaria, Joaquín Sáez plantea que el interés de estudiar estas experiencias radica en comprender los procesos políticos, sociales e institucionales que permitieron su

desarrollo, más que en replicar sus soluciones tecnológicas. A su juicio, más que replicar proyectos específicos, Chile debería comprender los procesos que permitieron consolidar estas experiencias y evaluar cuáles de sus aprendizajes pueden dialogar con la realidad nacional.

El desafío no es copiar el modelo, sino construir uno propio. Aunque las experiencias asiáticas ofrecen valiosos aprendizajes, ambos especialistas coinciden en que su adaptación al contexto chileno exige mucho más que incorporar nuevas tecnologías. Las diferencias institucionales, culturales y sociales obligan a construir un modelo propio, capaz de responder a las necesidades y características de cada territorio. Rodrigo Martín sostiene que uno de los principales desafíos es fortalecer la gobernanza y la confianza entre la ciudadanía y las instituciones. Desde su experiencia en Japón, explica que muchas de las soluciones implementadas funcionan gracias a una cultura de colaboración y a la continuidad de las políticas públicas, por lo que afirma que la principal barrera para Chile "no es económica, sino cultural". En la misma línea, Joaquín Sáez plantea que los referentes asiáticos responden a contextos históricos y administrativos muy distintos al chileno, por lo que cualquier adaptación debe reconocer esas diferencias y evitar replicar soluciones de manera automática, privilegiando aquellas que dialoguen con la realidad local.

II. UNA CIUDAD INTELIGENTE TAMBIÉN DEBE SER UNA CIUDAD ABIERTA

Para ambos especialistas, el desarrollo de ciudades inteligentes solo tiene sentido cuando la tecnología está al servicio de las personas. Más que incorporar dispositivos o plataformas digitales, el desafío consiste en utilizar estas herramientas para responder de forma más eficiente, transparente e inclusiva a las necesidades de la ciudadanía.

En este contexto, Rodrigo Martín propone avanzar hacia el concepto de Open Smart City, un modelo basado en tecnología, datos abiertos, gobierno abierto y participación ciudadana. A su juicio, "no basta con que una ciudad sea tecnológicamente sofisticada"; las soluciones de-

ben responder a problemas reales, fortalecer el vínculo entre instituciones y comunidad, y favorecer el uso de tecnologías abiertas que eviten depender de un único proveedor.

Esta visión se complementa con la de Joaquín Sáez, quien sostiene que el desarrollo urbano debe construirse desde las particularidades de cada territorio y con una participación activa de las comunidades, de modo que el éxito de una ciudad inteligente se mida por su capacidad para mejorar la calidad de vida de las personas y no por la cantidad de tecnología que incorpora.

“...no basta con que una ciudad sea tecnológicamente sofisticada”
— Rodrigo Martín

III. INGENIERÍA CON PROPÓSITO PARA CIUDADES CENTRADAS EN LAS PERSONAS

Al proyectar el futuro de las ciudades inteligentes en Chile, ambos expertos coinciden en que la tecnología no puede constituir un fin en sí mismo. Su verdadero valor depende de que contribuya a reducir brechas, fortalecer la inclusión y mejorar la calidad de vida de las personas, especialmente de aquellos grupos que históricamente han enfrentado mayores dificultades para acceder a oportunidades y servicios urbanos.

Desde esta perspectiva, Rodrigo Martín sostiene que la ingeniería con propósito implica desarrollar soluciones que respondan a las necesidades reales de las comunidades. En sus palabras, es necesario "desarrollar tecnologías y sistemas que mejoren la calidad de vida de las personas, especialmente de las comuni-

dades más vulnerables", promoviendo ciudades sostenibles, resilientes y "em-páticas". Asimismo, plantea que el éxito de una ciudad inteligente no debería medirse por la cantidad de sensores o plataformas implementadas, sino por "su capacidad para generar un impacto positivo en la calidad de vida, la cohesión social y la equidad".

Para Joaquín Sáez, el principal aprendizaje de los referentes asiáticos es comprender que la tecnología debe estar subordinada a un proyecto de ciudad compartido por la sociedad. Desde esa perspectiva, una ciudad inteligente no debería definirse por la cantidad de tecnología que incorpora, sino por su capacidad para responder a las necesidades de las personas.

SUBTEMA 2

ESPACIOS INTELIGENTES, CIUDAD Y EQUIDAD

Las ciudades evolucionan constantemente para responder a nuevas necesidades, incorporando tecnologías que buscan mejorar la movilidad, optimizar los servicios y hacer más eficiente la gestión urbana. Sin embargo, el verdadero desafío no está únicamente en innovar, sino en asegurar que esos avances beneficien a todas las personas y contribuyan a reducir las brechas que aún existen entre los distintos territorios y comunidades del país.

Dos especialistas nos comparten sus perspectivas sobre el desarrollo de espacios inteligentes y el papel que la innovación, la planificación urbana y el enfoque territorial pueden desempeñar para construir ciudades más inclusivas, equitativas y centradas en las personas.



PREGUNTA GUÍA

¿Cómo pueden desarrollarse los espacios inteligentes para contribuir al bienestar y la equidad de las personas en las distintas realidades urbanas de Chile?

Del placebo tecnológico al territorio que decide

Por: **Paola Jirón**, Doctora en Planificación Urbana de The London School of Economics and Political Science. Ex presidenta del Consejo Nacional de Desarrollo Territorial. Académica de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile

Preguntarse cómo pueden desarrollarse los espacios inteligentes para contribuir al bienestar y la equidad en las distintas realidades urbanas de Chile, antes que nada, obliga a mirar de frente lo que ya ha ocurrido cuando el país ha intentado responder esa pregunta bajo el paradigma dominante de las Smart Cities. La evidencia no es alentadora. Las intervenciones "inteligentes" implementadas en Santiago no necesariamente han producido transformaciones significativas en escala, inversión ni diseño urbano. Más bien, han producido algo parecido a un placebo urbano: una acción performativa capaz de mejorar la percepción ciudadana sobre la modernidad de la ciudad, sin alterar las condiciones materiales de desigualdad que la atraviesan. Un placebo cura porque el paciente cree que cura. Ese es el riesgo más profundo de "hacer inteligente" un espacio urbano: que la sensación de progreso sustituya al progreso mismo.

Este resultado no ha sido casual, sino el efecto de una lógica narrativa en la que actores tecnológicos convencer a las autoridades de que problemas profundamente sociales —la segregación, la inseguridad, la crisis ambiental, la falta de cuidado, la movilidad precaria— son, en el fondo, problemas técnicos resolubles con datos y plataformas. Esa traducción es el verdadero mecanismo de captura: mientras la desigualdad territorial se siga leyendo como un déficit de senso-

res o de innovación digital, o la seguridad se intente resolver solamente con cámaras de vigilancia, entre otros, la pregunta sobre qué ciudad queremos y para quién ya habrá sido respondida de antemano por quienes venden la solución. Este patrón ha sido estructural a la manera en que el concepto ha circulado en Chile: dominado por empresas privadas e instituciones de innovación y transformación digital, funcionando como narrativa de fomento tecnológico antes que como política urbana orientada al bienestar.

Frente a esto, pensar los espacios inteligentes desde la equidad exige un desplazamiento epistemológico: dejar de preguntar cómo aplicar tecnología a un territorio para preguntar qué necesita ese territorio, en su historia concreta, para tener un futuro más justo, y solo después —como decisión colectiva— evaluar si alguna tecnología sirve a ese propósito. Esta inversión cambia todo lo que sigue. Cambia la escala de análisis: Santiago metropolitano, una ciudad intermedia atada a agendas de competitividad, y los territorios rurales o de alta movilidad migrante no son variaciones de un mismo problema técnico, sino realidades con lógicas de desigualdad, cuidado y acceso irreductibles entre sí. Ningún modelo replicable desde arriba puede responder a la vez a esas realidades sin caer en el mismo monismo que ya fracasó.



Cambia también quién decide. Si el circuito que hizo circular el concepto en Chile estuvo protagonizado por empresas y agencias de innovación, la alternativa exige incorporar, con poder de decisión real, a quienes sostienen la vida cotidiana del territorio: organizaciones vecinales, personas cuidadoras, usuarias del transporte público, habitantes de las periferias que la narrativa Smart rara vez menciona. Y cambia el criterio de éxito: no la cantidad de plataformas instaladas, sino si las personas que pueden moverse, cuidar y ser cuidadas, ha-

bitar con dignidad y decidir sobre su propio futuro urbano. Ninguna de estas condiciones se cumple automáticamente por incorporar tecnología, ni se descarta por prescindir de ella. Quizás la tarea más urgente no sea diseñar el próximo espacio inteligente, sino preguntar de cada intervención: ¿transforma efectivamente la desigualdad, o solo mejora la percepción de que algo cambia? Distinguirlo, con honestidad, es la condición mínima para que el territorio inteligente no sea, otra vez, un placebo con mejor relato.

ESPACIOS INTELIGENTES

Articulación, datos y equidad en el territorio

Por: **Solange Arredondo**, Ingeniera Comercial de la USACH, Gerenta de Sé Santiago Smart City y Curadora de contenidos en eventos de ciudades inteligentes en Chile.

La trayectoria del programa Sé Santiago nos ha dejado una lección fundamental: la tecnología, por sí sola, no hace inteligente a una ciudad; lo que verdaderamente le otorga ese carácter es su capacidad para poner a las personas en el centro de su desarrollo.

Al reflexionar sobre cómo los espacios inteligentes pueden contribuir al bienestar y a la equidad en la Región Metropolitana, es imprescindible abandonar la visión puramente tecnocéntrica y adoptar una perspectiva humana, integradora, técnica y adaptada a la complejidad urbana de nuestra metrópolis. Santiago es una metrópolis de marcados contrastes.

Las brechas de infraestructura, la fragmentación urbana y las profundas desigualdades entre nuestras comunas nos obligan a diseñar soluciones que no sean de "talla única". Para que la innovación sea un motor de equidad, el primer paso es enfocar la tecnología en responder a los dolores cotidianos de las comunidades, abordando de forma integral nuestros tres ejes estratégicos: **movilidad sustentable, seguridad—que abarca tanto la seguridad ciudadana como la ciberseguridad—** y resiliencia ambiental.



Mientras en un sector de la capital la prioridad puede ser la gestión eficiente del tránsito y la electromovilidad, en otro, un espacio inteligente se traduce en paraderos iluminados y seguros, o bien en sistemas de alerta comunitaria para prevenir el delito y resguardar la tranquilidad de los barrios. Paralelamente, en una ciudad hiperconectada, la ciberseguridad se vuelve indispensable para proteger los datos de las personas y asegurar la infraestructura crítica urbana. La inteligencia urbana debe actuar como un puente de equidad que nivele la cancha y cierre las brechas históricas que separan a nuestras comunas.

A esta fragmentación social se suman urgencias climáticas insoslayables. Aunque hayamos registrado precipita-

ciones recientemente, no podemos olvidar que la Región Metropolitana enfrenta una crisis hídrica sostenida desde hace 15 años, acompañada por episodios de calor extremo cada vez más frecuentes e intensos. Frente a ello, los espacios inteligentes deben convertirse en herramientas activas de sostenibilidad ambiental: desde sistemas de gestión eficiente del agua urbana y monitoreo del aire, hasta el diseño de infraestructura apta para mitigar el impacto térmico. El bienestar de las y los santiaguinos está directamente ligado a la capacidad de nuestra metrópolis para adaptarse al cambio climático.

El desarrollo de estos entornos requiere una gobernanza colaborativa de cuádruple hélice. El modelo de articulación que impulsamos desde Sé Santiago —uniendo al sector público, la empresa privada, la sociedad civil y la academia— es la clave para garantizar que las soluciones perduren y se adapten a las necesidades reales del territorio. La innovación urbana no se concibe

desde un escritorio; el bienestar se co-crea en la ciudad, sumando la mirada técnica y crítica de nuestras universidades.

En definitiva, los espacios inteligentes en la Región Metropolitana deben consolidarse como plataformas de articulación, gestión e integración territorial basadas en evidencia. No se trata de la cantidad de sensores que instalemos, sino de cómo usamos los datos y la tecnología para tomar mejores decisiones públicas, resguardar a las personas y devolverles tiempo y tranquilidad. La ciudad es el espacio físico donde desplegamos nuestras ideas, nuestras innovaciones, nuestras tecnologías y nuestros sueños, y donde alcanzamos el bienestar que anhelamos para todas las personas. Desde Sé Santiago, invitamos a la academia, a las instituciones y a cada habitante a sumarse activamente desde su rol a este desafío compartido de construir un Santiago más inteligente, pero también más amable, seguro, integrado y humano.

SUBTEMA 3

HOGARES INTELIGENTES, INCLUSIÓN Y AUTONOMÍA

Los avances en tecnologías conectadas están abriendo nuevas oportunidades para mejorar la vida cotidiana de las personas. En el caso de las personas con discapacidad, los hogares inteligentes pueden convertirse en un apoyo para realizar distintas actividades con mayor autonomía e independencia.

Sin embargo, su verdadero impacto no está dado solo por la innovación tecnológica. Para que estas soluciones sean realmente útiles, deben diseñarse considerando criterios de accesibilidad, usabilidad e inclusión, de modo que respondan a las necesidades de las personas y contribuyan a su bienestar.

Una especialista vinculada al desarrollo de tecnologías para la salud y la inclusión analiza cómo la ingeniería puede contribuir a diseñar soluciones que promuevan una vida más autónoma, accesible y centrada en las personas.

I. LA AUTONOMÍA COMIENZA CON UN DISEÑO PENSADO PARA LAS PERSONAS

Las tecnologías conectadas han ampliado las posibilidades para que las personas con discapacidad puedan desenvolverse con mayor independencia en su vida cotidiana. Sin embargo, su verdadero aporte no radica únicamente en automatizar tareas, sino en entregar herramientas que permitan mantener la autonomía, reducir barreras y mejorar la calidad de vida respetando siempre la dignidad de quienes las utilizan.

Desde esta perspectiva, Carla Taramasco explica que uno de los principales desafíos es desarrollar soluciones que acompañen a las personas sin invadir su privacidad. En este sentido, destaca el potencial de los Ambientes de Vida Asistida (Ambient Assisted Living), que mediante sensores conectados permiten identificar cambios en los patrones habituales de actividad para anticipar posibles deterioros funcionales o situaciones de riesgo. Como señala, estas tecnologías buscan que las personas "puedan permanecer en el lugar donde han elegido vivir, conservando su independencia y reduciendo situaciones de riesgo".

La especialista agrega que las tecnologías asistivas también pueden apoyar tareas tan diversas como desplazarse



CARLA TARAMASCO

Directora del Instituto de Tecnología para la Innovación en Salud y Bienestar de la Universidad Andrés Bello, Master en Ciencias Cognitivas de la École Normale Supérieure.

dentro del hogar, recordar medicamentos, comunicarse con otras personas o solicitar ayuda en caso de emergencia. Su propósito, no es reemplazar a las personas, sino entregarles mayores posibilidades para decidir cómo desarrollar su vida cotidiana.

II. INNOVAR TAMBIÉN SIGNIFICA DISEÑAR TECNOLOGÍAS ACCESIBLES

El desarrollo tecnológico avanza con rapidez, pero ello no garantiza que las soluciones sean realmente útiles para quienes las necesitan. Para Carla Taramasco, uno de los mayores desafíos continúa siendo lograr que estas herramientas sean accesibles desde el punto de vista económico, pero también fáciles de comprender y utilizar.

La investigadora advierte que muchas soluciones son diseñadas por personas con un alto nivel de alfabetización digital, sin considerar cómo interactúan con la tecnología quienes presentan distintas

capacidades o menor experiencia con dispositivos digitales. Por ello, sostiene que "no basta con que una tecnología funcione correctamente. También debe ser comprensible, intuitiva, fácil de utilizar y requerir el menor número posible de acciones".

A partir de esa experiencia, destaca el desarrollo de QUIDA, un sistema de monitoreo no invasivo desarrollado junto a sus usuarios. La iniciativa fue diseñada para integrarse de forma natural en la rutina diaria, permitiendo registrar información relevante sin modificar los hábitos de las

III. TECNOLOGÍA QUE PROTEGE SIN INVADIR

A medida que las tecnologías asistivas recopilan información sobre la salud, la movilidad y las actividades cotidianas de las personas, surgen nuevos desafíos relacionados con la privacidad y el uso responsable de esos datos. Para Carla Taramasco, una solución verdaderamente útil debe equilibrar innovación, seguridad y respeto por la dignidad de quienes la utilizan.

En este sentido, plantea que las tecnologías asistivas deben sustentarse en evidencia científica, proteger adecuadamente la información personal y privilegiar alternativas de monitoreo que

resulten lo menos invasivas posible. Como explica, "una buena tecnología asistiva no es solo aquella que funciona correctamente, sino aquella que puede ser utilizada con confianza, que protege a la persona, que se integra de manera natural en su vida y que fortalece su capacidad de decidir y desenvolverse con mayor independencia".

Asimismo, enfatiza que la accesibilidad debe incorporarse desde el propio diseño, evitando que la tecnología termine creando nuevas barreras para quienes precisamente busca apoyar.

IV. INGENIERÍA CON PROPÓSITO PARA UNA INCLUSIÓN

Más allá del desarrollo tecnológico, Carla Taramasco sostiene que el mayor desafío de la ingeniería consiste en comprender primero las necesidades de las personas y, solo a partir de ellas, definir qué herramientas pueden aportar una solución. En sus palabras, "la pregunta inicial no debería ser, ¿qué tecnología podemos aplicar?", sino "¿qué necesitan las personas para desenvolverse con mayor autonomía, seguridad y dignidad?".

La especialista subraya que las personas con discapacidad no constituyen un grupo homogéneo, por lo que las soluciones deben construirse mediante procesos participativos donde los futuros usuarios intervengan desde las primeras etapas del diseño. La experiencia desarrollada

con QUIDA refleja precisamente esa lógica: una tecnología pensada para integrarse de manera discreta al entorno, donde la privacidad y la dignidad fueron consideradas requisitos fundamentales y no limitaciones del proyecto.

Finalmente, Taramasco concluye que el futuro de las tecnologías asistivas dependerá de la capacidad de la ingeniería para trabajar de manera interdisciplinaria y mantener como principios centrales la autonomía, la inclusión y el respeto por las personas. Como resume, "la tecnología no debería obligar a las personas a adaptarse a ella; debería adaptarse a las personas y contribuir a que puedan vivir, participar y decidir con mayor libertad".

“la pregunta inicial no debería ser, ¿qué tecnología podemos aplicar?”, sino “¿qué necesitan las personas para desenvolverse con mayor autonomía, seguridad y dignidad?”

— Carla Taramasco

SUBTEMA 4

TECNOLOGÍAS INTELIGENTES PARA LA SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

La incorporación de nuevas tecnologías está transformando la manera en que las organizaciones previenen riesgos y promueven entornos de trabajo más seguros. Herramientas como; sensores inteligentes, dispositivos portátiles (wearables) y sistemas de monitoreo en tiempo real, ofrecen nuevas posibilidades para anticipar situaciones de riesgo y fortalecer la protección de las personas. Aquí, el verdadero desafío no solo radica en incorporar estas tecnologías, sino en implementarlas de manera efectiva, que respondan a las necesidades de las organizaciones y de quienes forman parte de ellas. Su desarrollo requiere equilibrar innovación, prevención y bienestar, asegurando que la tecnología contribuya efectivamente a mejorar las condiciones de trabajo.

Especialistas vinculados a la prevención de riesgos, la innovación tecnológica y la inteligencia artificial, comparten sus perspectivas sobre el aporte de estas herramientas para construir entornos laborales más seguros y centrados en las personas.



LUIS STIVEN

Abogado de la Pontificia Universidad Católica, Gerente de Seguridad Vial en Mutual de Seguridad, Ex Secretario Ejecutivo de CONASET.



LEILA MANSURATI

Ingeniera en Prevención de Riesgos, Diplomada en Desarrollo de Personas y Control de Gestión de Recursos Humanos en la Universidad de Chile.



MABEL VIDAL

Ingeniera en Bioinformática, Doctora en Ciencias de la Computación y académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción.

I. PREVENIR ANTES QUE REACCIONAR

La incorporación de tecnologías inteligentes está cambiando la forma de abordar la prevención de riesgos, al anticipar situaciones antes de que se conviertan en incidentes.

Para Mabel Vidal, este escenario representa "un cambio de paradigma: pasar de gestionar las consecuencias a anticipar las condiciones", explica que la inteligencia artificial permite proyectar necesidades de dotación antes de que la falta de personal derive en fatiga, estrés o una mayor exposición al riesgo. En la misma línea, Leila Mansurati destaca que herramientas como la analítica de datos y el monitoreo en tiempo real, permiten detectar desviaciones de forma temprana y que "la tecnología no reemplaza el criterio del prevencionista; lo fortalece". A esta visión se suma Luis Stiven, quien señala que tecnologías antes utilizadas solo en industrias específicas, hoy en día, se han masificado, contribuyendo a fortalecer la prevención y proteger la vida de las personas.

II. EL VALOR DE LOS DATOS ESTÁ EN LAS DECISIONES

El desarrollo de tecnologías inteligentes ha permitido que las organizaciones recopilen una cantidad, cada vez mayor de información sobre sus procesos y condiciones de trabajo, pero estos datos sólo adquieren valor, cuando permiten tomar decisiones que fortalezcan la prevención y mejoren las condiciones laborales.

En este sentido, Mabel Vidal, destaca que la inteligencia artificial puede anticipar necesidades de dotación, detectar patrones de fatiga y optimizar la planificación de turnos, afirmando que "lo valioso no es solo el pronóstico numérico, sino que permite tomar decisiones más humanas". Por su parte, Leila Mansurati resalta aplicaciones como la realidad virtual, para capacitar trabajadores en escenarios de riesgo y plataformas digitales que facilitan el seguimiento de inspecciones e indicadores en tiempo real. Luis Stiven coincide en que el desafío no es únicamente disponer de información, sino utilizarla de manera efectiva, planteando una pregunta que resume esta idea: "¿Qué hace la empresa con esos datos?". Más que incorporar nuevas tecnologías, sostiene que el reto está en utilizarlas, para impulsar acciones concretas que permitan reducir los riesgos y proteger a las personas.

III. EL MAYOR DESAFÍO SIGUE SIENDO HUMANO

La incorporación de nuevas tecnologías no garantiza por sí sola una prevención más efectiva. Su impacto depende de cómo las organizaciones las integren y de la confianza que generen entre quienes las utilizan.

Para Leila Mansurati, "el principal desafío no es tecnológico, sino cultural", ya que la adopción de estas herramientas requiere liderazgo, capacitación y una comunicación clara sobre su propósito. Mabel Vidal complementa esta mirada señalando que, además de la calidad de los datos, resulta fundamental que las personas confíen en los algoritmos y los perciban como herramientas de apoyo, no de control. En tanto, Luis Stiven enfatiza, que la tecnología debe formar parte de un sistema de gestión de riesgos sólido, capaz de fortalecer el trabajo preventivo sin reemplazar el criterio humano.

IV. INNOVAR PARA PROTEGER A LAS PERSONAS

El desarrollo de tecnologías inteligentes cobra sentido cuando su objetivo es mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida de las personas.

En esta línea, Leila Mansurati sostiene que toda innovación debe diseñarse pensando en quienes la utilizarán, simplificando procesos y reduciendo la exposición a riesgos, "manteniendo siempre al trabajador como el centro de cada decisión". Luis Stiven agrega que este propósito también requiere fortalecer los sistemas de gestión del riesgo e impulsar políticas públicas, que favorezcan una cultura preventiva dentro y fuera de las organizaciones. Finalmente, Mabel Vidal, plantea que estas tecnologías deben incorporar principios como, el diseño centrado en las personas, la transparencia, la equidad, incluyendo la perspectiva de género, y la supervisión humana. En ese sentido, resume su visión con una reflexión que pone el foco en el impacto real de la innovación: "Creo que una buena tecnología de este tipo se mide por algo simple: si al final del proceso las personas trabajan más tranquilas, más seguras y con mayor dignidad, o no".

03

ESPACIO, CIENCIA Y FUTURO DE LA HUMANIDAD



A lo largo de la historia, mirar hacia las estrellas ha sido el motor de las preguntas más profundas de nuestra especie: quiénes somos, de dónde venimos y hacia dónde vamos. Sin embargo, en el siglo XXI, la exploración espacial y las ciencias del cosmos han dejado de ser solo una búsqueda filosófica o una competencia de egos geopolíticos; hoy se consolidan como un pilar estratégico indispensable para la supervivencia de nuestra civilización. Los desafíos que enfrentamos en la Tierra, desde el colapso climático y la crisis hídrica global, hasta la profunda brecha en la conectividad y equidad territorial, encuentran en la infraestructura espacial un aliado inesperado, pero crítico.

Este capítulo reúne las voces de astrónomos y divulgadores que están redefiniendo la relación entre la ciencia de frontera y el bienestar social. A través de sus perspectivas, comprenderemos que investigar el universo, no implica dar la espalda a los problemas terrestres; por el contrario, nos obliga a acelerar innovaciones tecnológicas urgentes. Chile, poseedor de uno de los patrimonios astronómicos más importantes del planeta debido a la pureza de sus cielos nortinos, no es un mero espectador en esta revolución (Amar Díaz, M. G, 2025). Por el contrario, se posiciona como un laboratorio natural clave para el diseño de sistemas socioproductivos donde la infraestructura de vanguardia se pone, de forma prioritaria, al servicio del bienestar y la equidad en nuestra era tecnológica (Cutipa, G. 2021).



GESTIÓN DE RECURSOS EN ENTORNOS EXTREMOS.

Más allá de las estrellas: cómo la ciencia espacial puede transformar nuestro futuro en la Tierra.

En nuestra historia, la supervivencia humana en el espacio exterior, representa un desafío de la ingeniería muy complejo. Al carecer de una atmósfera protectora, ciclos hídricos naturales o fuentes de energía tradicionales, la exploración espacial ha tenido que diseñar ecosistemas cerrados, donde el desperdicio equivale a la vulnerabilidad. Tecnologías icónicas nacidas bajo este principio, de escasez absoluta, hoy catalogadas por la NASA dentro de su programa de transferencia tecnológica Spin Off, han revolucionado la vida cotidiana, a través de sistemas avanzados, de purificación de agua por ósmosis inversa, sensores de monitoreo de cultivos hidropónicos y celdas fotovoltaicas de alta eficiencia (Pérez, M. G, 2026).

Mientras las agencias internacionales, proyectan bases científicas permanentes, en entornos hostiles, como la Luna o Marte, la Tierra enfrenta de manera inmediata las consecuencias de una crisis hídrica y climática global (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2025). En este escenario, las lecciones de la logística espacial, dejan de ser exclusivas del cosmos y se convierten en herramientas de resiliencia urgentes para optimizar la gestión de recursos críticos, en nuestro propio planeta. Para explorar esta profunda conexión entre la astrofísica, el desarrollo tecnológico y nuestro futuro, conversamos con la destacada astrónoma, investigadora y divulgadora científica chilena, Teresa Paneque.

I. La exploración espacial ha obligado a desarrollar sistemas capaces de operar con recursos limitados. ¿Qué lecciones cree que la humanidad puede extraer de estos desafíos, para enfrentar problemas actuales, como la crisis hídrica y la sostenibilidad?



TERESA PANEQUE

Divulgadora científica y escritora, con un Máster en la Universidad de Chile y un Doctorado en la Universidad de Leiden en Astronomía.

Créditos a: <https://www.drewbirdphoto.com/>

Hay muchas lecciones y aplicaciones tecnológicas sobre la Tierra, que nacen a partir de sistemas ocupados para la exploración espacial. Al ser entornos tan extremos, efectivamente fuerzan a que las tecnologías tengan que avanzar a pasos rápidos. Y muchas veces, no sabemos cuáles van a ser las aplicaciones exactas de esos métodos que se desarrollan, pero lo vemos años después. Ya han habido aplicaciones, efectivamente, para cosas desde sistemas de riego, hasta modificaciones a plantas para que puedan resistir condiciones de mayor desertificación y estrés hídrico. Y yo creo que eso va a ir avanzando a medida de que distintas agencias espaciales alcancen sus metas de, por ejemplo, producir comida en el espacio. Y eso va a ser algo súper positivo para la

vida sobre la Tierra. Yo siempre digo, es muy emocionante la posibilidad de poder explorar más allá de nuestro planeta, pero las condiciones de vida idóneas para la humanidad están sobre la Tierra. Por ende, nuestro foco debiese ser poder usar todos esos conocimientos, para mejorar la vida sobre el planeta Tierra. Así que, yo creo que toda la parte de también reutilizar y reciclar todos los productos de la nave, desde los desechos humanos y cualquier tipo de desecho que ocurre en el espacio, es usualmente, reciclado y reutilizado. Y esas son cosas que también en la situación de crisis climática tenemos sobre el planeta, deberíamos estar quizás haciendo y ocupando esos sistemas para filtrar, quizás parte de los desechos que estamos generando.

II. ¿De qué manera la investigación científica y la exploración espacial, pueden contribuir a construir un futuro más sostenible y resiliente para las próximas generaciones?

Yo esperarí que la investigación científica y la exploración espacial, puedan contribuir no solamente con avances tecnológicos, sino que también con avances en la manera en la cual perfilamos nuestra sociedad. Hay mucha colaboración internacional en las grandes misiones espaciales, aunque muchas veces, por supuesto, hay fines políticos y competencias entre naciones, que yo diría están enfrentadas por los egos de sus líderes políticos, las personas que están desarrollando la ciencia y que están trabajando en hacer esto posible, la gente

de base, son personas que valoran la interdisciplinariedad y también la internacionalización de estos desafíos. Son gente que viene de todas partes del mundo, que han migrado muchas veces y que ponen su expertise al servicio de un objetivo que es para toda la humanidad. Así que yo espero que estas áreas del conocimiento, no solamente nos aporten tecnología específica, sino que también una manera más amable, humana, empática e internacional de ver el mundo y de ver el progreso.

III. En un contexto donde muchas veces se cuestiona la inversión en ciencia, ¿Cómo respondería a quienes consideran que la exploración espacial, está desconectada de las necesidades que enfrenta la sociedad en la Tierra?

Yo creo que todas las áreas de la ciencia, sean ciencias aplicadas, ciencias básicas, ciencias sociales, ciencias exactas, son aristas fundamentales de lo que es el ser humano. Es muy difícil enfrentarse a una visión donde, o una expectativa, de que todo lo que haga el ser humano debe ser productivo. Eso afectaría no solamente a temas como, la exploración espacial, que de hecho tiene un resultado inmediato en cuanto al desarrollo tecnológico, sino que también a temas de arte, de deporte, de cultura. Y son todas áreas importantes, para el desarrollo humano. Entonces, yo creo que el desarrollo tecnológico y científico que se requiere para explorar el espacio es algo que afecta de manera inmediata a la tecnología que nosotros hoy en día ocupamos, desde las cámaras de nuestros celulares hasta la conectividad y el GPS, que nos sirven para ir a todas par-

tes, o sistemas de alerta, monitoreo terrestre, o sea, el nivel de información y de efectos positivos que tiene la exploración espacial es muy grande, pero uno también debiese valorar las cosas, por lo que suponen a nivel de cómo el ser humano está avanzando y está aprendiendo a partir de descubrir y mejorar en distintas áreas. Hemos llegado hasta este punto de la historia, porque décadas atrás nuestros antepasados, o siglos atrás nuestros antepasados, se pasaban mucho tiempo filosofando profundizando y cuestionándose y tratando de entender mejor nuestro mundo. Así que esperemos que con el desarrollo tecnológico también eso dé paso a más tiempos de ocio y de calma. Yo creo que el ser humano tiene muchas aristas y que tratar de cuantificar el valor de todas esas aristas no es el fuego que debiésemos darle a la discusión.

IV. A través de las redes sociales y las plataformas digitales, la divulgación científica ha llegado a públicos cada vez más diversos. ¿Cómo ha cambiado la relación entre la comunidad científica y la ciudadanía en los últimos años, y qué desafíos observa en este nuevo escenario?

La comunidad científica, yo creo que en los últimos años ha visto la necesidad de fortalecer su conexión con el medio y con un público, en una relación mucho más horizontal también. Porque por mucho tiempo se vio a la academia y a la ciencia casi como un pináculo de la verdad, cuando esa no es la realidad de lo que nosotros estamos haciendo. Muchas veces las investigaciones tienen resultados concretos, que mejoran las condiciones de vida para las comunidades. Y además, ciencias básicas como la astronomía, son financiadas con fondos públicos. Entonces, yo siempre he dicho que es un deber de la ciencia y de la academia mantenerse en conexión.

El objetivo nuestro es mejorar y generar conocimiento para toda la humanidad, no solamente para quienes estamos en la academia, sino que todas las personas puedan beneficiarse, puedan aprender. Y eso no quiere decir, quizás, como entregar esa información con el nivel de tecnicismo que se manejan en los círculos académicos, sino que poder entregar estas herramientas y ponerlas al servicio de formatos educativos o a través de la comunicación científica para fomentar la curiosidad, fomentar las nuevas vocacio-

nes y derribar estereotipos, que finalmente son actos que ayudan a formar un entorno académico más amable a medida que estamos potenciando e invitando a nuevas generaciones a que también se hagan parte. Así que, yo creo que es algo que la academia se ha dado cuenta que es necesario, que se ha discutido mucho, que ya no se ve como algo extra, sino que se ve como algo que debe ser una parte central de la investigación que estamos haciendo. Y eso ha traído cambios como, por ejemplo, trabajar mucho más de cerca con personas especialistas en comunicación, con periodistas científicos, valorar los esfuerzos que hacen individuos que hacen ciencia y que también comunican la ciencia. Y no solamente ver índices de logros como las citas académicas o la publicación de artículos en revistas académicas, sino que también considerar los esfuerzos que se hacen en cuanto a la divulgación como cosas valorables y positivas dentro de la trayectoria académica. Así que son cambios que se van dando, por supuesto, en escalas de tiempo más largas de las que uno desearía, pero son cambios que apuntan hacia una dirección correcta, en mi opinión.

V. Desde su experiencia como investigadora y divulgadora, ¿Qué rol cree que deben asumir los científicos en la comunicación pública del conocimiento de la exploración espacial?

Yo siento como investigadora y divulgadora, que es importante que los científicos seamos parte de la comunicación pública. No necesariamente que todos los científicos estén teniendo redes sociales y haciéndose cargo de la divulgación, pero sí que estemos colaborando junto con periodistas científicos, los equipos de comunicaciones que existen en las instituciones, y que sea algo que se valore como una parte central de la actividad que estamos haciendo. Y esto es importante en todas las áreas del conocimiento. Por supuesto que la exploración espacial, es algo más atingente o más cercano a mi área. Yo en verdad hago ciencia espacial, que es muy distinta a la exploración espacial, pero la exploración espacial tiene consecuencias políticas fuertes, para los distintos países.

Es algo que afecta también a nuestro medio ambiente, es algo que afecta a nuestros cielos. A mí en lo personal, más allá de mi opinión como científica, mi opinión como ciudadana, me parece peligroso que cualquier persona o cualquier

país o cualquier empresa o persona con suficiente dinero pueda lanzar algo al espacio. Y creo que es donde también necesitamos fortalecer nuestras políticas internacionales, que aseguren que el espacio, al igual que lo es la Antártica sobre la Tierra, sea un espacio de paz y de conocimiento para toda la humanidad. Entonces, es algo nuevo, es algo que por supuesto venimos haciendo en los últimos 100 años, pero es algo que está ganando mucha tracción, que está ocurriendo de manera cada vez más frecuente. Y es importante que haya una conversación y un diálogo no solamente hacia nuestras sociedades individuales, sino que realmente con una perspectiva global de cómo vamos a monitorear, proteger, cuidar y asegurar, para que esto no se transforme solamente en la ley del más fuerte o el más poderoso o el más rico o el que llegue primero. Porque la Luna no puede ser un territorio en disputa, tiene que ser un territorio para toda la humanidad.

VI. Gran parte de la investigación astronómica busca comprender cómo se forman y evolucionan los planetas. ¿Qué nos enseña ese conocimiento sobre la fragilidad de las condiciones que hacen posible la vida en la Tierra?

Bueno, yo me dedico a estudiar la formación planetaria, y creo que hay distintas lecciones que uno puede sacar de eso y de también las detecciones de planetas alrededor de otras estrellas. Por un lado, nos damos cuenta de que los ingredientes para la vida sobre la Tierra, son ingredientes que abundan en los entornos de formación planetaria, tenemos mucha agua, tenemos mucho carbono, oxígeno, nitrógeno, entonces son moléculas que están presentes en abundancia, y también nos damos cuenta que la formación de planetas como la Tierra es algo que también observamos ampliamente, no tan ampliamente como planetas gigantes como Júpiter, pero, eso se puede deber a que planetas como La Tierra son más pequeños, es más difícil poder encontrarlos por un tema de tamaños y de las perturbaciones que producen y de las distancias del espacio. En lo personal, eso

no es algo que me asuste, es algo que me entusiasma, no me molesta que la Tierra sea un pequeño punto de polvo en la inmensidad del cosmos, porque es nuestro pequeño punto de polvo y creo que es un lugar que tenemos que cuidar, que tenemos que proteger para poder seguir estudiando y aprendiendo más sobre el universo, estos planetas que nosotros tratamos de encontrar, detectar y caracterizar, no lo hacemos con el objetivo de llegar a ellos, sino de entender efectivamente si es que hay otras formas de vida, como son en comparación a la nuestra y otras preguntas fundamentales para entender el lugar de la humanidad en el universo, yo creo que eso es algo muy bonito, no lo veo como una forma de encontrar un planeta B, sino que de darle sentido a nuestra existencia en el universo.

VII. A medida que la humanidad proyecta futuras misiones de larga duración e incluso la posibilidad de establecer presencia permanente fuera de la Tierra, ¿Qué desafíos científicos y tecnológicos considera más relevantes para garantizar la gestión eficiente de recursos esenciales como el agua y la energía?

Yo, a ver, mi opinión personal es que cualquier misión o base permanente fuera de la Tierra, debe ser con fines científicos. No creo que la solución óptima sea poner bases humanas y asentamientos permanentes en otros planetas que no tengan fines científicos, porque las condiciones de habitabilidad serían muy, serían bastante complejas, sobre todo en comparación a la Tierra. Nosotros tenemos aquí un planeta que es el entorno perfecto para la humanidad, y enviar a humanos a otros planetas del sistema solar o a otros lugares como la Luna, sería ponerlos en riesgo de forma innecesaria y exponerlos a un entorno que es profundamente tóxico y no apto para la vida humana. Entonces creo que tienen que ser bases científicas. Personalmente estaría más a favor, de tener bases con robots que con humanos. Pero por supuesto que al final del día el cerebro humano es el mejor computador que tenemos y hay cosas que solamente humanos pueden hacer y reaccionar de maneras efectivas. Pero, yo creo que es un problema que aún está varias décadas hacia el futuro. No soy tan optimista como algunas de las agencias espaciales que hablan incluso de finales de la década. Son objetivos ambiciosos y yo creo que líneas de tiempo que se van a extender. Y lo importan-

te, como siempre es no olvidarse de donde tenemos los pies puestos, que es en el planeta tierra y mientras visionamos y pensamos en la exploración espacial, siempre estar recordando que lo estamos haciendo desde nuestro planeta y para nuestro planeta y para la humanidad que está en la tierra. Ahora, dentro de ese contexto por supuesto que los mayores desafíos serían el combustible, la comida, el oxígeno, el agua y por eso las agencias espaciales están trabajando en varios proyectos para los cultivos de plantas en el espacio, esto es algo que ya se hace en la Estación Espacial Internacional y que se espera poder hacer de manera efectiva sobre la Luna y a futuro en Marte. El ocupar agua para poder extraer oxígeno de la misma agua y poder ocuparlo para respirar también, es algo interesante y por supuesto, como siempre el reciclaje de los desechos, porque no vamos a tener una fuente infinita de agua allá donde vayamos, aunque, por supuesto, sabemos que hay casquetes de hielo por ejemplo en Marte, pero en la Luna es más difícil de encontrar, así que, hay varios desafíos y yo creo, que de la mano de esos desafíos van a ir demoras en las líneas de tiempo, que algunas personas han propuesto para llegar con bases humanas a la Luna o Marte.

TECNOLOGÍA ESPACIAL E INFRAESTRUCTURA PARA LA EQUIDAD.

Soberanía de datos: el mapa espacial para cerrar las brechas de nuestro territorio.

La geografía de Chile es una de las más extremas y diversas del planeta, una condición que históricamente ha dificultado la conectividad y ha profundizado las brechas socioeconómicas, entre los grandes centros urbanos y las comunidades rurales o aisladas. No obstante, las constelaciones de satélites modernos de observación terrestre, ofrecen hoy una ventana sin precedentes: la capacidad de recopilar datos masivos e imágenes en alta resolución y tiempo real sobre la totalidad de nuestro territorio (Moreira, O, 2025). Esta infraestructura digital, es la clave para transitar de una respuesta meramente reactiva ante catástrofes como los devastadores incendios forestales, inundaciones o la mega sequía a un modelo predictivo que salve vidas y ecosistemas.

Para que el desarrollo satelital sea verdaderamente responsable, la ingeniería actual debe co-diseñar soluciones con la ciudadanía, avanzar hacia la soberanía de la información, entendida como la capacidad autónoma de un país para gestionar y procesar sus propios datos territoriales estratégicos, crear algoritmos locales (Flinders, M. y Smalley, 2025) y asegurar un desarrollo eco-responsable, un enfoque que busca mitigar la basura espacial en la órbita y garantizar que la innovación de un artefacto no destruya otro campo científico, minimizando rigurosamente su impacto ambiental y lumínico para coexistir en armonía con la astronomía óptica (LaVie, 2022). En la siguiente entrevista, la Dra. Carolina Agurto, experta en ingeniería y ciencia aplicada, nos detalla el camino que debe recorrer Chile, para transformar los datos espaciales en una herramienta de equidad social y resiliencia territorial.

I. Actualmente, la tecnología satelital permite observar grandes extensiones del territorio y recopilar información en tiempo real. ¿Cómo han cambiado estas herramientas en la forma en que enfrentamos problemas como incendios forestales, sequías, inundaciones u otros desastres naturales?



CAROLINA AGURTO

Doctora en Astrofísica de la Universidad de Múnich y miembro de "Star Tres".

La capacidad de procesar datos masivos en tiempo real, permite transitar de una respuesta reactiva a un modelo predictivo ante emergencias. Sin embargo, para que esta ventaja sea sostenible, el despliegue de estas constelaciones debe realizarse bajo estándares de desarrollo satelital responsable. Esto implica, diseñar satélites con materiales de baja reflectividad para proteger los cielos oscuros, vitales para la investigación astronómica, y con planes estrictos de fin de vida útil para no saturar la órbita con basura espacial.

II. En un país como Chile, donde existen grandes diferencias geográficas y territoriales, ¿de qué manera la infraestructura espacial puede contribuir a reducir brechas entre zonas urbanas y comunidades rurales o aisladas?

La infraestructura espacial descentraliza el acceso al conocimiento, la conectividad y la seguridad en zonas extremas. No obstante, para garantizar un impacto real, Chile debe avanzar hacia la soberanía de la información. Dependiendo exclusivamente de empresas o infraestructuras extranjeras nos vuelve vulnerables; el desarrollo de capacidades e infraestructura propia, nos permite gestionar los datos territoriales estratégicos de manera autónoma, adaptándolos a las necesidades reales de nuestras comunidades rurales y aisladas.

II. Más allá de la investigación científica, los datos obtenidos mediante satélites pueden transformarse en herramientas para instituciones públicas y comunidades. ¿Qué desafíos existen para que esta información llegue efectivamente a quienes toman decisiones y a las personas que más la necesitan?

El gran desafío es la "traducción" de los datos científicos y la autonomía tecnológica. Desde mi experiencia en divulgación, sé que para democratizar la información no basta con abrir el dato; necesitamos procesarlo localmente. El desafío actual, es construir capacidades técnicas propias en el país, para no depender de empaquetados tecnológicos externos, garantizando que la toma de decisiones críticas se base en datos soberanos, transparentes y accesibles para la ciudadanía.

III. Desde la perspectiva de la ingeniería y la ciencia aplicada, ¿qué elementos son fundamentales para que una tecnología espacial no solo sea innovadora, sino que también tenga un impacto social y contribuya al bienestar de las personas?

Son fundamentales el codiseño con las comunidades, el software libre y la sostenibilidad del entorno espacial. Una tecnología espacial no es innovadora si destruye otro campo científico; por ello, la ingeniería actual debe exigir un diseño eco-responsable que mitigue la basura espacial y minimice el impacto lumínico en la radioastronomía y la astronomía óptica. Además, debe sustentarse en la creación de algoritmos locales, que aseguren que el control y la propiedad de la información permanezcan en el sector público y social.

IV. Mirando hacia el futuro, ¿cómo imagina el rol que tendrán las tecnologías espaciales en la construcción de sociedades más resilientes, especialmente frente a desafíos ambientales y territoriales que aumentarán en las próximas décadas?

Las imagino como el pilar de nuestra adaptación climática, pero bajo un modelo estrictamente ético y soberano. El futuro de la resiliencia territorial, dependerá de constelaciones satelitales, que respeten el patrimonio medioambiental de la Tierra y del espacio, conviviendo armónicamente con la observación del cosmos.

“ Imagino un escenario, donde Chile lidere la gestión de sus propios datos ambientales, garantizando autonomía estratégica frente a los desafíos globales de las próximas décadas.”

— Carolina Agurto

SUBTEMA 3

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y DEMOCRATIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO.

Romper el pináculo de la verdad: la ciencia como un bien común y horizontal.

Democratizar el conocimiento no es simplemente "simplificar la información hasta distorsionarla", sino traducirla con honestidad intelectual, rigor y, sobre todo, empatía y calidez humana. Mostrar que la ciencia avanza a paso lento, que se nutre del error de los pares, y que es un proceso colaborativo y diverso, es vital para transformar a las personas de simples espectadoras a participantes activas, en discusiones cruciales sobre el futuro, tales como la inteligencia artificial o el cambio climático (IEA, n. d.).

En este reportaje, conversamos con Erika Labbé, coordinadora de difusión astronómica, quien lidera proyectos de inclusión y astronomía táctil, para personas con discapacidad, y además, el reconocido divulgador Gabriel León, para explorar la responsabilidad ética de comunicar la ciencia, con propósito y derribar los antiguos estereotipos académicos.



ERIKA LABBÉ

Astrónoma, con Magíster en Ciencias Exactas, Coordinadora de Difusión y Divulgación del IEA de la UDP.



GABRIEL LEÓN

Doctor en Biología Celular y Molecular y Comunicador científico independiente.

Créditos a: Lorena Palavecino

I. EL ASOMBRO Y LA CURIOSIDAD COMO MOTORES DE LA CIUDADANÍA.

A primera vista, la astronomía y la biología molecular avanzan por carriles distintos; sin embargo, en el terreno de la divulgación, ambas disciplinas comparten el mismo punto de partida: la curiosidad intrínseca del ser humano. Para Erika Labbé, la astronomía cuenta con una ventaja democrática única, ya que "no se requiere ir a un laboratorio para ver las estrellas y planetas" y cualquier persona con acceso a un cielo oscuro puede "asombrarse con ellas desde muchas partes del mundo". Este asombro inicial, potenciado por las bellas imágenes astronómicas en medios, no es un mero pasatiempo, sino una sacudida a nuestros propios paradigmas y creencias. Esta capacidad de conmover y despertar preguntas conecta directamente con la visión del Dr. Gabriel León sobre el impacto social de la ciencia. León sostiene que cuando el conocimiento sale de los laboratorios y se vuelve accesible, provoca una transformación política en la sociedad: "Las personas dejan de ser espectadoras y empiezan a participar en debates sobre su propio futuro en temas como salud, tecnología, energía o medio ambiente". Para ambos profesionales, la meta final de la divulgación no consiste en que la ciudadanía memorice datos técnicos, sino en encender el pensamiento crítico, el cual, según explica León,

“...no nace de tener más datos, sino de aprender a preguntarse cómo sabemos lo que creemos saber.”

— Gabriel León

II. RIGOR CONTRA LA DESINFORMACIÓN: LA URGENCIA DE UNA CIENCIA HUMANA.

En una época saturada de información digital, el mayor enemigo de la democratización del conocimiento no es la ignorancia, sino las noticias falsas. Gabriel León advierte que muchas narrativas de desinformación son sumamente atractivas debido a que "son infalsificables o apelan a la sospecha ante lo oficial". Frente a este escenario, propone que los divulgadores asuman una postura de máxima honestidad intelectual, donde comunicar implique "ofrecer rigor sin sonar condescendiente, y calidez sin sacrificar precisión", recordando siempre que la ciencia también tiene límites y comete errores.

Esta necesidad de bajar a la ciencia del pedestal de la "verdad absoluta" resuena profundamente con la experiencia de Erika Labbé. La astrónoma critica el enfoque periodístico tradicional que sobreexpone únicamente los éxitos, acostumbrando al público a creer que la ciencia avanza solo a base de hitos monumentales. Cuando esa expectativa infalible falla, nacen las teorías conspirativas y las quejas ciudadanas sobre supuestos ocultamientos de información. La solución, según Labbé, radica en mostrar el proceso real: "Los científicos y científicas tenemos la responsabilidad de mostrarnos cercanos, humildes, y hablar de la importancia del error y el cuestionamiento de pares". Al humanizar el método científico y compartir la vulnerabilidad del ensayo y error, la distancia académica se transforma en confianza pública.

“ Los científicos y científicas tenemos la responsabilidad de mostrarnos cercanos, humildes, y hablar de la importancia del error y el cuestionamiento de pares ”

— Erika Labbé

III. INCLUSIÓN Y METODOLOGÍAS PARTICIPATIVAS: ROMPER EL MONÓLOGO ACADÉMICO.

El verdadero puente entre la ciencia y la ciudadanía se construye cuando la comunicación deja de ser un monólogo y se transforma en un diálogo horizontal. Tanto Labbé como León coinciden en que la audiencia actual ya no guarda una "reverencia ciega hacia la autoridad científica", sino que interroga, opina y propone. En el caso de la astronomía inclusiva, Erika Labbé señala el peligro ético de diseñar proyectos de difusión desde el aislamiento del escritorio: "Es peligroso, e irrespetuoso, asumir que uno como científico comprende las razones por las cuales las comunidades están marginadas de la ciencia por simple deducción". El éxito de sus talleres de astronomía táctil radica en un paso previo esencial: ganarse la confianza del otro, escuchar sus saberes y permitir que expresen su propia creatividad.

Esta participación activa no solo beneficia a la comunidad, sino que retroalimenta la investigación de frontera. Proyectos que vinculan la ciencia con el arte, la poesía o iniciativas de ciencia ciudadana demuestran que el conocimiento es transdisciplinario. En este sentido, la democratización actúa como el motor que sostiene el desarrollo científico de un país. En el contexto local, Labbé recuerda que Chile tiene el deber de compartir colectivamente la riqueza de sus cielos, pues si no se democratiza y se cuida este patrimonio, el financiamiento y el progreso tecnológico e institucional se detienen.

IV. HACIA UNA CIENCIA CON PROPÓSITO: EL FUTURO DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL.

El reportaje concluye con una reflexión obligatoria sobre cómo educamos a las futuras generaciones de profesionales en ciencia, tecnología e ingeniería. El amor por la investigación suele nacer en la juventud gracias a experiencias significativas de divulgación; por ende, comunicar es asegurar el relevo científico del país. No obstante, este esfuerzo requiere cambios estructurales urgentes en las aulas universitarias y de educación superior.

Gabriel León es categórico al señalar que la capacidad de comunicar de manera clara no debe ser vista como un accesorio o una simple habilidad blanda que se deja al azar. Por el contrario, defiende que la divulgación debe ser integrada como una pieza fundamental del mismo engranaje de investigación: "Comunicar debería ser parte del método científico: si no puedes explicar tu hallazgo a la sociedad que lo financia, tu trabajo científico está incompleto". Finalmente, ambos expertos coinciden en que dotar a la ciencia de un propósito generoso, genuino y robusto es lo que verdaderamente inspira a las nuevas generaciones a poner el conocimiento técnico al servicio del bienestar social y el progreso humano.

04

INGENIERIA

PARA LA SOSTENIBILIDAD LA EQUIDAD Y LA ÉTICA



El desarrollo tecnológico y el crecimiento económico nos han llevado lejos, pero el costo ha sido alto. Hoy nos enfrentamos a una crisis evidente: recursos naturales al límite, crisis climática, contaminación y una profunda desigualdad territorial. Ante este escenario, la ingeniería ya no puede limitarse a entregar soluciones puramente técnicas. Su verdadero desafío actual es ético: diseñar infraestructuras y procesos capaces de sostener el bienestar social, sin hipotecar el futuro de las próximas generaciones.

Ahí es donde cobra vida la ingeniería con propósito. No se trata de un concepto abstracto, sino de una forma de operar que integra la innovación, la sostenibilidad y la ética, desde la primera línea de diseño, asumiendo que cada decisión impacta de forma directa, en el entorno ambiental y social.

En las siguientes páginas, abordamos este desafío a través de tres ejes críticos: la urgencia de la sostenibilidad en los procesos industriales, el rediseño de los sistemas bajo la lógica de la economía circular, y la urgente transición hacia una matriz energética que no solo sea limpia, sino también justa.

A través de las voces de especialistas de distintas disciplinas, te invitamos a descubrir cómo la ingeniería se transforma en una herramienta activa de cambio, impulsando a las nuevas generaciones de profesionales a liderar con los ojos puestos en el futuro, las personas y sus territorios.



SUBTEMA 1

SOSTENIBILIDAD Y ÉTICA EN PROCESOS PRODUCTIVOS.

Las industrias de alto impacto se encuentran en una encrucijada inevitable: la sostenibilidad ya no es un indicador opcional de cumplimiento, sino el núcleo de su continuidad operativa. En sectores estratégicos como la minería, avanzar hacia una producción responsable va mucho más allá de mitigar daños o responder a normativas ambientales. El verdadero desafío de la ingeniería actual, es la ética: diseñar, desde la primera línea, soluciones tecnológicas, capaces de erradicar la contaminación, optimizar radicalmente los recursos y resguardar el bienestar de los territorios y sus comunidades. Para profundizar en este cambio de paradigma, conversamos con Gonzalo Montes Atenas, ingeniero civil químico de profesión, académico e investigador de vanguardia, en procesamiento de minerales, metalurgia extractiva y tratamiento de aguas contaminadas.

Con una gran trayectoria en investigación y desarrollo tecnológico, el especialista desmenuza el rol de la ingeniería, como un motor de transformación profunda, donde la ética y la responsabilidad ambiental se integran en el diseño original de los procesos productivos.

I. Desde su experiencia en procesamiento de minerales, metalurgia extractiva y tratamiento de aguas contaminadas, ¿cómo entiende usted la sostenibilidad aplicada a procesos productivos reales?



GONZALO MONTES-ATENAS

Ingeniero civil químico, académico e investigador de la Universidad de Chile.

La sostenibilidad de procesos productivos a escala industrial, es en la actualidad uno de los pilares más importantes para el correcto funcionamiento de nuestra sociedad. La sostenibilidad impacta diversas perspectivas, siendo transversal a muchas áreas del conocimiento. Desde aspectos sociales relacionados con la creación de puestos de trabajo hasta temas específicos relacionados con aspectos técnicos particulares de cada actividad.

Desde una perspectiva exclusivamente técnica, una buena fracción de los procesos industriales están condicionados a cómo funciona la naturaleza. En metalurgia extractiva, el procesamiento de minerales y el tratamiento de aguas, es habitual el intentar (pues en muchos casos no se puede) fijar condiciones de entrada y algunas restricciones operacionales al interior de los sistemas productivos, y ahí llega el diseño de los procesos. El resultado de cada proceso depende de cómo la naturaleza actúa. Cuando una empresa se avoca a hacer funcionar un proceso que involucra un tratamiento de 200.000 toneladas por día, es complejo controlar demasiado las variables de entrada, lo cual es el día a día de la industria minera.

Cuando el porcentaje de elemento económicamente valioso que finalmente se comercializará es pequeño, el manejo de desechos de todo tipo (sólido como material particulado fino en el aire o comparativamente de mayor tamaño que será acumulado en sitios específicamente diseñados para su descarte o líquido, como aguas enriquecidas en elementos químicos indeseados) deben ser realizado con cuidado. En procesos relacionados con la producción de cobre vía procesamiento de minerales en concentradoras, u operaciones de metalurgia extractiva vía operaciones hidrometalúrgicas, se han identificado corrientes acuosas, que luego son descartadas al ambiente.

Hay varias estrategias que han sido exitosamente implementadas. Probablemente la más utilizada ha sido la recirculación de estas aguas, lo cual, ha permitido reutilizar recursos sin impactar el medio externo en mayor medida de lo que ya significan operaciones masivas como las mineras. Sin embargo, dicha estrategia no es por sí sola una solu-

ción al problema completo. Se requiere de recursos nuevos del vital elemento. En ese sentido, existen avances importantes en la implementación de plantas desaladoras. La desalinización parcial o total de agua de mar ha sido una alternativa viable técnica y económicamente. Sin embargo, detrás de la desalinización existe un nuevo descarte que es aún más cargado en iones. Dicho descarte es devuelto al mar, en ocasiones, con mayor éxito que en otras. Más allá del éxito involucrado, es correcto indicar que el descarte tendrá una composición diferente a la del agua de mar original. Estas variaciones inevitablemente modifican las condiciones, al menos locales, del ecosistema marino y es algo en lo que actualmente se trabaja arduamente para diseñar e implementar mejoras.

Por otra parte, para evitar descartes de aguas derivadas de procesos o hacerlos bajo la normativa vigente, estrategias de tratamiento de aguas han debido ser implementadas. El área de tratamiento de aguas no es un área comúnmente abordada por la industria minera. En general, el tema no está dentro de la malla de carrera de muchas de las ingenierías de minas o similares, pero es algo que se espera cada día venga con mayor fuerza a ocupar el quehacer de ingenieros e ingenieras.

Es verdad que este tema, como muchos, podrían ser considerados como situaciones externas al core business de una faena minera y ser catalogados como área para proveedores. Pero hay un aspecto que ya no lo hace tan genérico, y es que se ha observado que la calidad de agua (los iones presentes y su concentración) pueden llegar a ser claves para el éxito de sub-operaciones dentro de una faena, y en ese sentido, ya no se trata solamente de dejar las concentraciones de uno o más elementos bajo una norma ya establecida.

Se trata de utilizar el tratamiento de agua para mejorar la eficiencia de procesos y en ese instante el tema puede pasar a ser parte de core business mencionado. Así como en esta respuesta se ha hecho énfasis en el caso de aguas de proceso, existen desafíos relativamente equivalentes de otros tipos que son necesarios de abordar de modo de reducir el impacto de industrias masivas en el bienestar de las personas.

II. En industrias de alto impacto como la minería, ¿cuáles considera que son los principales impactos ambientales que la ingeniería debería abordar con mayor urgencia?

Existen impactos ambientales de múltiple índole. Al impactar el ambiente y directamente a las personas, es difícil indicar cuáles se deben abordar con mayor

urgencia. Naturalmente, se pueden mencionar temas genéricos de relevancia como competencia por recursos como agua, o la intervención requerida

para abastecer de energía, etc. Pero también se pueden mencionar desechos y entre los desechos se encuentran los denominados pasivos ambientales como son relaves. Hay iniciativas que han ido en búsqueda de la reutilización de relaves en construcción y otras actividades. Sin embargo, su aplicación aún requiere de desarrollo técnico para su escalamiento y operación.

Dada la actual definición de sostenibilidad asociado a no impactar negativamente futuras generaciones, la idea es focalizar esfuerzos en no afectar el ambiente, desarrollar comunidades y empujar la economía. En este sentido, cualquier impacto que deteriore el ambiente en el largo plazo, es un efecto que se verá en mayor o menor medida en las personas. Y de esto último, aparece la dificultad de priorizarlos.



Nota conceptual: ¿Qué son los pasivos ambientales y los relaves?

Los pasivos ambientales son los daños o impactos ambientales no mitigados que persisten tras el fin de una actividad industrial. En minería, el pasivo más masivo son los relaves: desechos sólidos finos (roca molida) mezclados con agua y trazas de reactivos que quedan tras extraer el cobre u otros minerales valiosos. Su almacenamiento seguro y su potencial reutilización son focos críticos de la ingeniería actual.

III. Usted ha desarrollado investigaciones vinculadas al tratamiento de aguas contaminadas, la remoción de arsénico y metales pesados, y el manejo de drenaje ácido minero. Desde esa experiencia, ¿qué importancia tienen estas áreas para avanzar hacia procesos mineros más responsables con el ambiente y los territorios?

El tratamiento de aguas es un área de estudio transversal a muchas actividades industriales. La implementación de este tipo de operaciones depende fuertemente del periodo de tiempo para el que se requiere.

Existe la posibilidad de que se utilicen procesos de tratamiento de aguas que permitan adecuar su calidad para procesos específicos, inclusive con el objetivo de la generación de subproductos. También se dan escenarios donde el tratamiento de aguas se diseña con el propósito de descargar descartes en aguas

superficiales, con elementos disueltos y material particulado bajo la norma vigente.

Y otro escenario de relevancia está asociado al cierre de faena. Comúnmente, los requerimientos en esta última instancia tienen restricciones relevantes tales como; que no requiera de supervisión, y en este sentido, que el sistema de tratamiento sea stand-alone por varios años. Existen tecnologías que permiten lo anterior, pero se requiere de mayor desarrollo científico-tecnológico para su implementación.



Nota conceptual: Drenaje Ácido de Mina (DAM)

Es uno de los fenómenos ambientales más complejos de la industria. Ocurre cuando los minerales sulfurados de las rocas entran en contacto con el aire y el agua de lluvia debido a las excavaciones. Esto genera de forma natural soluciones altamente ácidas capaces de disolver metales pesados, por lo que diseñar sistemas que controlen este proceso de forma autónoma a largo plazo es indispensable.

IV. Muchas veces la sostenibilidad se asocia a declaraciones generales o compromisos ambientales. Desde una mirada técnica, ¿qué condiciones debería cumplir un proceso productivo para considerarse realmente sostenible?

Tal como fue mencionado en la pregunta anterior, la sostenibilidad va mucho más allá de lo estrictamente técnico. Dada la complejidad de este concepto, es complejo predecir que en algún momento se lograrán procesos productivos realmente sostenibles en todo ámbito. En ese sentido, no está completamente claro las condiciones que se deben imponer, para confirmar que un proceso sea full sostenible.

En lo técnico, se han hecho esfuerzos significativos para lograr reciclar desechos en el área minera, pero no se ha logrado un éxito completo. Una perspectiva que va en post de evaluar la sostenibilidad de procesos, involucra la aplicación del concepto de química verde. Así como muchos otros parámetros, existen incluso software que permiten evaluar indicadores. En este caso aparece como opción DOZN 2.0 desarrollado por Merck-Sigma Aldrich.

La química verde como indicador es un evaluador cuantitativo de química ver-

de. Calcula y compara la sostenibilidad de productos, procesos químicos y rutas sintéticas.

Se basa en los 12 Principios de la Química Verde establecidos por Paul Anastas y John Warner. El software evalúa los productos o procesos asignando una puntuación para cada uno de los 12 principios, y luego las combina en una puntuación global final. A investigadores y empresas les permite evaluar y comparar la sostenibilidad de sus propios productos o procesos. Específicamente, proporciona datos objetivos para ayudar a reducir la huella ambiental, mejorar la eficiencia química y aumentar la sostenibilidad en la investigación.

En este contexto, y en la aplicación de este concepto de química verde, un proceso es perfectamente verde sólo si no hay proceso. Naturalmente, lo anterior se puede extender a otros indicadores relacionados con áreas de energía, agua, etc.



Nota técnica aclaratoria: ¿Qué es DOZN 2.0?

Es una herramienta analítica global basada en la nube que permite calcular, cuantificar y auditar el grado de sustentabilidad de los procesos o rutas sintéticas. Opera ponderando las variables bajo los pilares de la Química Verde, permitiendo comparar de forma estricta, qué tan amigable con el entorno es una tecnología industrial frente a otra.

V. En una industria estratégica para Chile como la minería, ¿cómo se puede equilibrar la productividad con la responsabilidad ambiental y social hacia los territorios donde opera, y qué indicadores permitirían evaluar si un proceso industrial está reduciendo efectivamente sus impactos?

La producción debe también considerar el impacto en el ambiente y comunidades. Esto no es opcional, es una necesidad estratégica. La industria minera enfrenta en la actualidad la necesidad de hacer viable el negocio con una agenda regulatoria cada vez más exigente.

En el largo plazo, la industria está avanzando fuertemente en hacer seguimiento a todas las fases de un proyecto minero. En este sentido, se busca ya no ser reactivo a situaciones que requieren de medidas correctivas y de mitigación. La idea es anticiparse a ellas. La industria minera ha avanzado enormemente en el desarrollo de tecnologías, tales como la descarbonización, estrategias de gestión hídrica, desarrollo de comunidades, etc. Si para un proyecto el deterioro ambiental es significativo, simplemente el proyecto no debería avanzar ni implementarse.

Existen indicadores que pueden ser evaluados periódicamente para deter-

minar la reducción del impacto de la industria minera. Ejemplo de esto son: el consumo de agua fresca por tonelada de mineral procesado, porcentaje de agua recirculada, energía consumida por tonelada de material producido, estimación de huella de carbono, generación de residuos por tonelada de producto, hectáreas de suelo intervenido vs. Rehabilitado, número y gravedad de incidentes tales como derrames, filtraciones, número de quejas o reclamos comunitarios atendidos y resueltos, inversión social en las comunidades de influencia, tasa de accidentabilidad y severidad de incidentes, porcentaje de compras a proveedores locales y regionales, y un gran etc.

Lo interesante de estos indicadores es que, en ocasiones, no indican de manera directa en la dirección que la industria debería avanzar. En este escenario, es inevitable deber priorizar algunos indicadores sobre otros.

VI. Desde su perspectiva, ¿qué rol deberían asumir los futuros ingenieros e ingenieras, en el diseño de procesos productivos más éticos, sostenibles y responsables con las comunidades?

Todo lo anterior no será posible sin que ingenieros e ingenieras se comprometan a desarrollarse y, si es posible, especializarse en las áreas que tocan directa e indirectamente la sostenibilidad de la industria minera. Son muchas las áreas o temáticas involucradas. En la actualidad esto es un desafío en sí mismo. Muchas carreras de pregrado han reducido su duración o están en el proceso de hacerlo. En dichas carreras comúnmente se entregan las bases de cada

una de las ingenierías, y existe poco espacio para demasiados cursos electivos, que permitan detallar algunos temas. Y es justamente ahí, donde cursos de especialización, o de postítulo, y grados académicos toman enorme relevancia. Sobre ética y responsabilidad con comunidades, existen ya mallas que cubren, al menos inicialmente, este tema. Específicamente, en responsabilidad con comunidades, hay muchos aspectos que se aprenden en terreno.



Cierre editorial: El desafío de la nueva ingeniería.

Las reflexiones del profesor Gonzalo Montes-Atenas, dejan en claro que la sostenibilidad no puede seguir siendo tratada como un área periférica o un mero artículo de cumplimiento normativo. Al contrario, se posiciona hoy como una competencia central del negocio y un requisito indispensable para la validación social y operativa de cualquier faena industrial masiva.

Ante una minería cambiante y territorios cada vez más activos, el futuro del sector depende de una ingeniería transdisciplinaria y rigurosa. El llamado para las nuevas generaciones de profesionales, no es solo a dominar las bases técnicas tradicionales, sino también, a buscar activamente la especialización en herramientas de vanguardia, control de pasivos y gestión hídrica eficiente. La transición hacia procesos productivos auténticamente éticos y sostenibles ya comenzó, y su éxito radicarán en la capacidad de los futuros ingenieros e ingenieras para integrar la variable ambiental y el bienestar comunitario desde el primer trazo del diseño técnico.

SUBTEMA 2

ECONOMÍA CIRCULAR Y REDISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

La economía circular propone reemplazar el modelo lineal de producir, usar y desechar por sistemas capaces de mantener productos y materiales en circulación durante el mayor tiempo posible. En la industria textil, esto exige intervenir desde el diseño: elegir materiales reparables y separables, extender la vida útil de las prendas, recuperar su trazabilidad y generar mercados para las fibras recicladas.

En Chile, el desafío adquiere una dimensión territorial evidente. El aumento del consumo, la moda rápida y la falta de infraestructura han contribuido a que grandes volúmenes de textiles terminen descartados, especialmente en el norte del país. Frente a esta realidad, la ingeniería puede aportar mediante el ecodiseño, la logística inversa, la optimización de procesos y el desarrollo de nuevas aplicaciones para materiales recuperados.

Este subtema examina estas posibilidades a partir de las experiencias de Desierto Vestido y Ecocitex, dos iniciativas que abordan momentos distintos de la cadena, pero coinciden en una idea central: reciclar es necesario, aunque el verdadero cambio comienza antes, cuando los sistemas productivos se diseñan para evitar que los textiles pierdan su valor y se conviertan prematuramente en residuos.

CUANDO LA ROPA DEJA DE SER DESECHABLE

El desierto de Atacama revela el costo territorial de un sistema textil diseñado para producir, consumir y descartar. Las experiencias de Desierto Vestido y Ecocitex muestran que la salida no consiste únicamente en reciclar más, sino en evitar la pérdida de valor desde el origen.



La acumulación de prendas y otros residuos en el desierto de Alto Hospicio evidencia las consecuencias ambientales y territoriales de una cadena textil basada en la producción, el consumo y el descarte. Fotografía: ONG Desierto Vestido.

Algunas todavía conservan sus etiquetas. Otras nunca llegaron a usarse. Hoy permanecen mezcladas con neumáticos, plásticos, vehículos en desuso y escombros en el desierto de Atacama. Una vez arrojadas en vertederos clandestinos o expuestas a incendios, dejan de ser ropa y se convierten en la huella visible de un sistema basado en fabricar, consumir y desechar.

El impacto visual corresponde apenas al último momento de una cadena mucho más extensa. Detrás de cada prenda abandonada existen decisiones sobre los materiales empleados, la durabilidad, la producción acelerada, el transporte, la comercialización y la responsabilidad sobre su destino final. Por eso, la crisis textil chilena no puede comprenderse únicamente como un problema de basura: es también una falla en el di-

seño del sistema productivo. El Ministerio del Medio Ambiente estima que en Chile se generan 572.118,9 toneladas de residuos textiles al año, equivalentes a cerca del 7 % de los residuos sólidos municipales por habitante. Además, la compra promedio de vestuario habría aumentado desde 13 prendas en 2015

hasta 50 en 2020. En 2025, los textiles fueron declarados un producto prioritario de la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor, un primer paso para exigir que quienes los introducen al mercado participen también en la gestión de sus residuos (Ministerio del Medio Ambiente, 2025a, 2025b).



ATACAMA, EL FINAL VISIBLE DE LA CADENA

Para Bastián Barría Acevedo, cofundador de la ONG Desierto Vestido, visibilizar la acumulación e incineración de ropa en Alto Hospicio nunca fue un objetivo aislado, sino el primer paso para articular soluciones. Desde el territorio, la organización ha mostrado que el descarte textil afecta a las comunidades y a los ecosistemas, pero también expone una desigualdad global: determinados lugares concentran los beneficios del consumo mientras otros reciben sus residuos. Desierto Vestido es una ONG nacida en la Región de Tarapacá que trabaja para educar, concientizar e incentivar la economía circular en la industria textil. A través de charlas, talleres, activismo e iniciativas como Re-commerce Atacama, la organización busca que la denuncia sobre los vertederos se transforme en prevención, recuperación de prendas y participación ciudadana. Su labor se desarrolla desde Alto Hospicio, uno de los territorios más afectados por el ingreso y descarte de ropa usada en el norte de Chile (Ávila, 2025; B. Barría Acevedo, comunicación personal, julio de 2026).

La iniciativa nació, según Barría, de una necesidad concreta de quienes habitan el territorio: hacer visible un problema que durante años fue normalizado y, desde esa visibilidad, construir capacidad de incidencia. El objetivo no era exhibir una imagen impactante del desierto, sino cuestionar por qué una comunidad del sur global debe recibir y quemar aquello que otros lugares descartan. En esa distribución desigual de los costos reconoce dinámicas neocoloniales que no pueden separarse de la discusión ambiental. Por eso, el trabajo de la ONG combina denuncia con educación y acción comunitaria. Desierto Vestido ha realizado talleres de reparación, actividades de consumo responsable, intercambios de ropa, intervenciones de activismo y participaciones en festivales. Estas acciones buscan acercar la moda sostenible a públicos diversos y demostrar que la ciudadanía puede relacionarse con el vestuario de una manera distinta, aunque Barría advierte que las decisiones individuales no reemplazan la transformación de la industria y la regulación.

“Vivimos en Alto Hospicio, donde el desierto se convirtió en el punto final de una cadena global de descarte textil”
— Bastián Barría Acevedo, cofundador de Desierto Vestido

La situación se agrava por la falta de información a lo largo de la cadena. De acuerdo con la experiencia de Desierto Vestido, una parte importante de los textiles que circulan por la Zona Franca de Iquique pierde trazabilidad. Sin registros suficientes, centros de clasificación proporcionales al volumen y puntos de control coordinados, resulta difícil conocer qué material logra comercializarse y cuál termina en vertederos ilegales.

Esta falta de seguimiento impide fiscalizar adecuadamente, dimensionar la infraestructura necesaria y diseñar políticas públicas basadas en evidencia. El desierto termina absorbiendo aquello que el sistema no fue capaz de vender, recuperar ni transformar.

EL APRENDIZAJE DE INTENTAR RECUPERAR LO PERDIDO

Una de las iniciativas más visibles de Desierto Vestido fue Re-commerce Atacama, una experiencia que buscó involucrar a la comunidad internacional en la recuperación de prendas encontradas en el norte de Chile. La propuesta permitió que ropa asociada al



BASTIÁN BARRÍA ACEVEDO

Cofundador de la ONG Desierto Vestido, impulsa iniciativas de acción climática y economía circular para enfrentar los impactos del descarte textil en Alto Hospicio.

Fotografía cedida por Bastián Barría Acevedo.

descarte volviera a circular y, al mismo tiempo, llevó el mensaje de la organización más allá del territorio. Sin embargo, su principal resultado no fue únicamente la redistribución de prendas, sino un aprendizaje que modificó la estrategia de la ONG.

“La ropa que ya llegó al desierto es, en la práctica, irrecuperable.”

— Bastián Barría Acevedo, cofundador de Desierto Vestido

Barría explica que, una vez descargada, la ropa puede ser quemada en cuestión de horas o mezclarse con otros residuos. El polvo, las cenizas y la contaminación cruzada reducen rápidamente sus posibilidades de reutilización. Extraer prendas de los vertederos, clasificarlas, higienizarlas y trasladarlas tampoco constituye un modelo capaz de responder al volumen acumulado. Esta constatación desplazó el trabajo de la organización hacia la prevención: detener el flujo antes de que alcance el vertedero. La nueva estrategia considera interceptar camiones, recuperar excedentes en ferias, coordinarse con plantas de reci-

claje y fortalecer los puntos de clasificación. En lugar de perseguir un material cuyo valor ya se perdió, se busca conservarlo mientras todavía puede reutilizarse o procesarse. A futuro, Desierto Vestido proyecta la creación de un Centro de Innovación en Economía Circular enfocado en textiles. Aunque la iniciativa todavía se encuentra en diseño, su propósito es reunir conocimiento territorial, clasificación, investigación aplicada y desarrollo de soluciones. Para Barría, la escala no depende solamente de instalar maquinaria: requiere información, alianzas y capacidades permanentes en la región.

UN SISTEMA DISEÑADO PARA DESECHAR

El problema comienza antes de que una prenda llegue a Chile. La moda rápida transformó la ropa en un producto de rotación acelerada: colecciones que cambian constantemente, precios bajos y una vida útil reducida. Muchas prendas, además, combinan fibras naturales y sintéticas, elastano, cierres, botones, estampados y otros componentes que dificultan su separación.

A escala internacional, menos del 1 % del

material utilizado para fabricar ropa vuelve a reciclarse en nuevas prendas. Esta pérdida representa no solo un costo ambiental, sino también la desaparición de miles de millones de dólares en valor material cada año (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Cuando el producto no fue pensado para repararse, desmontarse o reciclarse, incluso la mejor planta encuentra límites técnicos.

ANTES DE RECICLAR: CONSERVAR EL VALOR.



Retazos textiles preparados para su recuperación. La imagen evidencia la diversidad de materiales que deben clasificarse antes de ser reutilizados o reciclados. Imagen referencial. Fotografía: Alexander Zvir/Pexels.

Ecocitex es una empresa chilena pionera en reciclaje textil. Recibe ropa en desuso, la clasifica manualmente y determina si puede reutilizarse, transformarse o ingresar a reciclaje mecánico. Mientras Desierto Vestido evidencia y previene las consecuencias territoriales del descarte, Ecocitex actúa antes de que los materiales pierdan definitivamente su utilidad (Ecocitex, s. f.-a).

Daniela Ehijo, gerenta general y CEO de Ecocitex, explica que la empresa nació frente a un problema evidente: millones de toneladas de textiles terminan en vertederos o incineradores. Pronto comprendieron que no bastaba con reciclar; la industria había sido organizada para producir rápido, usar durante poco tiempo y desechar, privilegiando el bajo costo por sobre la durabilidad, la reparación y la reutilización.

Ese diagnóstico cambió su definición de éxito. Para Ehijo, mantener una prenda en uso conserva más recursos que desarmarla; repararla preserva más valor que convertirla en

fibra; y el reciclaje debe comenzar cuando las opciones anteriores ya no son viables. Por eso, la primera opción no es necesariamente reciclar. La ropa en buen estado vuelve a utilizarse; aquella que puede repararse o transformarse ingresa a procesos de suprareciclaje; y solo el resto pasa al reciclaje mecánico. La clasificación busca asignar a cada pieza el destino de mayor utilidad.

“El reciclaje es una herramienta muy valiosa, pero debería ser el último paso antes de la disposición final”

— Daniela Ehijo, gerenta general y CEO de Ecocitex

La clasificación considera el estado, la composición y las condiciones sanitarias. Las prendas deben llegar limpias y sin residuos impregnados. Luego, el proceso mecánico desmonta las fibras sin utilizar agua, tinturas ni productos químicos. Según su composición y elasticidad, el material puede destinarse a relleno o hilarse para producir ovillos, telas, mantas, accesorios y desarrollos corporativos (D. Ehijo, comunicación personal; Ecocitex, s. f.-b). El principal límite aparece en el diseño. Una prenda puede ser económica y atractiva para quien la compra, pero difícil de procesar si combina fibras inseparables, elastano, cierres, botones o aplicaciones. Cada componente se comporta de forma distinta y puede interferir en el desfibrado y el hilado.

Por eso, el ecodiseño debe anticipar cómo se repara, desmontará, utilizará y

finalmente reciclará el producto. También debería informar con claridad su composición, porque no todo el material recuperado puede volver a convertirse en hilo: una parte debe destinarse a relleno textil.

Separar las prendas por color permite, además, evitar nuevas tinturas. El resultado no es idéntico a una materia prima virgen, sino un recurso con características propias que puede incorporarse a distintos productos.

En este modelo, reutilizar conserva la energía, el trabajo y los recursos incorporados en la prenda completa; reciclar recupera solo una parte. La circularidad no consiste en buscar un destino tardío para todo lo producido, sino en impedir que se transforme prematuramente en residuo.

CUANDO LA SOLUCIÓN TÉCNICA ENCUENTRA AL MERCADO.

Recuperar una fibra no garantiza que el círculo se cierre. Ecocitex enfrenta una barrera cultural y económica: la percepción de que los productos reciclados tienen menor calidad, mientras los materiales locales compiten con importaciones fabricadas a gran escala y con materias primas vírgenes.

La producción circular desarrollada en Chile genera empleo local y reduce el uso de materias primas nuevas, pero esos beneficios ambientales y sociales todavía no siempre se reflejan en los precios o en los criterios de compra de empresas y organismos públicos.

“No basta con reciclar si no somos capaces de reintroducir esos materiales al mercado en distintos formatos y aplicaciones”

— Daniela Ehijo, gerenta general y CEO de Ecocitex



DANIELA EHJO

Gerenta general y CEO de Ecocitex, explica que la circularidad no termina al recuperar una fibra: también es necesario reintroducirla en el mercado y demostrar que un producto reciclado puede cumplir estándares de calidad.

Fotografía cedida por Ecocitex.

Para cambiar esa percepción, Ecocitex desarrolla talleres y alianzas con empresas, universidades y comunidades. La trazabilidad permite demostrar el origen del material, el proceso que recibió y el impacto evitado mediante su recuperación. El discurso ambiental tampoco basta: los productos deben acreditar desempeño, durabilidad y consistencia. Del mismo modo, entregar residuos a un reciclador no asegura la circularidad si se desconoce su destino o no existe demanda para el material recuperado. Ecocitex, además, compite en condiciones desiguales. Produce en Chile, genera empleo, paga impuestos y asume el cos-

to de recuperar residuos, mientras muchas alternativas importadas tienen precios que no necesariamente reflejan sus externalidades ambientales. Para Daniela Ehijo, el mercado aún valora insuficientemente los beneficios de la producción circular.

La escala no depende sólo de cuántas toneladas pueda procesar una planta, sino también de compradores, nuevas aplicaciones, investigación y normas que incentiven el uso de materiales secundarios. Las compras públicas sostenibles podrían ser decisivas al considerar criterios ambientales y sociales junto con el precio.

RECICLAR NO BASTA SI NADIE UTILIZA EL MATERIAL.

Después de recuperar una fibra aparece la pregunta decisiva: ¿quién la utilizará y en qué producto? Sin aplicaciones ni compradores, el material puede volver a acumularse y el círculo permanece abierto.

Universidades y centros de investigación pueden caracterizar fibras, mejorar procesos y desarrollar usos seguros para materiales complejos, incluso fuera de la industria del vestuario.

Daniela Ehijo propone complementar

las metas de recolección y valorización con metas de reincorporación: la circularidad solo se completa cuando el material reciclado reemplaza efectivamente una parte de las materias primas vírgenes.

Para lograrlo se requieren compras públicas sostenibles, incentivos al ecodiseño y responsabilidad extendida del productor. El cambio exige coordinación entre el Estado, la industria, la academia, los gestores de residuos y la ciudadanía.

INGENIERÍA PARA EVITAR QUE EL VALOR SE PIERDA.

Las miradas de Desierto Vestido y Ecocitex convergen en una idea: el sistema debe intervenir antes del vertedero. Desde Alto Hospicio, Bastián Barría propone rutas de interceptación, centros de clasificación, logística inversa y registros digitales que permitan seguir el material. Desde Ecocitex, Daniela Ehijo enfatiza el ecodiseño, la investigación y el desarrollo de mercados capaces de reincorporar fibras recicladas.

Aquí la ingeniería adquiere un sentido que supera la eficiencia operacional. La gestión de datos puede recuperar la trazabilidad perdida; la ingeniería de procesos puede coordinar la clasificación y la logística inversa; y la ciencia de materiales puede desarrollar nuevas aplicaciones para textiles que ya no pueden volver a convertirse en ropa.

Desierto Vestido ha explorado junto con

equipos universitarios posibles usos funcionales de textiles descartados, entre ellos aplicaciones en sistemas de captación de agua de niebla. Este tipo de innovación no elimina la necesidad de reducir el consumo, pero muestra cómo la investigación puede transformar materiales problemáticos en soluciones vinculadas con las necesidades del territorio.

Una ingeniería con propósito no pregunta solamente si una alternativa es rentable o técnicamente posible. También examina a quién beneficia, qué impactos previene y cómo contribuye a regenerar ecosistemas y mejorar la calidad de vida. En ese sentido, hacer circular el material no basta si el modelo continúa trasladando sus costos hacia las mismas comunidades.

UNA REGULACIÓN QUE COMIENZA A TOMAR FORMA.

Las experiencias de Desierto Vestido y Ecocitex representan dos momentos de una misma historia. En Atacama aparecen las consecuencias de un sistema que perdió el control sobre sus productos. En los procesos de clasificación, reutilización y reciclaje de Ecocitex se demuestra que otro destino es posible,

siempre que los materiales se recuperen antes de perder sus propiedades.

Por eso, el éxito de la economía circular no debería medirse solamente por la cantidad de toneladas recicladas. También importa cuántas prendas lograron repararse, cuánto tiempo adicional permanecieron en uso, cuánto valor conser-

varon y cuántos residuos dejaron de generarse.

El cambio comienza cuando una prenda se diseña para durar, repararse, desmontarse y volver a utilizarse; cuando existe información sobre su recorrido; y cuando quien la produce participa en la gestión de su destino. Rediseñar los sistemas

productivos significa dejar de considerar el descarte como una consecuencia inevitable.

Solo entonces la ropa dejará de recorrer una línea que termina en el desierto y podrá comenzar a formar parte de un ciclo verdaderamente circular.

SUBTEMA 3

ENERGÍAS LIMPIAS Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA.

La transición energética busca reemplazar progresivamente los combustibles fósiles por fuentes más limpias y reducir las emisiones asociadas al funcionamiento de la sociedad. Sin embargo, este proceso no consiste únicamente en instalar más parques solares o eólicos. Para aprovechar una generación que cambia según la disponibilidad del sol y el viento, también se requieren redes de transmisión, sistemas de almacenamiento, planificación de largo plazo y herramientas capaces de anticipar las variaciones del sistema eléctrico.

Chile posee condiciones excepcionales para avanzar en esta transformación, pero enfrenta desafíos relacionados con la distancia entre los lugares donde se produce y se consume la energía, las limitaciones de la infraestructura, el crecimiento de nuevas demandas eléctricas y la incorporación sostenible de los proyectos en los territorios.

Por ello, una transición verdaderamente justa debe ser limpia, pero también segura, resiliente y capaz de distribuir sus beneficios sin concentrar sus impactos en determinadas comunidades.

Este subtema analiza el aporte de la ingeniería a través de las experiencias de María José Uribe Pizarro y Constanza Levicán. Sus miradas permiten comprender tanto las necesidades estructurales del sistema eléctrico como el papel de la inteligencia artificial en los pronósticos de generación renovable. En conjunto, muestran que el futuro energético del país dependerá no solo de los recursos naturales disponibles, sino también de la capacidad para integrarlos mediante infraestructura, innovación, coordinación y decisiones orientadas al bienestar de las personas y los territorios.

CUANDO EL SOL Y EL VIENTO NO SON SUFICIENTES

Chile avanza con rapidez en generación renovable. Sin embargo, transformar ese potencial en un sistema seguro, eficiente y sostenible, exige redes, almacenamiento, planificación e inteligencia capaz de anticiparse a un recurso que cambia con el clima.

El sol brilla sobre las plantas fotovoltaicas del norte de Chile y el viento mueve aerogeneradores capaces de abastecer miles de consumos. Sin embargo, la energía disponible, no siempre puede llegar al lugar o al momento en que se necesita. Allí aparece una de las principales paradojas de la transición energética chilena: contar con abundantes recursos renovables no garantiza, por sí solo, que toda esa energía pueda aprovecharse.

Chile ha avanzado de manera sostenida. A julio de 2025, el país alcanzaba 36.492 MW de capacidad neta instalada y un 68 % correspondía a fuentes renovables (Ministerio de Energía, 2025c). Este crecimiento modifica la matriz, reduce la exposición a combustibles fósiles importados y abre oportunidades para electrificar el transporte, la calefacción y distintos procesos productivos. Pero el cambio también obliga a modernizar la forma en que el sistema se planifica y opera.

El avance es especialmente significativo en un país que históricamente ha dependido de recursos energéticos provenientes del exterior. Para Constanza Levicán, ampliar la matriz renovable también fortalece la soberanía energética: mientras el precio internacional del

petróleo y otros combustibles puede verse afectado por guerras o crisis externas, el sol y el viento disponibles en Chile, no dependen de esas fluctuaciones. Esa ventaja, sin embargo, solo se vuelve efectiva cuando existe una red capaz de transformar el recurso natural en suministro continuo para hogares, hospitales, escuelas, transporte e industrias.

Para María José Uribe Pizarro, ingeniera civil eléctrica especializada en pronósticos de generación y con experiencia en el Coordinador Eléctrico Nacional, el desafío ya no consiste únicamente en sumar parques solares o eólicos. Una parte relevante de la producción renovable está lejos de los principales centros de consumo. Cuando la transmisión disponible no basta, se generan congestiones y vertimientos: centrales que podrían producir electricidad deben disminuir su entrega, porque la red no tiene capacidad para transportarla.

El vertimiento evidencia que la capacidad instalada no equivale necesariamente a la energía que el sistema puede integrar en cada momento. El resultado depende de la ubicación de las centrales, la disponibilidad de las líneas, los horarios de generación y demanda y las restricciones necesarias para mantener una operación segura.

“El desafío no es solamente incorporar más energías renovables, sino adaptar la operación para integrarlas de manera segura y eficiente.”

— María José Uribe Pizarro

LA INFRAESTRUCTURA DETRÁS DE LA TRANSICIÓN.

La imagen más visible de la transición suele ser un panel solar o un aerogenerador. Sin embargo, detrás de cada proyecto existe una red que debe llevar la electricidad al lugar y al momento en que se necesita. Por eso, explica Uribe, transmisión, almacenamiento y planificación tienen una importancia equivalente a la construcción de nuevas centrales.

El almacenamiento, permite desplazar energía desde las horas de abundancia hacia periodos de mayor demanda. También puede reducir vertimientos, manejar congestiones y entregar flexibilidad ante cambios rápidos en la genera-

ción o el consumo. La Comisión Nacional de Energía (2025) identifica esas mismas funciones para las baterías de gran escala. Aun así, Uribe advierte que no todos los problemas se resuelven instalando baterías ni todos requieren nuevas líneas: la ubicación, duración, tecnología y función de cada solución deben evaluarse en conjunto. La planificación deberá considerar demandas que antes tenían una presencia menor: vehículos eléctricos, calefacción electrificada, procesos industriales, hidrógeno verde y centros de datos. Ya no basta con extender al futuro las tendencias históricas de consumo.

Una incorporación descoordinada puede concentrar la demanda en horas o territorios, donde la red, ya enfrenta exigencias; en cambio, las tarifas adecuadas, la carga inteligente y la gestión de la demanda, pueden trasladar parte de esos consumos hacia momen-

PRONOSTICAR LO QUE TODAVÍA NO OCURRE.

La electricidad posee una condición particular: generación y consumo deben mantenerse equilibrados prácticamente en tiempo real. Como ninguna de las dos variables se conoce con certeza, la operación se apoya en pronósticos para programar centrales, reservas y recursos flexibles. La expansión solar y eólica vuelve esta tarea más compleja, porque la producción depende de condiciones meteorológicas cambiantes.

A partir de los pronósticos se determina qué centrales deberían estar disponibles, cuánto tendrían que generar y qué recursos flexibles conviene reservar. Si un parque produce menos de lo previsto, el sistema debe compensar la diferencia; si genera más, debe reajustarse la operación y podrían aumentar las congestiones o los vertimientos. Estas desviaciones no vuelven inseguro al sistema de forma automática, pero los errores grandes o frecuentes exigen más reservas, elevan los costos y obligan a efectuar ajustes de última hora.

María José Uribe recalca que el objetivo no es eliminar una incertidumbre inevitable, sino reducirla, cuantificar y convertirla en información útil, mediante datos de

tos de mayor disponibilidad renovable. Planificar supone anticipar escenarios y coordinar inversiones para que generación, transmisión y distribución avancen de manera compatible (Ministerio de Energía, 2025b).



MARÍA JOSÉ URIBE PIZARRO

Ingeniera civil eléctrica especializada en pronósticos de generación renovable, analiza los desafíos técnicos para integrar energías limpias al sistema eléctrico chileno.

calidad, monitoreo y modelos avanzados. Es justamente en ese punto donde la inteligencia artificial deja de ser una promesa general y se transforma en una herramienta para la operación cotidiana del sistema eléctrico.

DE LA METEOROLOGÍA A LA ENERGÍA.

Constanza Levicán, ingeniera civil eléctrica, fundadora y CEO de Suncast, trabaja precisamente en esa conexión. Las plantas de generación de gran escala, deben informar al Coordinador Eléctrico Nacional cuánto esperan producir durante el día siguiente. Suncast realiza esos pronósticos para empresas generadoras y los transforma en estimaciones horarias que pueden incorporarse a la programación del sistema.

El proceso comienza con información de diez modelos meteorológicos globales. Suncast evalúa cuál funciona mejor para cada planta, porque la diversidad geográfica de Chile impide utilizar una receta única. Luego, sus modelos de redes neuronales y aprendizaje automáti-

co convierten variables atmosféricas —por ejemplo, viento o radiación— en potencia eléctrica esperada. El resultado se transmite mediante datos que indican cuánto podría generar cada parque hora a hora.

Pronosticar el tiempo no equivale a pronosticar electricidad. Saber cuánto viento habrá no indica automáticamente cuánta energía producirá una instalación: también importan la altura y orientación de las turbinas, sus características técnicas y el comportamiento histórico de la planta. Los modelos aprenden de esas relaciones y convierten información atmosférica global en un dato específico para cada central.

“La inteligencia artificial es la herramienta para mejorar que los pronósticos sean más precisos y, con eso, exista una operación más estable, económica y segura.”

— Constanza Levicán, fundadora y CEO de Suncast

El aporte no está en reemplazar las decisiones humanas, sino en procesar grandes volúmenes de información y detectar relaciones difíciles de capturar con métodos más simples. Un mejor pronóstico permite programar los recursos con mayor eficiencia, disminuir desviaciones y preparar respuestas ante escenarios variables. Así, la IA ayuda a buscar un equilibrio entre seguridad y costo: disponer del respaldo necesario sin sobredimensionar y mantener la capacidad de reaccionar ante cambios inesperados.

EL DESAFÍO DE CONVERTIR UNA IDEA EN INFRAESTRUCTURA.

Para Constanza Levicán, Chile posee innovación científica y tecnológica de alto nivel y funciona como un “laboratorio vivo”, una misma solución puede probarse en climas, alturas y actividades productivas muy diferentes. Sin embargo, desarrollar una tecnología es solo el comienzo. El salto decisivo ocurre cuando una experiencia piloto logra operar de manera continua, funcionar en diez plantas, en vez de una y sostenerse como modelo de negocio. Ese escalamiento requiere tiempo, financiamiento y confianza. Industrias como; la minería, la energía, la agricultura o del salmón, necesitan proveedores capaces de entregar continuidad operacional durante las veinticuatro horas. Entre la idea y la adopción industrial, primero debe demostrar que el servi-



CONSTANZA LEVICÁN TORRES

Ingeniera civil eléctrica, fundadora y CEO de Suncast y presidenta de Climatech Chile. Su empresa aplica inteligencia artificial a los pronósticos de generación renovable (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s. f.).

cio funciona; luego, que se puede integrar a la operación permanente y repetirse en plantas con condiciones distintas. Durante ese periodo, el emprendimiento debe sostener equipos especializados y responder a exigencias comerciales, antes de alcanzar contratos que aseguren estabilidad financiera. Para Levicán, cerrar esa brecha permite que una solución desarrollada en Chile, se proyecte hacia otros mercados.

UNA TRANSICIÓN QUE TAMBIÉN DEBE SER JUSTA.

La dimensión tecnológica no agota el significado de la transición energética. Una matriz más limpia debe ser, al mismo tiempo, segura, resiliente y capaz de distribuir sus beneficios. El Plan de Descarbonización, establece una hoja de ruta para prescindir del carbón mediante medidas orientadas a una operación eficiente y resiliente. Este proceso exige observar no solo las grandes centrales, sino también las redes locales y la inserción de las nuevas infraestructuras en

los territorios (Ministerio de Energía, 2025a). Hablar de una transición justa supone preguntarse quiénes reciben sus beneficios, quiénes asumen sus costos y qué territorios concentran la infraestructura energética. Los proyectos de generación, las líneas de transmisión y los grandes centros de consumo, ocupan suelo y transforman el entorno. Estas decisiones no son neutrales: la ubicación de una obra determina qué zonas soportan sus

impactos y cuáles acceden con mayor facilidad a sus ventajas (Ministerio de Energía, 2025a).

María José Uribe propone modernizar la regulación de la distribución, incorporar medidores inteligentes y complementar los grandes proyectos con generación cercana a los lugares de consumo. La descentralización puede reducir pérdidas y presión sobre las redes de transmisión, además de facilitar soluciones adaptadas a realidades locales. Esto no significa abandonar la generación a gran escala, sino construir un sistema más diverso y flexible.

Las redes de distribución, que llevan la electricidad hasta los usuarios finales, deberán asumir un papel mucho más activo. Ya no recibirán energía solamente desde grandes centrales, también tendrán que integrar paneles solares instalados en viviendas o empresas, baterías, vehículos eléctricos y consumidores capaces de modificar sus horarios.

INGENIERÍA CON PROPÓSITO.

La transición energética reúne decisiones técnicas, económicas y sociales. Requiere construir líneas y sistemas de almacenamiento, pero también comprender datos, anticipar comportamientos, diseñar regulaciones y evaluar impactos. En ese escenario, la ingeniería con propósito aparece cuando la innovación se vincula con consecuencias concretas para las personas y el ambiente.

También exige colaboración. El Estado define políticas y reglas; las empresas desarrollan proyectos y tecnologías; la academia produce conocimiento y forma profesionales; las comunidades aportan experiencia territorial y participan en decisiones que afectan su entorno. Ningún actor puede resolver de manera aislada un sistema en el que cada cambio repercute sobre los demás. La calidad de la transición dependerá tanto de las soluciones disponibles, como de la capacidad de coordinarlas. Levicán lo relaciona con la elección de equipos, que comparten una motivación común. Durante una trayectoria

Los medidores inteligentes podrían entregar información más oportuna sobre esos flujos.

Actualmente, María José Uribe, señala que parte de la demanda se observa de forma agregada o con rezago, lo que limita la capacidad de anticiparse y tomar decisiones locales.

La electrificación plantea una oportunidad similar. Constanza Levicán sostiene que Chile debe avanzar en dos caminos paralelos: aumentar la participación renovable y reemplazar consumos basados en combustibles fósiles por alternativas eléctricas. El transporte público muestra parte de ese potencial, mientras la calefacción a gas o leña evidencia cuánto falta por recorrer. Pero electrificar sin planificación, puede desplazar el problema hacia redes insuficientes o aumentar la demanda en zonas ya tensionadas. La pregunta no es solamente cuánta electricidad se consumirá, sino dónde, cuándo y con qué efectos.

profesional que puede extenderse por décadas, plantea, importa encontrar un trabajo, cuyas acciones produzcan resultados positivos y donde el aporte individual sea visible. Esta convicción se materializa cuando un algoritmo no se diseña solamente porque es técnicamente posible o rentable, sino porque contribuye a que una red opere con mayor seguridad y aproveche mejor la energía disponible.

La experiencia de ambas ingenieras muestra dos dimensiones inseparables. María José Uribe observa el sistema completo: sus restricciones, necesidades de reserva, redes de distribución y desafíos futuros. Mientras que Constanza Levicán se concentra en una herramienta específica capaz de mejorar una parte de esa operación. Entre ambas miradas aparece una idea común: la transición no ocurrirá únicamente por la instalación de más capacidad renovable, sino por la inteligencia con que esa capacidad se integre.

“La transición energética no puede seguir pensándose únicamente desde los grandes proyectos de generación y transmisión.”

— María José Uribe Pizarro

05

EL SENTIDO DE LO HUMANO EN LA ERA DIGITAL

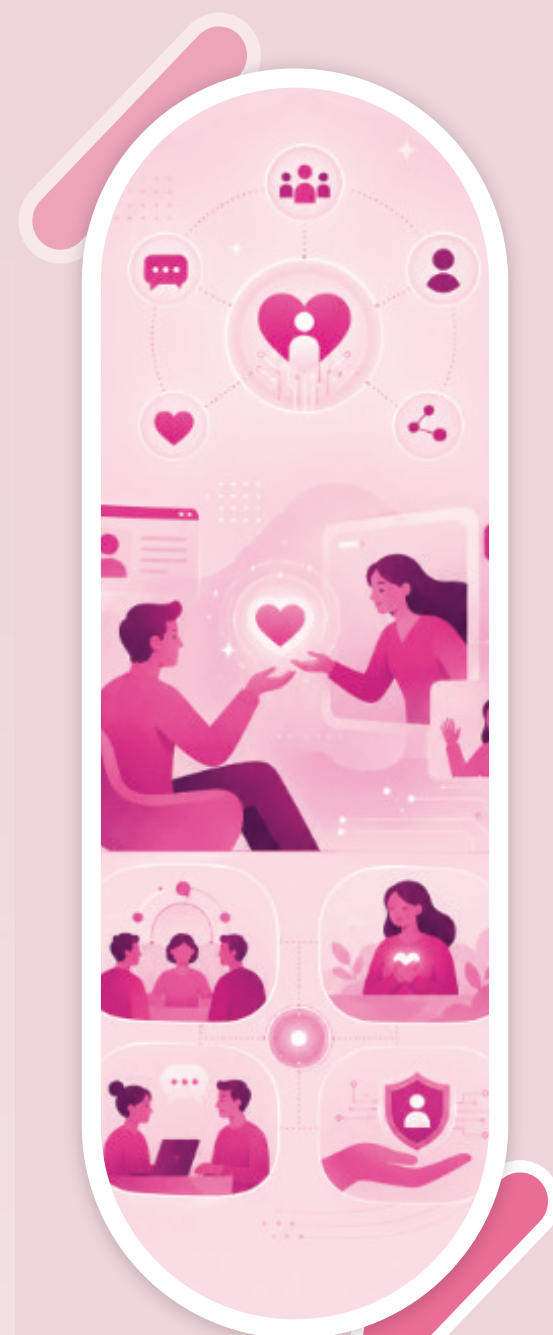


Hoy la tecnología no es únicamente una herramienta, ya es considerada el motor que mueve nuestra vida diaria, moldeando como trabajamos, el cómo nos relacionamos con nuestros pares y cómo funcionan nuestras instituciones. En nuestra consideración, los avances tecnológicos nos han facilitado muchas tareas cotidianas, aunque de la misma manera generan nuevos desafíos a los que tenemos que enfrentarnos, pero de igual manera gracias a esto podemos procesar montañas de información en segundos, conectar con personas al otro lado del mundo y lograr avances médicos impresionantes. Pero debido a esta rápida digitalización nos vemos obligados a hacer una pausa y preguntarnos: ¿hasta donde queremos llegar y cuales son los límites éticos en todo esto?.

El inconveniente que se nos presenta es que la innovación y los algoritmos avanzan mucho más rápido que nuestras leyes e incluso que nuestra propia capacidad de adaptarnos socialmente. A día de hoy, nuestro tiempo y nuestra atención se convirtieron en un valioso botín de la economía digital. Y esto no solo afecta los modelos de negocio, sino que golpea de forma directa nuestra salud mental y bienestar, especialmente en jóvenes.

Esto se ve reflejado en hospitales y clínicas. Tenemos en nuestro poder equipos y sistemas sanitarios cada vez más sofisticados, pero corremos el riesgo de perder lo máspreciado de la medicina: aquel trato humano y la empatía entre el profesional y el paciente. Al final del día, la salud tiene que seguir siendo un bien común, centrado en las personas y no solo en las máquinas.

Creemos que el desafío no está en que debemos detener el avance tecnológico, sino en adaptarnos a él, aprender a usarlo de manera responsable. Esto debido a que puede ser muy beneficioso para nuestra calidad de vida, pero únicamente si el desarrollo de estas tiene en consideración a las personas y no exclusivamente la eficiencia o el beneficio económico de las grandes corporaciones.



SUBTEMA 1

LA TRAMPA DEL SCROLL:

Cómo las redes sociales afectan nuestra salud mental y el desafío de una ingeniería con propósito.

En la actualidad, pasar horas frente a una pantalla deslizando el dedo por un feed infinito, es un acto cotidiano, casi instintivo. Sin embargo, detrás de esa aparente inercia no hay casualidad, sino código. Vivimos en la consolidación de la "economía de la atención", un modelo donde el tiempo y la concentración humana son los recursos más codiciados del mercado, y donde la ingeniería de software, ha sido puesta al servicio de un objetivo implacable: retener nuestra mirada a cualquier costo.

A medida que los medios digitales se vuelven más envolventes, impulsados por algoritmos predictivos y de recompensa variable, esta situación ha comenzado a cobrar una factura silenciosa, en la salud mental de quienes las usamos. Frente a esta realidad, resulta imperativo detenernos a reflexionar sobre el sentido de lo humano en la era digital y si la ingeniería, orientada a la optimización de métricas comerciales, fue capaz de construir esta trampa, ¿tendrá también la capacidad y la responsabilidad de diseñar la salida?

Esa pregunta no es sólo filosófica, tiene traducción directa en el cuerpo y la mente de millones de usuarios. Los datos clínicos y la evidencia académica empiezan a documentar un patrón cada vez más difícil de ignorar.

Comprender esta tensión exige mirar tanto la mente de los usuarios como la arquitectura de las plataformas. Para ello, contaremos con el análisis de:



DR. ANDRÉS ABELIUK

Doctor en Ciencias de la Computación y profesor asistente en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, nos guiará a través de la maquinaria algorítmica que orchestra nuestra atención.



DRA. VANIA MARTÍNEZ,

Académica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile y psiquiatra infantil y de la adolescencia, quién detalla los impactos reales en el bienestar de las nuevas generaciones.

Para la doctora Vania Martínez, el primer punto es no caer en el simplismo las tecnologías digitales y las redes sociales "no son por sí misma buenas o malas", explica, por lo que "pueden tener efectos que son positivos y que pueden ayudar a construir relaciones, pero también hay efectos que pueden ser perjudiciales". Entre los efectos negativos que identifica, el primero es la calidad del sueño, afectada por el uso excesivo de pantallas especialmente en la noche, con repercusiones tanto en la salud mental como física. El segundo es el tipo de contenido al que las personas están expuestas a contenido "que hace que las personas se comparen con estándares que de hecho son parciales", lo que impacta directamente en la autoestima, además de contenido violento, cyberbullying y ciberacoso.

Advierte además sobre un riesgo menos visible pero más grave, personas que atraviesan sintomatología depresiva o ideas suicidas pueden exponerse a contenido con el que se identifican, incluidas coberturas noticiosas que no siguen las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, lo que puede producir un efecto de transmisión social del suicidio. Por eso, señala, existen pautas específicas de la OMS y el Ministerio de Salud sobre qué se debe incluir ese tipo de información, entre ellos cómo, dónde y cuándo buscar ayuda.

Desde una perspectiva más cuantitativa, Andrés Abeliuk, coincide en que el impacto no es parejo "no es uniforme y depende de los patrones de uso que cada persona les da a las redes y de su exposición a amenazas como el acoso, los con-

tenidos sexuales, la desinformación y las prácticas de marketing agresivas". Y subraya que el mayor impacto se concentra en los menores de edad, en quienes los riesgos más evidentes son "el deterioro de la salud mental, del sueño y de la capacidad de atención, además de una percepción distorsionada de la imagen corporal y una baja en el rendimiento académico".

No es casualidad que ambos expertos coincidan en ese grupo etario. Cómo cierra Martínez, los adolescentes están en una etapa de construcción de su identidad psicológica, biológica y social lo que los vuelve particularmente expuestos a estos efectos.

Si los síntomas son cada vez más documentados, la pregunta que sigue es inevitable, ¿por qué el diseño de estas plataformas parece apuntar sistemáticamente en esa dirección?

El doctor de ciencias de la computación, matiza una idea común, la de que los algoritmos por sí solos moldean por completo nuestra percepción de la realidad. "Los medios y las tecnologías de comunicación han moldeado nuestra percepción del mundo desde mucho antes de que existieran las redes sociales". La evidencia más sólida, explica, muestra que los algoritmos influyen sobre todo en la exposición y la participación de los usuarios, mientras que su efecto sobre las actitudes profundas o la salud mental es más difícil de aislar de los propios sesgos cognitivos humanos, como la homofilia o el sesgo de confirmación, que preceden ampliamente a las plataformas. Aun así, advierte,

“ el efecto acumulado de los algoritmos en el tiempo no es menor y va amplificando los mismos sesgos humanos”.

— Dr. Andrés Abeliuk

La doctora complementa esta mirada desde la clínica y no duda en calificarlo como un mecanismo de diseño deliberado: "los algoritmos desarrollan dependencia [...] tienen programado para que las personas nos quedemos más tiempo, probablemente, del que programamos para estar en tecnología y redes sociales". Esa dependencia, explica, se reconoce cuando el uso impide realizar otras actividades como dormir, hacer ejercicio, co-

nectarse presencialmente con otros y genera angustia, ansiedad o irritabilidad cuando no está disponible, en un patrón que compara directamente con el de las drogas. Las notificaciones y la expectativa de reacciones de otros usuarios operan como refuerzos adicionales de ese circuito, que puede derivar en un círculo vicioso "la persona no está bien, está en redes sociales, las redes sociales hacen que esté peor".

Si el diseño de estas plataformas está optimizado para capturar la mayor cantidad de atención posible, la pregunta deja de ser solo técnica se vuelve una pregunta de negocio y, por tanto, ética.

Abeliuk es categórico sobre la raíz del problema "más que ajustes cosméticos, lo estructural es desacoplar las ganancias del clic". Y pone como ejemplo un hecho reciente "un jurado de Los Angeles encontró a Meta (junto a YouTube) responsable por negligencia en el diseño de sus plataformas, al considerar que sabían que su diseño era dañino para los usuarios jóvenes y no advirtieron esos riesgos". El caso, parte de una ola más amplia de litigios en Estados Unidos, marcó un precedente al centrarse por primera vez en decisiones de diseño de producto y no en el contenido publicado por terceros, el veredicto, emitido el 25 de marzo de 2026, condenó a ambas empresas a pagar 6 millones de dólares en daños a una joven que había desarrollado depresión e ideas suicidas tras un uso compulsivo de las plataformas desde su infancia (CNN en Español, 2026).

La tensión de fondo, dice,, es estructural "mientras el modelo de negocio depende de maximizar el tiempo de atención para vender publicidad, cualquier función de bienestar que se agregue competirá con el incentivo económico central de la empresa". Como ejemplo de una vía regulatoria distinta, menciona la Ley de

Servicios Digitales europea, que exige auditorías algorítmicas a las grandes plataformas: en 2024, la Comisión Europea forzó la retirada permanente del programa de recompensas de TikTok Lite en la Unión Europea al considerarlo potencialmente adictivo para los usuarios (Comisión Europea, 2024). A ese tipo de marco regulatorio, agrega, se suman los modelos de negocio alternativos al de la publicidad basada en la atención como parte de la solución.

Para Andrés, el punto de partida es cambiar qué se optimiza "un algoritmo puede optimizar la interacción significativa en vez del tiempo de pantalla, priorizar la diversidad de contenido en vez de reforzar burbujas de confirmación". También ve espacio para inteligencia artificial que detecte señales tempranas de riesgo y conecte a la persona con ayuda profesional, siempre con resguardos estrictos de privacidad. Su conclusión resume el espíritu del reportaje "la tecnología no es neutra y refleja los incentivos de quien la diseña, y esos incentivos se pueden rediseñar".

La académica Martínez conoce este desafío desde la práctica, lidera proyectos como Cuida tu Ánimo, orientados a la prevención e intervención temprana en salud mental juvenil. La ventaja de estas herramientas, dice, es su alcance, pueden

Pero ninguna herramienta, por bien diseñada que esté, resuelve por sí sola la pregunta de fondo que abrió este reportaje: qué lugar debe ocupar lo humano en sistemas cada vez más mediados por algoritmos e inteligencia artificial.

Para Andrés Abeliuk, una primera respuesta pasa por la educación: "alfabetización algorítmica para entender a grandes rasgos cómo funcionan los sistemas que median nuestra información y así poder cuestionarlos y ser críticos". Pero el cambio más profundo, sostiene, debe ocurrir en la formación de quienes diseñan estos sistemas: pasar de maximizar métricas de corto plazo líneas de código, tiempo de pantalla, engagement, a optimizar por impacto de largo plazo en las personas. Lo compara con un campo que ya recorrió ese camino, el de la equidad algorítmica en machine learning, que en pocos años pasó de ser un tema de nicho académico a contar con métricas, herramientas de auditoría y estándares propios. Cierra con una imagen que sintetiza el espíritu de "Ingeniería con Propósito": "el ingeniero es, guste o no, un actor con responsabilidad sobre esas consecuencias, no muy distinto de cómo un ingeniero civil responde por la seguridad estructural de lo que construye".

La psiquiatra, desde la clínica, aterriza

esa responsabilidad en algo más simple y, a la vez, más difícil de escalar: el vínculo humano. Recuerda un programa escolar de prevención de depresión en el que, al preguntar a los propios adolescentes qué había sido más valioso, la respuesta no fue una función digital, sino una visita presencial en la que el equipo les entregó pulseras con el nombre del programa. "Ellos valoraban esta presencialidad", dice. "No hay que olvidar la valoración de lo presencial, de lo material, del contacto humano, del vínculo. Es fundamental. Las tecnologías pueden ser una herramienta útil que apoya, que aporta, que complementa, pero que no debiera reemplazar el vínculo humano".

El reportaje abrió con una pregunta: si la ingeniería fue capaz de construir el laberinto de la economía de la atención, ¿tiene también la responsabilidad de diseñar la salida? Las voces reunidas aquí sugieren una respuesta matizada: sí, pero solo si el diseño deja de medir el éxito en minutos de pantalla y empieza a medirlo en bienestar real; si y sólo si se recuerda, como insiste la doctora Martínez,, que ninguna interfaz por bien intencionada que sea puede reemplazar una pulsera entregada en persona. Entre el código y el vínculo, ese es, quizás, el verdadero sentido de lo humano en la era digital.

SUBTEMA 2

DIGNIDAD HUMANA FRENTE A LOS LÍMITES DE LA MEDICINA.

Una conversación con Miguel Kottow sobre despersonalización, autonomía, medicina como bien común y el propósito de la ingeniería en salud.

La ciencia y la tecnología han ampliado de manera inédita nuestra capacidad para observar el cuerpo, diagnosticar enfermedades, sostener funciones vitales y prolongar la vida. Sin embargo, estos avances también abren preguntas que no pueden resolverse únicamente desde lo técnico: ¿hasta dónde intervenir?, ¿quién decide?, ¿todas las personas tienen las mismas posibilidades de acceder a estos beneficios? y ¿qué lugar conserva el paciente dentro de sistemas sanitarios cada vez más digitalizados?

“ **Llegar a mucha gente [...] que no le llegaría de otra manera por temas de costos, por temas de estigma o vergüenza de acudir a pedir ayuda** ”

— Dra. Vania Martínez,

Pero advierte que pocas aplicaciones de bienestar cuentan con respaldo científico real, y que sostener incluso esas pocas es difícil "los financiamientos son a corto plazo [...] nos cuesta mantenerlas, actualizarlas, porque nos quedamos sin financiamiento" una tensión que rara vez se menciona cuando se habla de tecnología para el bienestar.

Hay, además, una paradoja de diseño que Martínez enfrenta directamente el cómo competir por la atención del usuario sin recurrir a los mismos mecanismos de dependencia que critica. Su equipo ha incorporado elementos como la gamificación o guardar favoritos, pero traza un límite claro, no se puede hacer que la

persona se vuelva "adicta a una aplicación para teléfonos móviles que va a orientar el bienestar", del mismo modo en que tampoco sería sano depender de un psicólogo presencial de esa forma.

Sobre la inteligencia artificial aplicada a salud mental, su balance es prudente, reconoce que muchas personas ya la usan para hacer consultas, y que en ocasiones eso ha derivado en que busquen ayuda profesional o líneas de prevención del suicidio. Pero también existen demandas internacionales de personas que se han visto expuestas a riesgos severos por estas herramientas. "No podemos recomendarla como algo seguro en este momento", concluye.

Incorporar la medicina y la salud en una revista de ingeniería, responde precisamente a estas interrogantes. Los hospitales no funcionan solo a partir del conocimiento médico: también dependen del diseño de procesos, la asignación de recursos, los sistemas de información, los dispositivos biomédicos, la infraestructura y las decisiones de gestión. En este sentido, el sistema sanitario puede comprenderse como un sistema socioproductivo, en el que interactúan personas, instituciones y tecnologías para producir atención y cuidado. Por ello, la ingeniería influye directamente en la calidad, la oportunidad y la equidad con que estos servicios llegan a la población.

Esta relación se conecta estrechamente con el tema transversal de la revista: "Ingeniería con propósito: diseño de sistemas socioproductivos para el bienestar y la equidad en la era tecnológica". Una solución en salud, no debería considerarse exitosa únicamente porque reduce costos o agiliza un procedimiento. También debe responder a las necesidades reales de los pacientes, evitar nuevas desigualdades y contribuir a una atención segura, accesible y centrada en las personas. La Organización Mundial de la Salud considera que la calidad sanitaria debe integrar eficiencia, seguridad, equidad y respeto por las necesidades y preferencias de quienes reciben atención.

La bioética permite examinar estas decisiones desde una mirada más amplia. No se limita a establecer normas para los profesionales de la medicina, sino que también analiza los cambios sociales y

los desequilibrios que pueden producir los avances científicos y tecnológicos. Conceptos como la autonomía, el consentimiento informado, la vulnerabilidad, la responsabilidad social y el respeto por las personas, son fundamentales para determinar si el progreso está realmente orientado al bienestar humano.

Para profundizar en estas tensiones, conversamos con el médico y bioeticista Miguel Kottow Lang. Su mirada resulta especialmente pertinente, porque vincula la medicina con las condiciones sociales, económicas y tecnológicas que permiten —o dificultan— el cuidado. A lo largo de la entrevista, propone observar la atención sanitaria desde conceptos como la despersonalización, la medicina entendida como bien común, las oportunidades reales para ejercer la autonomía y la fragilidad corporal compartida por todo ser humano. Además cuestiona que la tecnología y la gestión se conviertan en fines por sí mismos, alejándose de las necesidades e intereses del paciente. Las preguntas y respuestas invitan a pensar en los límites de la medicina, no como una barrera contra la innovación, sino como una orientación, para avanzar responsablemente. Antes de diseñar una nueva tecnología, optimizar un hospital o automatizar una decisión clínica, la ingeniería con propósito, debe preguntarse: ¿qué problema humano busca resolver, quiénes podrán acceder a la solución y cómo protegerá a la persona que se encuentra detrás de los datos, los diagnósticos y los indicadores.



DR. MIGUEL KOTTOW LANG

Médico cirujano, oftalmólogo y referente fundamental de la bioética en América Latina. Académico de la Universidad de Chile, destacado por su mirada crítica sobre la salud pública y la humanización de la medicina.

I. En el marco de "El sentido humano en la era digital", las salas de hospital hoy están llenas de pantallas y sensores que miden cada constante vital. Desde la bioética, ¿cuál es el límite para que la utilización de esta sofisticación tecnológica no deshumanice el proceso de la relación entre el médico y el paciente? De acuerdo con su opinión de medicina con propósito: ¿Qué podría decir de "la ingeniería con propósito" en relación a la salud?

El término "deshumanizar" es equívoco, pues lo que ocurre en lo social y en lo ecológico es producto humano (demasiado humano, según Nietzsche); un ser humano deshumanizado ¿qué es? Es preferible emplear el término "despersonalizar" y reconocer la crisis como despersonalización.

Si entiendo medianamente bien el término "ingeniería con propósito en salud", tendría que guiarse por la "medicina con propósito" que es un tema abierto, magullado, distanciándose de su primer propósito, que es practicar las profesiones de la salud en conformidad con las necesidades e intereses de los pacientes, donde la gestión ingenieril tiene funciones administrativas, con cautela y acuerdos para participar técnicamente. Si su propósito es salud, sería convenient-

II. Tomando como referencia su obra "La Medicina Como Bien Común", usted defiende la medicina como un recurso esencial para la supervivencia y la relacionalidad humana, ¿qué recomendaciones le haría usted a las instituciones de salud, para preservar está consigna que usted tiene en torno a la medicina como bien común?

Los bienes comunes necesarios para la supervivencia son tierra, agua, aire, indispensables para desarrollar competencias sociales: empoderamiento, acceso indiscriminado a educación y medicina, todas ellas privatizadas e integradas al mercado de bienes y servicios básicos. Para los juristas, los bienes comunes son aquellos cuyo uso y disfrute pertenece a todos los seres humanos, sin que puedan atribuirse particularmente a ninguna persona. La destrucción de los bienes comunes, comienza con el cercamiento (enclosure) de tierras en tiempos feudales y la "conquista" del Nuevo Mundo. El Antropo-

te que eligiera del crónico debate una definición de salud, que no sea ampulosa (OMS) ni funcional estadística (Boorse). La fenomenología ofrece una reflexión que incluye la vivencia subjetiva de enfermedad, que gatilla la consulta médica. De Canguilhem: salud es el rango de normatividad (modificación de las normas fisiológicas vigentes) para enfrentar variaciones medioambientales, que requieren modificar la adaptación habitual. El concepto de la relación médico-paciente, también llamada encuentro clínico, está deteriorado por varias razones: administrativas, de reducida importancia por falta de tiempo, para escuchar la narrativa del paciente (anamnesis), y por el reemplazo del consentimiento informado, que de proceso relacional, se ha convertido en procedimiento de secretaría.

ceno, muestra deterioros irreversibles y posiblemente apocalípticos, donde los bienes comunes, incluyendo los sociales como educación y medicina, están del todo asfixiados por la desestabilización del Sistema Tierra. La biopolítica tiende a restricciones de empoderamiento individual (eutanasia, aborto, reproducción artificial). Intentar la recuperación de los bienes comunes, frente al predominio material y cultural requeriría un estricto control público bajo la fórmula "menos Estado, menos propiedad privada, más bienes comunes" (Mattei, 2013).

III. El debate sobre la autonomía del paciente en etapas terminales y opciones como la eutanasia sigue vigente en Chile. Al respecto, ¿cuál es su opinión sobre la autonomía que tendría el paciente al decidir su propio final en tiempo y forma? ¿Que opina sobre la legislación de la eutanasia? ¿Y qué dice sobre los grupos que por una creencia religiosa suponen que el final de la vida no puede ser decidido de manera autónoma?

La autonomía es un concepto teórico que en la realidad solo existe como oportunidades de ejercicio de decisiones libres. El ejercicio de autonomía, se restringe cada vez más por predominio de la tecnociencia, de la biopolítica y de la precarización económica de amplios grupos poblacionales. "Habermas" indicó que la razón instrumental se expande en términos tecnocientíficos a tiempo que reduce la razón comunicativa, que

busca la relacionalidad y la emancipación.

En el predominio del capitalismo neoliberal en Occidente, impuesto en muchas culturas más allá de la influencia norteamericana, hay promesas de autonomía personal, pero sin oportunidades reales para ejercerla para decidir y actuar libremente. La globalización alaba la autonomía individual al tiempo que la coarta por el capitalismo neoliberal.

IV. Médicos como el Dr. Manuel Sans de España, analizan las Experiencias Cercanas a la Muerte (ECM), planteando una conciencia que trasciende lo biológico. Desde su perspectiva bioética, pragmática y centrada en la autonomía del paciente, ¿qué opinión le merecen este tipo de estudios médicos, sobre dimensiones existenciales o espirituales asociadas al final de la vida?, ¿debemos abrir la medicina y la tecnología a estas dimensiones espirituales, o mantenerlas estrictamente en el límite biológico?

La medicina alopática se ha abierto a las terapias antes llamadas alternativas, ahora complementarias; respeta las creencias médicas de los amerindios (ej. el Hospital de Temuco). Respeta las convicciones espirituales del paciente (salvo el problema insoluto de los Testigos de Jehová, y la instancia aún en debate de

los objetores de conciencia). El Dr. Sans, ha presentado 5 casos de “resurrección”, difíciles de evaluar, sin saber qué criterios de muerte aplica; su trabajo ha sido repudiado por sus colegas españoles, que tildan sus escritos de “charlatanería de la mística cuántica”.

V. Tras haber estado en la camilla sufriendo la despersonalización que narra en su obra El Pa(de)ciente, ¿qué le pediría a la ingeniería biomédica para que los dispositivos médicos no anulen la identidad ni la dignidad de quien está hospitalizado?

Reducir drásticamente las “guías de acción”, las reglamentaciones impersonales de los hospitales (por ej. el control de presión arterial a las 2 A.M. solo para hipertensos inestables), visita médica diaria no solo del tratante sino también de

los interconsultorías involucradas. Acceso oportuno a enfermera de piso y enfermera jefa, Información ex ante de todo cambio de terapia, solicitud y resultado de exámenes.

VI. Para finalizar, pensando en la dignidad humana frente a los límites de la medicina y considerando que el sello de nuestra revista es la “Ingeniería con propósito”, ¿qué mensaje les dejaría a quienes diseñarán las tecnologías del futuro, para que nunca olviden la vulnerabilidad de la persona que está en la camilla?

Soy poco amigo de la idea de dignidad, que nadie ha sabido definir adecuadamente, ni sería necesario si el ser humano fuese intrínsecamente digno, lo que es una aseveración imposible de argumentar. En un mundo como el nuestro, donde poblaciones enteras padecen de hambre, condiciones de vida que reducen sus expectativas de vivir a la mitad de lo que ocurre en países materialmente privilegiados, hace trivial pensar en

una dignidad intrínseca a lo humano. Lo que sí es intrínseco a todo ser humano, es la fragilidad corpórea, una vulnerabilidad de especie que es permanente y persistente. Cualquier desmedro (enfermedad, pobreza) que nuestra cultura gusta llamar vulnerabilidad es, en realidad, una vulnerabilidad dañada, que se debe considerar como vulneración requiriente de terapia médica, social o económica.

“**Hablar de poblaciones vulnerables es ocultar que son grupos humanos dañados por pobreza multifactorial que, si se reconociese como tal, obligaría a acciones de ayuda.**

— Dr. Miguel Kottow Lang

SUBTEMA 3

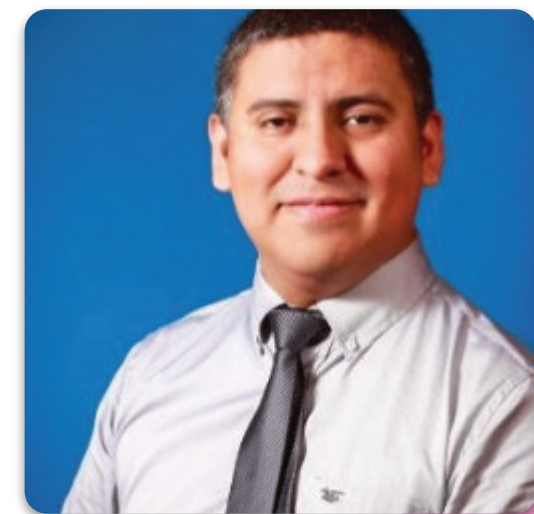
TECNOLOGÍA, IDENTIDAD Y DERECHOS HUMANOS.

La acelerada transformación digital ha redefinido drásticamente las fronteras de la ciberseguridad. Durante décadas, el desafío central de las grandes organizaciones tanto públicas como privadas se limitó casi exclusivamente a blindar su infraestructura física, evitar fraudes financieros o proteger su patrimonio corporativo frente a amenazas externas. Sin embargo, hoy nos enfrentamos a un escenario mucho más complejo: el resguardo de un derecho humano fundamental. En la era de la información, proteger los datos es, en esencia, proteger a las personas y su privacidad.

Actualmente, operamos en un entorno donde la recolección masiva de datos suele normalizarse bajo la peligrosa premisa de que “quien nada oculta, nada teme”. A medida que la innovación avanza a un ritmo abrumadoramente mayor que la regulación legal, las instituciones se ven obligadas a repensar cómo administran la información. Es aquí donde el diseño de los sistemas deja de ser un tema puramente técnico reservado solo para programadores y se convierte en una responsabilidad pública, gerencial y ética irrenunciable. Las decisiones tecnológicas no son neutrales. Cuando las plataformas fallan en su diseño ético, las consecuencias no se distribuyen por igual; por el contrario, estas brechas profundizan las asimetrías de poder y exponen de manera desproporcionada a los sectores más vulnerables de la sociedad. La verdadera “ciberseguridad ciudadana” exige superar la simple gestión reactiva de riesgos para adoptar un modelo de “Privacidad por Diseño” (Privacy by Design), donde la ética y la protección se integran desde la concepción misma del proyecto.

Para profundizar en este escenario, resulta vital la mirada de Cristián Tirado Pérez. Con una destacada trayectoria en la que lideró la Transformación Digital desde la Prorectoría de la Universidad de Santiago de Chile (USACH), y en su rol actual, como académico formador de futuros ingenieros, su análisis nos entrega las claves para comprender cómo; la gobernanza de datos y el diseño estratégico de sistemas son, hoy más que nunca, herramientas esenciales para construir organizaciones éticas y seguras.

I. Basado en su experiencia liderando proyectos de Transformación Digital y desde su visión estratégica en la Prorectoría de la USACH, ¿cómo debe gestionar una gran institución, el paso de una ciberseguridad enfocada tradicionalmente en proteger sus propios equipos, hacia una “ciberseguridad ciudadana” que ponga en el centro la privacidad de miles de usuarios (estudiantes, académicos y funcionarios)?



CRISTIÁN TIRADO PÉREZ.

Académico y formador de futuros ingenieros.

La función de Ciberseguridad, de la USACH es más que velar por los equipos y servidores, continuamente están monitoreando la red y sistemas universitarios, con el fin de evitar amenazas como exfiltraciones de datos personales, etc. El problema principal es que debido al tamaño de una institución como USACH, existen muchos sistemas satélites, algunos ni siquiera alojados en la infraestructura central (datacenter) y estos sistemas muchas veces desarrollados de forma externa a la Usach componen un riesgo adicional y

extendido, ya que la fragmentación institucional a nivel de desarrollo de sistemas, históricamente no ha utilizado las mejores prácticas, por ejemplo solicitando a esos desarrolladores externos full compliance con la legislación nacional o estándares internacionales. Con la nueva ley próxima a comenzar su aplicación, la función de ciberseguridad de USACH, tendrá aún más responsabilidades de cara a su cumplimiento estricto y se espera contar con el apoyo de toda la institución para lograrlo.

II. Como profesor de la asignatura de Diseño de Sistemas de Información, ¿cuál es el riesgo organizacional y operativo de diseñar plataformas bajo la premisa de recopilar datos masivamente y normalizando la falacia de que "quien nada oculta, nada teme"? ¿Por qué una correcta gobernanza tecnológica, exige minimizar la recolección de datos?

Los sistemas se deben ajustar a la nueva normativa, los riesgos son el no tener protegidos esos datos o tener más datos personales de los necesarios. Debe haber una evaluación asociada a la necesidad de datos personales, cuáles sí, cuáles no, por ejemplo respecto al RUT, hubo un semestre donde mi curso, al tener gran cantidad de alumnos, hubo una coincidencia exacta de los dos nombres y dos apellidos en dos alumnos del curso, eso

hace absolutamente necesario contar con el RUT, para efectos de dirimir cual era cual y poner la nota correspondiente en el acta sin ambigüedades, ese trabajo hay que hacerlo. También los sistemas deben permitir realizar los procesos necesarios de auditoría/revisión, necesarios en casos como procedimientos disciplinarios, u requerimientos legales a la USACH como solicitudes por Ley de Transparencia u otras.

III. La correcta estructuración y auditoría de los procesos es fundamental. Al digitalizar procesos institucionales críticos, ¿cómo se diseña una arquitectura de información, que permita la total transparencia operativa (para auditar que el sistema funciona bien), asegurando al mismo tiempo el anonimato absoluto del usuario?

Hay cosas que no pueden ser anónimas, como las actas de notas por ejemplo, o un proceso financiero interno, donde es absolutamente necesario saber quién aprobó algo, quién lo solicitó, etc. Pero de cara a la info pública sí que pueden ser anónimas, las informaciones solicitadas, por ejemplo por Transparencia me imagino. Ahora la nueva ley de protección de datos personales, no exige que todo sea anónimo, su objetivo es regular y proteger tu información, permitiendo que empresas y organizaciones la utilicen siempre que tengan una base legal justificada (como tu consentimiento, un contrato, o

una obligación legal). Desde el punto de vista técnico, existen métodos de guardar información sensible y protegerla, mediante cifrado, por ejemplo con técnicas robustas, e incluso para el caso contrario, donde la intención es que una información no sea modificable, ya sea por error o por una acción maliciosa interna o externa, existen tecnologías como sistemas WORM (Write Once Read Many), que permiten que una vez un dato se guarda, éste no se pueda ni modificar, ni eliminar por nadie, ni siquiera por la empresa externa donde esté alojado si lo está externamente.

IV. Teniendo en cuenta el rol público y social que rige a instituciones como nuestra universidad, ¿de qué manera una mala gestión en el diseño tecnológico y las vulneraciones a la protección de datos, terminan profundizando las asimetrías de poder y afectando de forma más severa a los sectores más vulnerables de la sociedad?

Si la USACH maneja de mala manera la creación de políticas institucionales que regulen y controlen el diseño tecnológi-

co, claramente las personas pueden ver sus datos personales vulnerados, pero no veo que ello profundice asimetrías de po-

der, o sea, si los datos de vulneran, pueden ser datos de cualquiera, lo malo es malo para todos. Sin embargo, el hecho de que se filtren datos personales de sectores más vulnerables de la sociedad, si podríamos decir tiene mayor impacto, debido a que esos sectores usualmente tiene menos capacidades de reacción y solicitar la corrección de esas vulneraciones, así como tiene menores capacidades tecnológicas muchas veces. La segu-

ridad de la información debiera ser general, y su solución provenir de los mismos entes, que velan por su cumplimiento estricto, si un sistema interno de un Depto. sufre una vulneración de datos, es la USACH la que lo sufre no solo ese Depto. Por esto las políticas institucionales deben acompañar la implementación de la nueva ley de forma generalizada y responsable.

V. Finalmente, desde su rol como académico formador, ¿cuál es el mayor desafío ético que enfrentarán los futuros profesionales y líderes de proyectos, al impulsar la transformación digital en un mundo donde la innovación tecnológica avanza mucho más rápido que la regulación?

El cambio tecnológico es más rápido que cualquier regulación, como ejemplo tenemos la Inteligencia Artificial, hoy es posible desarrollar sistemas completos en cuestión de horas, y no hablo de Vibe Coding, sino de desarrollo con metodologías robustas apoyadas por IA. Lo que tenemos que asegurarnos como Docentes, es que esos cambios tecnológicos sean aprovechables por nuestros alumnos,

desde ya no esperar a que USACH compre una membresía de X plataforma, la Universidad es lenta en eso, es el Docente, él que debe asegurarse darle a sus alumnos lo mejor que existe en un momento dado, no podemos esperar a que una tecnología sea lanzada por un ente gubernamental gratuito, recién para acceder y enseñarla,

“debemos estar en la punta de lanza abrazando las tecnologías nuevas que realmente ayudan a democratizar el acceso a la información a todas y todos”.

— Cristián Tirado Pérez.

REPORTAJE ESPECIAL

¿QUÉ NOS HACE HUMANOS EN LA ERA TECNOLÓGICA?

Cinco perspectivas sobre aquello que la inteligencia artificial puede imitar, pero no necesariamente vivir.



DR. RODRIGO GONZÁLEZ FERNÁNDEZ

Filósofo, académico de la Universidad de Chile y exdirector del Centro de Estudios Cognitivos, dedicado al estudio de la mente y la tecnología.



P. JUAN CRISTÓBAL BEYTÍA S.J.

Superior Provincial de la Compañía de Jesús en Chile. Ingeniero Civil y exdirector de la revista Mensaje y de la fundación TECHO.



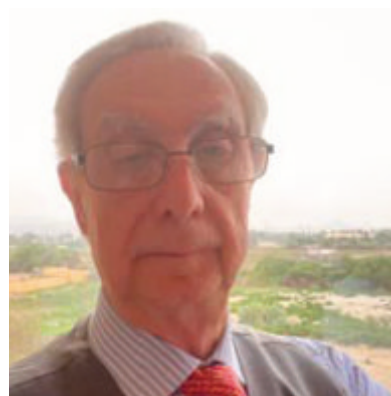
DANIELLE ZAROR MIRALLES

Doctora en Derecho y académica de la Universidad de Chile. Especialista en regulación tecnológica e inteligencia artificial.



XIMENA DÁVILA YÁÑEZ.

Epistemóloga, consultora y co-fundadora, junto a Humberto Maturana, de la Escuela Matriztica y cocreadora de la perspectiva de la Biología-Cultural.



DR. FERNANDO LOLAS STEPKE

Médico psiquiatra, director del Centro de Bioética de la Universidad de Chile y miembro de la Academia Chilena de la Lengua.

Una máquina puede responder preguntas, reconocer patrones, generar imágenes, organizar información e incluso simular una conversación cercana. Puede facilitarnos tareas que antes exigían horas de trabajo y ampliar nuestras capacidades de análisis, comunicación y creación. Pero cuando la tecnología comienza a ocupar espacios relacionados con el aprendizaje, el cuidado, la toma de decisiones o los vínculos personales, surge una pregunta que ya no es solamente técnica: **¿qué significa ser humano en una época marcada por la inteligencia artificial?**

Para aproximarnos a esta interrogante, reunimos cinco perspectivas provenientes de la bioética; la filosofía, el derecho, la Biología-Cultural, la ingeniería y la espiritualidad. Fernando Lolas Stepke, Rodrigo González Fernández, Danielle Zaror, Ximena Dávila y Juan Cristóbal Beytía S.J. respondieron desde sus propias disciplinas, pero sus reflexiones convergen en una idea fundamental: “la tecnología no es una fuerza ajena a la humanidad. Es una creación nuestra y, por lo tanto, expresa las prioridades, valores y formas de convivencia desde las cuales la diseñamos”. Incorporar la medicina y la salud en una revista de ingeniería, responde precisamente a estas interrogantes. Los hospitales no funcionan solo a partir del conocimiento médico: también dependen del diseño de procesos, la asignación de recursos, los sistemas de información, los dispositivos biomédicos, la infraestructura y las decisiones de gestión. En este sentido, el sistema sanitario puede comprenderse como un sistema socio-productivo, en el que interactúan personas, instituciones y tecnologías para producir atención y cuidado. Por ello, la ingeniería influye directamente en la calidad, la oportunidad y la equidad con que estos servicios llegan a la población.

Este reportaje no busca establecer una competencia entre seres humanos y máquinas. Tampoco pretende rechazar los beneficios de la innovación.

La pregunta central es otra: **¿qué capacidades, relaciones y responsabilidades debemos conservar para que el progreso tecnológico, contribuya realmente al bienestar y la equidad?**

I. CALCULAR NO ES LO MISMO QUE VIVIR.

Desde la filosofía, Rodrigo González Fernández, propone mirar la experiencia consciente como una dimensión central de la vida humana. Una máquina podría llegar a resolver problemas complejos, producir respuestas convincentes e incluso simular determinadas formas de pensamiento. Sin embargo, continúa abierta la pregunta sobre si puede experimentar la vida, de la manera en que lo hace una persona, es decir, sentir alegría, miedo, angustia, dolor o conciencia de su

propia existencia. Para González, existe una diferencia decisiva entre calcular y juzgar. Resolver racionalmente un problema, no implica necesariamente comprender su contexto, reconocer sus consecuencias humanas o ponerse en el lugar de quienes serán afectados. La capacidad de juicio requiere interpretar situaciones concretas, considerar valores y comprender aquello que una decisión significa para otros.

“ Existe una diferencia crucial entre resolver problemas racionalmente y entenderlos de manera contextual y consciente, considerando todas las variables implicadas ”

— Rodrigo González Fernández

Esta distinción cobra especial importancia, cuando la inteligencia artificial interviene en ámbitos como la educación, la justicia, la salud o la gestión de organizaciones. Una respuesta técnicamente correcta puede resultar insuficiente, cuando se ignora la realidad particular de las personas. Por eso, González advierte que una inteligencia artificial exclusivamente calculadora, podría reforzar una visión reducida del ser humano, centrada sola-

mente en su capacidad racional y productiva.

Fernando Lolas Stepke coincide en que existen dimensiones humanas que todavía no encuentran una equivalencia clara en los sistemas tecnológicos. Entre ellas menciona la intuición, entendida como una forma de conocer que no se limita a comparar alternativas mediante procedimientos algorítmicos, y la autoconciencia, que permite a una persona recono-

cerse como sujeto de sus experiencias y decisiones.

A estas capacidades agrega la empatía y la responsabilidad. Un sistema puede entregar una respuesta aparentemente pertinente, pero sigue siendo necesario preguntarse quién comprende realmen-

II. COMUNICACIÓN NO SIEMPRE SIGNIFICA ENCUENTRO.

La digitalización ha permitido superar distancias, compartir información en segundos y mantener contacto con personas ubicadas en distintos lugares. Sin embargo, las cinco perspectivas advierten que una mayor conectividad no garantiza vínculos más profundos.

Desde el entendimiento de la Biología-Cultural, Ximena Dávila propone diferen-

te el sufrimiento involucrado y quién responde, cuando la recomendación es incorrecta. Para Lolos, la pregunta por la responsabilidad —accountability— no puede desaparecer detrás de la aparente autonomía de una máquina.

ciar la comunicación del encuentro. Podemos intercambiar mensajes, imágenes y datos de manera constante, sin que ocurra una experiencia transformadora con otra persona. Para ella, aprender tampoco consiste solamente en acceder a información, sino, en participar en conversaciones y experiencias que modifiquen nuestra manera de observar, sentir y convivir.

“**La explicación de una experiencia nunca reemplaza la experiencia vivida**”.

— Ximena Dávila

Esta frase permite comprender uno de los límites más profundos de la tecnología: ningún dispositivo puede vivir por nosotros, aquello que ocurre al encontrarnos con otra persona, puede transmitir un mensaje, pero no experimentar el afecto, la confianza o la transformación que surge dentro de una relación humana.

Juan Cristóbal Beytía S.J. desarrolla una reflexión similar desde su doble formación como ingeniero y sacerdote. Aunque reconoce la utilidad de las plataformas digitales para trabajar, enseñar y acercar contenidos a miles de personas, sostiene que existe algo insustituible en la presencia de otro ser humano.

“Esa experiencia de relación, creo yo, va a ser ciertamente insustituible: que haya un igual frente a mí”.

“**El aparato hace que las cosas estén disponibles, pero se pierde la relación**”.

— Juan Cristóbal Beytía S.J.

La innovación, entonces, no solo agrega posibilidades. También puede eliminar espacios de encuentro, sin que lo advertimos. La pregunta no es únicamente ¿qué ganamos con cada avance?, sino

también, ¿qué experiencias, habilidades o relaciones dejamos de practicar cuando una tecnología realiza todo por nosotros?.

III. CREATIVIDAD, EMPATÍA Y CONTEXTO.

La creatividad aparece como otra capacidad fundamental dentro de las entrevistas. Danielle Zaror, sostiene que los sistemas tecnológicos se crean a partir de modelos retrospectivos, es decir, utilizando información y soluciones que ya existen. La creatividad humana, en cambio, puede observar un problema desde una perspectiva diferente, formular nuevas preguntas e imaginar posibilidades que todavía no han sido desarrolladas.

Desde su disciplina jurídica, Zaror también subraya la importancia del contexto. Las herramientas digitales pueden buscar jurisprudencia, preparar escritos y sugerir alternativas, pero cada caso, contiene circunstancias individuales que deben ser valoradas antes de tomar una decisión. El derecho no consiste únicamente en aplicar reglas: exige interpretar situaciones, comprender sus efectos y elaborar un juicio responsable. La empatía también resulta indispensable. Zaror plantea que ninguna conversación automatizada puede reemplazar completamente la contención emocio-

nal, como lo que un ser humano brinda a otro. Esta capacidad permite reconocer el sufrimiento, responder con compasión y construir las condiciones necesarias para la vida en comunidad.

Para Lolos, uno de los riesgos actuales es caer en una especie de **“sedentarismo digital”**, sustituyendo progresivamente nuestras capacidades intelectuales, por procesos automatizados. Si dejamos de crear, analizar y pensar por nosotros mismos, las herramientas destinadas a ampliar nuestras capacidades podrían terminar debilitándose.

Además Beytía, plantea una preocupación parecida en el ámbito educativo. Al delegar constantemente la escritura, el análisis o la solución de problemas, ciertas habilidades podrían dejar de desarrollarse. Esto no significa prohibir la tecnología, sino comprender que cada herramienta utilizada modifica también a quien la utiliza. Para aprovechar su potencial se necesita saber qué buscamos, por qué lo buscamos y cómo evaluar-

IV. LA EFICIENCIA NO PUEDE CONVERTIRSE EN EL ÚNICO PROPÓSITO.

La ingeniería suele trabajar con conceptos como eficiencia, optimización, productividad y reducción de costos. Estas herramientas son fundamentales para organizar recursos y solucionar problemas complejos. Sin embargo, las entrevistas coinciden en que no son suficientes para definir el bienestar humano.

Beytía utiliza una imagen especialmente provocadora para quienes se forman en ingeniería: acoger a una persona frágil puede ser ineficiente, pero es precisamente una de las acciones que expresan nuestra humanidad. Cuidar a niños, personas mayores, enfermos o personas con discapacidad no siempre responde a una lógica de optimización. Aun así, una sociedad que excluye a quienes requieren más tiempo, recursos o atención difícilmente podría considerarse verdaderamente desarrollada.

“Tenemos que conseguir que nuestras tecnologías y nuestros procesos conside-

ren aquellas variables que nos hacen genuinamente humanos”.

Su reflexión no rechaza la eficiencia, sino que cuestiona su transformación en el criterio principal de todas las decisiones. Una vivienda no se convierte automáticamente en un hogar por estar bien construida; una plataforma no crea necesariamente comunidad por conectar a muchas personas; y un sistema productivo no genera bienestar únicamente porque aumenta su rendimiento.

Danielle Zaror, plantea que la ingeniería debe evitar que una innovación produzca más problemas que aquellos que pretendía resolver. Para ello, no basta con evaluar sus beneficios antes de implementarla. También se requieren revisiones periódicas, transparencia y mecanismos de rendición de cuentas, que permitan observar sus efectos reales sobre las personas, las comunidades y el medioambiente.

V. DISEÑAR TECNOLOGÍA TAMBIÉN ES DISEÑAR CONVIVENCIA.

La temática transversal de esta edición —“Ingeniería con propósito: diseño de sistemas socioproductivos para el bienestar y la equidad en la era tecnológica”— adquiere un sentido especialmente profundo al reunir estas cinco perspectivas.

Los sistemas socioproductivos no solo producen bienes, servicios o resultados económicos. También distribuyen oportunidades, organizan relaciones de poder, transforman empleos y determinan quiénes pueden acceder a los beneficios de la innovación. Por ello, diseñar un sis-

tema implica definir, de manera explícita o indirecta, qué comportamientos serán favorecidos, qué necesidades serán priorizadas y qué personas podrían quedar excluidas.

Ximena Dávila, propone cambiar la pregunta habitual. En vez de preguntarnos solamente qué podrá hacer la inteligencia artificial, invita a observar ¿cómo ocurrió que los seres humanos llegáramos a crearla?. La tecnología aparece así como una expresión de nuestra historia, nuestras preocupaciones y nuestras formas de convivencia.

“La pregunta ya no es ‘¿qué hará la inteligencia artificial con nosotros?’, y pasa a ser ; ‘¿qué humanidad estamos conservando mientras la desarrollamos?’”.

— Ximena Dávila Yáñez.

Desde esta perspectiva, ninguna tecnología es ética o antiética por sí sola. Su diseño y utilización amplifican determinadas formas de relacionarnos.

Una tecnología desarrollada desde la colaboración, el respeto y el cuidado puede fortalecer esas posibilidades. Una creada en contextos de competencia, exclusión o desconfianza también puede amplificar esas dinámicas.

VI. BIENESTAR Y EQUIDAD: ¿QUIÉNES PARTICIPAN Y QUIÉNES SE BENEFICIAN?

La equidad ocupa un lugar central en las entrevistas. Fernando Lolos, advierte que el diseño tecnológico no debería realizarse sin escuchar a los grupos que potencialmente utilizarán o sufrirán los efectos de las herramientas. Cuando la regulación y el desarrollo se construyen desde una sola perspectiva, las soluciones inevitablemente serán parciales.

También cuestiona la distancia que puede existir entre los objetivos económicos de la industria tecnológica y las necesidades reales de las personas. Las empresas desarrollan productos buscando rendimiento y crecimiento, pero esos propósitos no siempre coinciden con el bienestar de los usuarios.

Por ello, considera necesaria la participación social, la educación tecnológica y la creación de regulaciones que protejan la autodeterminación.

Zaror incorpora otra pregunta esencial: ¿qué ocurre con el empleo y la estabilidad de los sistemas productivos, cuando la automatización busca reducir permanentemente la participación humana?. Una economía altamente automatizada puede abaratar costos, pero también genera tensiones si las personas pierden sus fuentes de ingreso y su capacidad de participar en la misma economía.

La innovación debe considerar, además, la diversidad cultural y social de las comunidades. Una tecnología diseñada desde los valores de un solo grupo, no necesariamente responderá a las necesi-

dades de todos. La equidad implica ampliar los beneficios, respetar los contextos y evitar que las desigualdades existentes se reproduzcan, dentro de los sistemas digitales.

Rodrigo González organiza esta responsabilidad mediante cinco principios para una ética de la inteligencia artificial: be-

neficencia, no maleficencia, autonomía, justicia y explicabilidad. La tecnología debería promover el bienestar, evitar daños y discriminaciones, proteger la libertad humana, contribuir a una sociedad más justa y permitir que comprendamos cómo toma sus decisiones, especialmente cuando es necesario atribuir responsabilidades.

VII. CONSERVAR LA LIBERTAD DE PENSAR Y DECIDIR.

¿Qué capacidades deberían preservar las próximas generaciones? Las respuestas incluyen creatividad, empatía, pensamiento crítico, juicio, libertad, responsabilidad y capacidad de encontrarse con otros.

Para Lolos, resulta fundamental proteger la autodeterminación y evitar una “esclavitud tecnológica”, en la que los seres humanos dejen de producir ideas, para convertirse en productos de los sistemas que utilizan.

Esto exige regulación, educación y una preocupación especial por la inequidad tecnológica. No todas las personas, ni todos los países acceden a las mismas herramientas, por lo que, el progreso puede ampliar las diferencias en lugar de redu-

cirlas. Beytía, destaca dos capacidades: mantener una actitud crítica frente a las respuestas de los sistemas y desarrollar discernimiento ético para decidir cómo utilizarlos. La libertad se debilita, cuando aceptamos automáticamente lo que una máquina produce y dejamos de ser responsables del proceso.

Rodrigo González resume la ambivalencia de la inteligencia artificial, señalando que puede potenciar tanto lo mejor como lo peor de la humanidad. Puede contribuir al conocimiento, la prosperidad y la solución de grandes problemas, pero también puede aumentar la discriminación, el daño ambiental, la insensibilidad frente al sufrimiento y la capacidad destructiva de los conflictos.

“La IA está para quedarse, pero como es una herramienta, solo depende de nosotros utilizarla para propósitos que nos hagan más humanos, no menos”

— Rodrigo González Fernández

VII. LA HUMANIDAD QUE APRENDAMOS A CONSERVAR.

Las cinco perspectivas reunidas no ofrecen una única definición de lo humano. Más bien, construyen un mapa compuesto por distintas dimensiones: la experiencia consciente, la intuición, la creatividad, el juicio, la empatía, la libertad, el vínculo, el cuidado y la responsabilidad.

Tampoco presentan la tecnología como una amenaza inevitable. Todos reconocen sus aportes y posibilidades. El peligro surge cuando la innovación es tratada como un fin en sí mismo, cuando la eficiencia reemplaza al propósito y cuando los seres humanos renuncian a evaluar las consecuencias de aquello que diseñan.

La pregunta por lo humano, no se responde identificando una capacidad que las máquinas nunca alcanzarán. Los avances futuros podrían imitar muchas

de las conductas que hoy consideramos exclusivamente humanas. El verdadero desafío consiste en decidir qué formas de vida y de convivencia queremos sostener, mientras esas capacidades tecnológicas continúan expandiéndose.

Ximena Dávila ofrece una reflexión que reúne el sentido completo de este reportaje, afirmando que :

“Ese será, finalmente, el verdadero legado de nuestro tiempo. No las máquinas que habremos construido, sino la humanidad que habremos aprendido a conservar mientras las creábamos”.

La ingeniería con propósito comienza precisamente ahí: no solo en preguntarnos ¿qué somos capaces de construir?, sino también ¿qué sociedad, qué relaciones y qué humanidad estamos ayudando a crear con aquello que construimos?.

PRIMER COLOQUIO: CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

DOCTORA LAURA PEREZ



UNA TRAYECTORIA QUE INSPIRA

El jueves 25 de junio del presente año, se llevó a cabo el primer coloquio del Laboratorio de Emprendimiento Organizacional, que tuvo como protagonista a la Doctora Laura Pérez, quién es una destacada académica del Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile e investigadora principal del Centro de Excelencia en Astrofísica (CATA). Con un Doctorado en Astrofísica, por el Instituto de Tecnología de California (Caltech). La Dra. Pérez ha marcado un hito mundial, al descubrir, junto a la astrónoma colombiana Paola Pinilla, las "trampas de polvo" (Dust Traps), en los discos protoplanetarios. Este hallazgo, que consta de explicar cómo el material cósmico sobrevive al deslizamiento radial para formar planetas, la hizo merecedora del prestigioso New Horizons in Physics Prize 2024. Durante el evento, la investigadora presentó una extensa revisión sobre la evolución de la infraestructura astronómica en el país y cómo esta ciencia fundamental, genera un impacto directo en la sociedad y la industria nacional.

La presentación de la Doctora Pérez inició con un recorrido histórico de la observación en Chile, desde los primeros instrumentos históricos ubicados en el Cerro Santa Lucía y Quinta Normal, hasta el establecimiento del Observatorio Astronómico Nacional en Cerro Calán. Explicó que la necesidad de evitar la incipiente contaminación lumínica y la

búsqueda de cielos prístinos, impulsaron expediciones hacia el norte del país, detonando un crecimiento exponencial con megaproyectos internacionales, como el Observatorio de Cerro Tololo, La Silla y el Very Large Telescope (VLT) de 8 metros de diámetro.

Uno de los temas más relevantes durante la exposición, fue demostrar como Chile pasó de ser un mero proveedor de cielos, a un creador tecnológico activo. La Dra. Pérez destacó el diseño y la construcción de la "Banda 1" del telescopio ALMA, desarrollada en laboratorios nacionales, la cual permite observar longitudes de onda de radio fundamentales, para entender el crecimiento del polvo cósmico. A su vez, evidenció como la instrumentación astronómica se transfiere a problemáticas industriales concretas. Además, detalló colaboraciones con la agroindustria, mediante el uso de espectroscopia, para evaluar la composición de alimentos, la implementación de radares de radiofrecuencia, con el fin de estimar volumen de biomasa en la industria salmonera, el desarrollo de biosensores para la detección temprana de la marea roja, y el diseño de radares portátiles basados en la tecnología receptora de ALMA, capaces de localizar los latidos de víctimas atrapadas bajo escombros tras un terremoto.

“...Cómo esta ciencia fundamental, genera un impacto Directo en la sociedad y la industria nacional.”



Durante la ronda de preguntas, se profundizó en el rol de la académica, respecto a la formación de nuevas generaciones de investigadores. Al rememorar su experiencia como profesora guía, en la tesis de magister de la destacada astrónoma Teresa Paneque, la Dra. Pérez explicó, que el rigor científico se transmite desafiando constantemente a los estudiantes. En sus propias palabras, el deber docente exige “no dejarlos solo como ‘bueno, acá está todo digerido y hecho’, sino que darles la oportunidad a que ellos que desarrollen un poco por sí mismos. Porque en esa fricción que uno siente cuando no puede resolver el problema, es decir, cuando no puede avanzar, en esa fricción, yo siempre he sentido que está la innovación”. Ilustró esta metodología relatando cómo, frente a un set de observaciones inusuales, que inicialmente parecían un error de cálculo, instó a su alumna a fundamentar sus resultados, bajo la exigencia directa de “Tere, convénceme”. Fue precisamente este espacio de tensión intelectual, lo que permitió a Paneque pensar fuera de los márgenes teóricos preestablecidos y demostrar empíricamente la existencia de asimetría en un disco protoplanetario.

Durante el desarrollo del encuentro, se abordó la trascendencia de la divulgación

científica frente a la inmediatez digital y la desinformación actual. Al respecto, la Dra. Pérez argumentó que educar bajo los preceptos del método científico, es esencial para dotar a la sociedad de herramientas cognitivas, que eviten la manipulación. Advirtió categóricamente que “sí no formamos pensamiento crítico, dejamos que las cosas nos pasen”, destacando que la capacidad ciudadana de “hacerse preguntas, cuestionarse y no creer todo y no dar las cosas por sentadas” constituye el principal resguardo de la población frente a las noticias falsas.

Posteriormente, en la etapa final de la ronda de preguntas, al ser consultada sobre las principales barreras enfrentadas durante su proceso formativo y de investigación, la científica confesó haber padecido “definitivamente el síndrome del impostor” en sus inicios. A este desafío personal sumó la dificultad que representó “la falta de académicas en mis distintos ámbitos”, un obstáculo que logró superar gracias a una firme proactividad para buscar mentoras. Al rememorar su incansable determinación para trabajar en su tesis junto a la investigadora Mónica Rubio, la académica enfatizó esta actitud resuelta frente a la adversidad:

“ Si yo necesito algo, lo busco y persevero en eso ”

SEGUNDO COLOQUIO: EQUIDAD, ACCESO Y OPORTUNIDADES EN LA TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA.

Este segundo coloquio abordó los desafíos de la ingeniería y la innovación, frente a problemáticas actuales y futuras, centrándose en una modalidad de conversatorio guiado entre dos destacados expositores.



ADRIANO RIVADENEIRA

Historiador con formación en Europa, ensayista y conductor del podcast de divulgación histórica Historias Felices y Tristes de Occidente.



DRA. LORENA ETCHEBERRY

Destacada socióloga y académica, de la Escuela de Periodismo de la Universidad de Santiago de Chile, experta en desigualdades sociales y políticas públicas.



DOS MIRADAS PARA LA TECNOLOGÍA

Adriano Rivadeneira, desde la historia y la divulgación cultural, relevó el valor de la educación pública y estatal, su especialización en relaciones internacionales y su compromiso con la difusión del conocimiento a través de plataformas gratuitas y accesibles.

Lorena Etcheberry propuso una aproximación sociológica y feminista a la tecnología, entendida como un campo que conecta lo social, lo tecnológico, lo biológico, el cuerpo y las emociones. Su trabajo se centra en salud mental, transformaciones institucionales, disidencias, metodologías cualitativas, etnografías digitales y contenidos en redes sociales.

En el primer bloque de la conversación, se planteó la interrogante sobre: ¿qué desafíos sociales, culturales o institucionales deben abordarse para que la transformación tecnológica contribuya a una sociedad más democrática e inclusiva?. Frente a esto, la Dra. Etcheberry propuso comprender la tecnología, como un campo sociotécnico, donde están imbuidos el cuerpo y las emociones, advirtiendo que no existe una separación real entre lo offline y lo online.

Explicó que la brecha digital ya no es solo de acceso, sino de apropiación, argumentando que “el campo tecnológico no es solamente tecnología, sino que es un campo sociotécnico, ¿no?. En términos de que está conectado lo social, lo tecnológico, lo biológico, el cuerpo y las emociones”. Complementando esta visión, Adriano Rivadeneira aportó una perspectiva historiográfica, recordando que, la tecnología no promete progreso por sí misma, sino que depende de quien ejerce el poder. Ejemplifico esto con la invención de la imprenta alrededor del año 1500, señalando que tomó siglos de transformaciones institucionales y asimilación cultural llegar a un modelo de escolarización obligatoria tras su aparición.

Posteriormente, el conversatorio avanzó hacia el impacto de la Inteligencia Artificial y la retroalimentación de sesgos algorítmicos, a partir de datos humanos. Rivadeneira enfatizó que la Inteligencia Artificial, se instala sobre un sistema desigual preexistente, por lo que simplemente reproduce esas asimetrías: “Lo llenamos nosotros. Como siempre las personas que nos tenemos que hacer responsables, las cosas no bajan de Júpiter, ocurren exactamente aquí, el que enchufa y desenchufa la inteligencia artificial, una persona que escribe el código del algoritmo también, el que manda el contenido, finalmente también es otra persona. En general un hombre

blanco heterosexual de Estados Unidos o de China”. Asimismo, matizó que la ansiedad frente al control de las máquinas no es nueva y que los modelos masivos actuales responden principalmente a lógicas comerciales.

Coincidiendo con esta preocupación, la Dra. Etcheberry reafirmó que el debate sobre la Inteligencia Artificial exige responsabilidades éticas y de política pública, instando a los Estados a implementar regulaciones internacionales de transparencia algorítmica e infraestructuras, que garanticen el bienestar colectivo y democratizan el acceso a derechos básicos como la salud y la educación. Finalmente, los expositores reflexionaron en torno al fenómeno de la sobreinformación, las fake news y el rol de las redes sociales en la fragmentación democrática.

Rivadeneira expuso históricamente, que la desinformación siempre ha existido, porque encaja con los prejuicios de las masas, dando a conocer un caso de la Primera Guerra Mundial, documentado por el historiador Marc Bloch. Advirtió que prácticas como el doom scrolling provocan una banalización de la cultura, y que la herramienta frente a esto es el inconformismo y el cuestionamiento constante de las fuentes, preguntándose: ¿“Tú cómo sabes esto? ¿Quién te lo dijo? ¿Dónde está escrito?”. En perfecta sintonía, la Dra. Etcheberry alertó sobre los peligros del ‘filtro burbuja’, el cual condiciona la información según las preferencias del usuario, lo que provoca que por su propias palabras: “dejemos de hablar, conversar, de dialogar con personas que piensan diferente a nosotros”. Concluyó advirtiendo, sobre el auge de comunidades digitales como la ‘manosfera’, donde se replican los discursos de odio y fenómenos de violencia digital, que terminan por silenciar las voces de las mujeres y minorías en el debate público.



INGENIERÍA CON PROPOSITO: DISEÑO DE SISTEMAS PARA EL BIENESTAR Y LA EQUIDAD EN LA ERA TECNOLÓGICA.

En esta cuadragésima novena edición, el Simposio tiene como temática transversal "Ingeniería con propósito: Diseño de sistemas socio productivos para el bienestar y la equidad en la era tecnológica". Para abordar este desafío, el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Santiago contará con la participación de tres destacados expositores provenientes de diversas áreas profesionales.

Cada uno de ellos brindará sus conocimientos desde perspectivas únicas y complementarias de la temática transversal antes mencionada: desde los límites éticos de la neurociencia y la identidad territorial en el desarrollo productivo, hasta la integración de la justicia social y el cuidado humano en el diseño de algoritmos. Este evento, que será llevado a cabo el jueves 23 de julio de 2026, será un espacio de análisis y reflexiones que generen críticas individuales y colectivas acerca del presente y lo que está por venir.

A continuación, presentamos las visiones completas de los expertos que protagonizarán esta jornada.

• EXPOSITORES •



**PEDRO MALDONADO
ARBOGAST**

Neurocientífico, académico de la Universidad de Chile e investigador del Centro Nacional de Inteligencia Artificial (CENIA). Autor del libro El humano futuro.



CLAUDIO MAGGI

Ingeniero Civil Industrial y Magíster en Ciencias de la Ingeniería con mención en Economía (U. de Chile). Especialista en innovación productiva con destacada trayectoria como exgerente de Desarrollo Territorial de CORFO.



**IVONNE ELIZABETH
MUÑOZ ARIAS**

Enfermera Universitaria (U. de Chile) y Magíster en Investigación en Diversidad e Inclusión Social. Especialista en la aplicación del Modelo DUA e Inteligencia Artificial para la creación de entornos inclusivos.

NEUROCIENCIA Y SOCIEDAD: EL LÍMITE ENTRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL CEREBRO HUMANO

PEDRO MALDONADO ARBOGAST

I. En su próxima presentación del simposio abordará la relación entre tecnología y bienestar humano. Desde tu mirada científica, ¿cuál será el eje central de su exposición y qué reflexiones o propuestas principales compartirá con el público sobre cómo la ingeniería debe adaptarse para proteger nuestra esencia biológica y mental?

El núcleo de mi exposición se centrará en contrastar las capacidades cognitivas y la inteligencia humana con las de la inteligencia artificial (IA). Subrayaré que la IA constituye una herramienta bajo el control y el desarrollo humanos, diseñada para complementar y potenciar nuestras propias facultades mentales, siempre y cuando evitemos delegar en ella nuestras funciones cognitivas de forma absoluta y sin criterio de reemplazo."

II. En su libro 'el humano futuro' advierte sobre cómo delegar demasiadas funciones mentales a la tecnología puede atrofiar ciertas capacidades de nuestro cerebro. Desde la neurociencia, ¿cuál es ese límite invisible que la ingeniería no debería cruzar si realmente busca diseñar tecnologías que potencien el bienestar en lugar de generar dependencia cognitiva?

"La principal capacidad de la inteligencia artificial contemporánea radica en su capacidad para procesar y analizar volúmenes masivos de datos. Esto le permite identificar patrones comunes y establecer relaciones complejas que, para el cerebro humano actual, supondrían un esfuerzo considerable. Sin embargo, el verdadero desafío radica en el ámbito de la creatividad, específicamente en la generación de nuevos conceptos e ideas que transformen a la IA en un motor de avance tecnológico y de bienestar social. Por lo tanto, la transferencia de tareas cognitivas a la tecnología debe gestionarse de manera que no debilite nuestras propias capacidades, sino que, por el contrario, nos libere tiempo para dedicarnos a actividades intelectuales de mayor complejidad."

III. Como investigador del cenia y participante en debates internacionales de ética tecnológica, ¿cómo se traduce el concepto de 'equidad' al nivel del cerebro? ¿Qué riesgos reales existen hoy de que la neurotecnología y la ia creen una brecha cognitiva insalvable entre distintos sectores de la sociedad?

El concepto de equidad en el ámbito cerebral se aborda desde diversos frentes. Por un lado, se busca que el avance tecnológico constituya un saber compartido, garantizando una justicia epistémica que permita a todos comprenderla y potenciar su propio desarrollo. Por otro lado, la equidad implica la capacidad de aplicar estas herramientas para resolver problemáticas locales de cada comunidad, lo cual requiere acceso tanto a la infraestructura adecuada como a las competencias profesionales necesarias para su implementación.

Por otra parte, el riesgo real radica en depender en exceso de la tecnología para llevar a cabo nuestras actividades, tanto físicas como mentales, sin que ello se traduzca en la oportunidad de impulsar actividades productivas. Muchas de estas labores no se realizan actualmente debido a limitaciones de tiempo o al enfoque en tareas cognitivas rutinarias que podrían automatizarse fácilmente.

IV. Pensando en el impacto de este simposio dentro del laboratorio de emprendimiento organizacional, si tuviera que elegir una frase o un solo mensaje clave que quede marcado tanto en los asistentes como en los futuros lectores del reportaje, ¿cuál sería?

El mensaje central es comprender que tanto la inteligencia artificial como la neurotecnología constituyen instrumentos para potenciar el desarrollo humano y elevar el bienestar social. Por esta razón, su aplicación debe limitarse estrictamente a las demandas y prioridades que la propia sociedad defina colectivamente. A lo largo de la historia, en reiteradas ocasiones, la evolución tecnológica ha propiciado mejoras sociales mediante un proceso de asimilación, validación y uso constructivo de las nuevas herramientas. El desafío actual consiste en diseñar los canales idóneos para asegurar que esta tendencia se mantenga al ritmo de las tecnologías emergentes.

INGENIERÍA CON PROPÓSITO: INNOVACIÓN TERRITORIAL PARA EL DESARROLLO SOCIOPRODUCTIVO

CLAUDIO MAGGI

I. Su exposición en el simposio estará centrada en los sistemas socioprodutivos. ¿Qué conceptos clave y qué visión del desarrollo territorial nos adelantará en su presentación para entender cómo la ingeniería puede diseñar industrias que pongan al bienestar social en el centro de su matriz?

Desde la ingeniería se puede contribuir a desarrollar industrias con mayor complejidad económica en el territorio, en torno a nuestra actual matriz productiva, que presenta vocaciones productivas territoriales muy diferenciadas. La ingeniería puede contribuir a avanzar en una mayor complejidad económica (en el enfoque de R. Hausmann). El economista Ricardo Hausmann define la complejidad económica como la cantidad de know-how productivo que una sociedad acumula y entrelaza. La prosperidad social depende de la capacidad de orquestar este conocimiento en redes de personas y empresas, lo que determina qué tan diversificados y sofisticados son los productos que exporta un país. En la base de esta evolución está apuntar en las políticas de desarrollo productivo y desde la ingeniería no solo a una mayor diversificación y complejidad sino también a una mayor productividad, sostenibilidad e inclusión económica.

II. A lo largo de su trayectoria en corfo ha impulsado fuertemente el desarrollo territorial y la descentralización. En el diseño de systems socio-productivos, ¿por qué es un error intentar replicar las mismas soluciones de ingeniería en todas las regiones y cómo se logra que la innovación tecnológica responda con propósito a la identidad de cada localidad?

Justamente por que las vocaciones productivas, y las potencialidades de innovación y diversificación son específicas a cada territorio. En Chile podemos identificar macroregiones en función de la actual diversificación productiva, pero también los sistemas regionales de innovación abren oportunidades diferenciadas, según los focos y presencia de universidades, centros tecnológicos y plataformas para el emprendimiento presentes. Es muy importante conectar toda oportunidad de innovación y emprendimiento productivo a esa base de capacidades locales, especialmente en niveles tempranos de madurez tecnológica (TRL). Más que responder a la identidad territorial, es justamente esa identidad la que permite comprender el espectro de oportunidades que a nivel territorial se abren en materia de innovación y emprendimiento, esa es la

base de lo que llamamos la 'especialización inteligente' de los sistemas productivos territoriales. En ese sentido, el establecimiento de los Comités Regionales de CORFO, con manejo descentralizado de más de 20 líneas de financiamiento ha sido un avance relevante, pero aún deben alcanzar masa crítica en la gran mayoría de las regiones.

III. Desde su experiencia liderando ecosistemas como openbeauchef, ¿cuál es hoy el mayor obstáculo en Chile para que el conocimiento científico e industrial generado en las universidades se transforme en soluciones reales que impacten el bienestar social y no se queden solo en proyectos teóricos o de nicho comercial?

De mi experiencia en la Universidad de Chile, la U. de Concepción (entre 2018 y 2020 presidí Incuba UdeC) y también en CORFO, un obstáculo fundamental viene dado por la insuficiente sistematicidad y recurrencia en las interacciones entre los espacios de generación de conocimiento científico con el mundo productivo. Joel Mokyr (Nobel de Economía 2025) plantea que alcanzar el crecimiento sostenible requiere de procesos de innovación recurrentes y acumulativos, sin una base científica conectada permanentemente a los desafíos y oportunidades del sistema productivo es muy difícil que la innovación se cumule y acelere.

Esta constatación abre un gran desafío para las Universidades, especialmente regionales, de conectarse mejor con su entorno.

En los últimos 10 años se ha hecho un esfuerzo por fortalecer capacidades tecnológicas en las diferentes regiones, con apoyo de CORFO y ANID, pero aun falta conectar mejor y alinear incentivos del sector científico y académico con los desafíos que el mundo productivo plantea. Entre los elementos clave a potenciar podemos mencionar programas de doctorado aplicados a la industria, mayor uso de la Ley de Incentivo tributario para la I+D empresarial. Otro obstáculo importante viene dado por la musculatura de los canales de transferencia tecnológica, especialmente en la industria donde es importante además de preparar a doctorados con esa perspectiva es fortalecer la formación técnica superior y profesional con mayor foco en esas capacidades, que son cruciales en el escenario de cambio tecnológico y masificación de soluciones digitales y basadas en IA por una parte, y foco en sostenibilidad y economía circular por otra parte, que simultáneamente estamos enfrentando.

“...aun falta conectar mejor y alinear incentivos del sector científico y académico con los desafíos que el mundo productivo plantea.

— Claudio Maggi

IV. Pensando en el impacto de este simposio dentro del laboratorio de emprendimiento organizacional, si tuviera que elegir una frase o un solo mensaje clave que quede marcado tanto en los asistentes como en los futuros lectores del reportaje, ¿cuál sería?

Pondría énfasis en la importancia de ser capaces de proyectar y anticipar el futuro. La capacidad prospectiva nos permite como ingenieros construir escenarios de futuro que expanden la posibilidad de construir visiones compartidas y agendas colaborativas para alcanzar dichas visiones. Esa ha sido la una de las principales claves de territorios que han demostrado ser exitosos en "dar el salto" hacia ecosistemas socioprodutivos avanzados, altamente innovadores. Y la historia nos muestra que la capacidad de "dar ese salto" es mayor en escenarios de cambio tecnológico global como el que vivimos en la actualidad.

INGENIERÍA Y JUSTICIA SOCIAL: EL DISEÑO COMO HERRAMIENTA DE EQUIDAD

IVONNE ELIZABETH MUÑOZ ARIAS

I. Su charla en el simposio estará enfocada en la equidad en la era tecnológica. ¿Cuál será el planteamiento principal de su intervención y qué horizontes o desafíos abrirá para que comprendamos el rol de la ingeniería con propósito en la construcción de un futuro sin brechas ni exclusiones?

Mi intervención planteará el uso de la inteligencia artificial articulada con el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como una herramienta diagnóstica rigurosa para identificar brechas tanto visibles como invisibles antes de estructurar cualquier proyecto. Planteo que no existe un diseño pertinente sin un diagnóstico profundo que reconozca que todo sistema genera inevitablemente inclusiones y exclusiones; por ello, el horizonte para la ingeniería con propósito es dejar de medir el éxito únicamente por la eficiencia técnica y asumir la responsabilidad humana de formular mejores preguntas, escuchar el entorno y anticipar barreras para no diseñar a ciegas.

II. La aceleración tecnológica promete democratizar el acceso al conocimiento, pero muchas veces termina profundizando la desigualdad. ¿Cuáles diría que son hoy los puntos más críticos donde la tecnología está excluyendo a los sectores más vulnerables y cómo puede la ingeniería con propósito corregir ese rumbo?

Los puntos más críticos de exclusión residen en reducir el acceso a la mera conectividad o tenencia de dispositivos, omitiendo las brechas materiales, la falta de competencias digitales críticas, la escasa accesibilidad para la diversidad neurodivergente o de mayor edad, y la reproducción automatizada de sesgos e inequidades de lenguaje. La ingeniería con propósito puede corregir este rumbo realizando diagnósticos participativos, evaluando barreras contextuales y relacionales complejas, ofreciendo múltiples alternativas de interacción y monitoreando el impacto real en grupos específicos en lugar de conformarse con métricas y promedios generales.

III. Hablar de equidad en la ingeniería suele verse como un tema meramente ético o de política pública. En la práctica, ¿cómo se diseña un sistema técnico o algoritmo desde su origen para que contenga principios de justicia social y equidad antes de ser lanzado al mercado?

Un sistema o algoritmo equitativo se diseña definiendo el problema junto a las personas involucradas desde las fases iniciales e incorporando la lógica del DUA para brindar diversas opciones de acceso e interacción sin cargar la adaptación exclusivamente sobre el usuario. En la práctica, implica traducir la equidad en requisitos técnicos concretos: auditar la representatividad de los datos de entrenamiento, asegurar la supervisión humana y establecer una revisión continua post-lanzamiento, demostrando que la justicia social no es un complemento ético final, sino una dimensión metodológica integrada desde el origen.

IV. Pensando En El Impacto De Este Simposio Dentro Del Laboratorio De Emprendimiento Organizacional, Si Tuviera Que Elegir Una Frase O Un Solo Mensaje Clave Que Quede Marcado Tanto En Los Asistentes Como En Los Futuros Lectores Del Reportaje, ¿Cuál Sería?

Confiar en el proceso es comprender que una buena solución no nace sólo de una meta clara, sino de un diagnóstico riguroso, decisiones conscientes y una revisión permanente de aquello que el diseño incluye y de aquello que puede estar dejando fuera.

PALABRAS FINALES

A lo largo de la edición de esta revista, la máxima prioridad fue dar a conocer el impacto tecnológico en la vida humana, centrándonos en el tema transversal "Ingeniería con propósito". Tocamos temas relevantes para el conocimiento universal y para la reflexión sobre aquello que hoy en día está presente en prácticamente todos los rincones de nuestra vida. La tecnología, por sí misma, lleva años existiendo; sin embargo, en los últimos años su impacto se ha vuelto mucho más evidente. Por ello, creemos que nuestra preparación como ingenieros debe estar enfocada en crear sistemas, programas y productos que no dejen de lado al ser humano ni pasen a llevar ámbitos tan importantes como la dignidad, la equidad, la salud, el bienestar y el cuidado del medio ambiente.

Este proyecto también nos permitió comprender que la ingeniería no se desarrolla únicamente a través de avances tecnológicos, sino también escuchando distintas perspectivas y entendiendo las necesidades de las personas. Cada entrevista, reportaje y columna de opinión representó una oportunidad para ampliar nuestra visión y comprender que detrás de cada innovación existen personas que serán impactadas por ella. Como equipo editorial, fortalecimos nuestras capacidades de investigación, organización, comunicación y trabajo colaborativo, confirmando que una ingeniería con

propósito también requiere reflexión, diálogo y compromiso con la sociedad. Esperamos que quienes recorran estas páginas encuentren no solo información, sino también nuevas preguntas sobre el papel que tiene la ingeniería en el mundo actual. Más que entregar respuestas definitivas, quisimos invitar a reflexionar sobre cómo la tecnología puede convertirse en una herramienta para promover el bienestar, la equidad y el desarrollo sostenible, sin perder nunca de vista a las personas.

Antes de finalizar, quiero agradecer sinceramente a nuestros profesores por su guía y acompañamiento durante todo este proceso; a cada uno de los entrevistados, quienes compartieron generosamente su tiempo, experiencia y conocimientos; al diseñador y al editor, cuyo trabajo permitió dar forma y calidad a esta publicación; y, por supuesto, a cada integrante de la Empresa Revista, por su compromiso, responsabilidad y dedicación para hacer posible esta XLIX edición de la Revista LEO.

Como gerenta de la Empresa Revista, cierro esta edición con orgullo y satisfacción por el trabajo realizado. Espero que esta revista refleje el compromiso de nuestro equipo con una ingeniería capaz de innovar sin perder de vista a las personas y que inspire a futuros profesionales a ejercer su labor con responsabilidad, sensibilidad y propósito.

Stephanie Toledo
Gerenta Empresa Revista LEO XLIX



PATROCINADORES



AUSPICIADORES



REFERENCIAS

Agurto, C. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el subtema de Tecnología Espacial e Infraestructura para la Equidad [Comunicación personal].

Amar Díaz, M. G. (2025, 10 de Enero). El estado actual de la investigación astronómica en Chile y el mundo (Informe N.º 01-25). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. bcn.cl. Obtenido el 4 de Julio del 2026, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/36948/1/Informe_01_25_El_estado_actual_de_la_investigacion_astronomica_en_Chile_y_el_mundo.pdf

Andrés, A. (julio de 2026). Entrevista realizada para el reportaje sobre el ser humano en la era digital [Comunicación personal].

Arredondo, S. (Julio del 2026). Entrevista realizada para la columna de opinión de Espacios inteligentes, ciudad y equidad [Comunicación personal].

Ávila, M. (2025, 7 de agosto). Desierto Vestido: La ONG chilena que busca resolver el problema de la ropa desechada en el desierto de Atacama. MegaTiempo. <https://www.megatiempo.cl/sostenibilidad/7348-desierto-vestido-contaminacion-ropa-desierto-de-atacama-alto-hospicio.html>

Barría Acevedo, B. (s. f.). [Retrato de Bastián Barría Acevedo, cofundador de la ONG Desierto Vestido] [Fotografía]. Archivo personal.

Barría Acevedo, B. (julio de 2026). Entrevista realizada para el reportaje sobre economía circular y rediseño de sistemas productivos [Comunicación personal].

Beytía, J. C. (2026, julio). Entrevista para el reportaje especial «¿Qué nos hace humanos en la era tecnológica?» [Entrevista realizada por el equipo editorial de Revista LEO XLIX, Universidad de Santiago de Chile].

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s. f.). Constanza Levicán Torres. https://www.bcn.cl/mujerescientificas/detalle/constanza_levican_torres/

Boorse, C. (1977). Health as a theoretical concept. Philosophy of Science, 44(4), 542–573. <https://doi.org/10.1086/288768>

Borgmann, A. (1984). Technology and the character of contemporary life: A philosophical inquiry. University of Chicago Press.

Canguilhem, G. (1991). The normal and the pathological (C. R. Fawcett, Trad.; M. Foucault, Introd.). Zone Books.

Cavoukian, A. (2009). Privacy by design: The 7 foundational principles. Information and Privacy Commissioner of Ontario.

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2. (2025, 2 de Julio). La crisis hídrica en Chile: un desafío para la seguridad y la sustentabilidad. (revistalaruta.cl). Cr2.cl. Obtenido el 6 de Julio del 2026, de <https://www.cr2.cl/la-crisis-hidrica-en-chile-un-desafio-para-la-seguridad-y-la-sustentabilidad-revistalaruta-cl/>

CNN en Español. (2026, 25 de marzo). Un jurado declara responsables a Meta y YouTube en un juicio por adicción en redes sociales. <https://cnnespanol.cnn.com/2026/03/25/ciencia/jurado-responsables-meta-youtube-adiccion-trax>

Comisión Europea. (2024, 5 de agosto). TikTok se compromete a retirar permanentemente el programa TikTok Lite Rewards de la UE para cumplir con la Ley de Servicios Digitales. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/news/tiktok-commits-permanently-withdraw-tiktok-lite-rewards-programme-eu-comply-digital-services-act>

Comisión Nacional de Energía. (2025). Informe de costos de tecnologías de generación y almacenamiento. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2025/05/ICTGA-2025.pdf>

Congreso Nacional de Chile. (2017). Proyecto de ley que regula la protección y el tratamiento de los datos personales y crea la Agencia de Protección de Datos Personales (Boletín N° 11144-07). Senado de la República de Chile.

Copano, N. (julio de 2026). Entrevista realizada para el reportaje Reconversión laboral y nuevas competencias tecnológicas [Comunicación personal].

Cutipa, G. (2021, 31 de Mayo). Importancia y características de un proyecto socio productivo . Investigación Científica; Guido Cutipa. Obtenido el 2 de Julio, de <https://guidocutipa.blog.bo/investigacion/importancia-y-caracteristicas-de-un-proyecto-socio-productivo/>

Dávila Yáñez, X. (2026, julio). Entrevista para el reportaje especial «¿Qué nos hace humanos en la era tecnológica?» [Entrevista realizada por el equipo editorial de Revista LEO XLIX, Universidad de Santiago de Chile].

Dreyfus, H. L. (1992). What computers still can't do: A critique of artificial reason. MIT Press.

Ecocitex. (s. f.). [Retrato de Daniela Ehijo, gerenta general y CEO de Ecocitex] [Fotografía]. Archivo institucional.

Ecocitex. (s. f.-a). Misión, historia y equipo detrás de Ecocitex. <https://www.ecocitex.cl/pages/mision-historia-y-equipo-ecocitex>

Ecocitex. (s. f.-b). Servicios para empresas: Gestión y reciclaje textil. <https://www.ecocitex.cl/pages/servicios-empresas>

Ehijo, D., gerenta general y CEO de Ecocitex. (julio de 2026). Entrevista sobre el modelo de Ecocitex y el reciclaje textil [Comunicación personal].

Ellen MacArthur Foundation. (2017). A new textiles economy: Redesigning fashion's future. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>

Flinders, M. y Smalley, I. (28 de noviembre de 2025). ¿Qué es la soberanía de los datos? IBM.com . Obtenido el 7 de Julio, de <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/data-sovereignty>

Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. Harvard Data Science Review, 1(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>

González Fernández, R. (2026, julio). Entrevista para el reportaje especial «¿Qué nos hace humanos en la era tecnológica?» [Entrevista realizada por el equipo editorial de Revista LEO XLIX, Universidad de Santiago de Chile].

Habermas, J. (1984). The theory of communicative action: Vol. 1. Reason and the rationalization of society (T. McCarthy, Trad.). Beacon Press.

IEA. (n. d.). Las ventajas de hacer accesible la ciencia | Udp.cl. Recuperado el 19 de julio de 2026, de <https://astronomia.udp.cl/es/las-ventajas-de-hacer-la-ciencia-accesible/>

Izurieta, Á. (julio de 2026). Entrevista realizada para el reportaje Reconversión laboral y nuevas competencias tecnológicas [Comunicación personal].

Jirón, P. (Julio del 2026). Entrevista realizada para la columna de opinión de Espacios inteligentes, ciudad y equidad [Comunicación personal].

Kottow, M. (1998). Raíces sociales de la bioética. Anales de la Universidad de Chile, (8). <https://doi.org/10.5354/0717-8883.1998.2038>

Kottow, M. (2014). El Pa(de)ciente: La medicina cuestionada. Un testimonio. Ocho Libros Editores.

Kottow, M. (2026, julio). Entrevista sobre dignidad humana frente a los límites de la medicina [Entrevista realizada por el equipo editorial de Revista LEO XLIX, Universidad de Santiago de Chile].

Kottow Lang, M. (2024). Derechos humanos y bioética en medicina: por una medicina como bien común. Revista Iberoamericana de Bioética, (26), 1–18. <https://doi.org/10.14422/rib.i26.y2024.001>

Kottow Lang, M. H. (2024). La medicina como bien común. Editorial Universitaria.

Labbé, E. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el reportaje de Divulgación Científica y Democratización del Conocimiento [Comunicación personal].

LaVie. (2022, 18 de Marzo). 10 consejos para hacer su vida cotidiana más eco-responsable. LaVie- Obtenido el 15 de Julio del 2026, de <https://lavie.bio/es/blog/10-consejos-para-hacer-su-vida-cotidiana-mas-eco-responsable/>

León, G. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el reportaje de Divulgación Científica y Democratización del Conocimiento [Comunicación personal].

Levicán, C. (julio de 2026). Entrevista sobre inteligencia artificial, pronósticos de generación renovable e innovación climatech [Comunicación personal].

Lolas Stepke, F. (2026, julio). Entrevista para el reportaje especial «¿Qué nos hace humanos en la era tecnológica?» [Entrevista realizada por el equipo editorial de Revista LEO XLIX, Universidad de Santiago de Chile].

Mabel, V. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el reportaje de Tecnologías inteligentes para la seguridad y prevención de riesgos laborales [Comunicación personal].

Mansurati, L. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el reportaje de Tecnologías inteligentes para la seguridad y prevención de riesgos laborales [Comunicación personal].

Martin, R. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el reportaje de Del modelo asiático a la realidad chilena: aprendizajes para ciudades más inteligentes [Comunicación personal].

Mattei, U. (2013). Bienes comunes: Un manifiesto (G. Pisarello, Trad.). Trotta.

Matus Arenas, J. (julio de 2026). Entrevista realizada para el subtema IA, datos personales y seguridad empresarial: el giro hacia modelos locales [Comunicación personal].

Ministerio de Energía. (2025a). Plan de descarbonización: Habilitantes para prescindir del carbón en el Sistema Eléctrico Nacional. https://energia.gob.cl/sites/default/files/plan_de_descarbonizacion_vf.pdf

Ministerio de Energía. (2025b). Planificación energética de largo plazo: Informe definitivo PELP 2023-2027. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_definitivo_pelp_2023-2027.pdf

Ministerio de Energía. (2025c, 4 de septiembre). Transición energética con liderazgo regional. <https://energia.gob.cl/noticias/arica-y-parinacota/transicion-energetica-con-liderazgo-regional>

Ministerio del Medio Ambiente. (2025a). Textiles: Economía circular. Gobierno de Chile. <https://economiacircular.mma.gob.cl/textiles/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2025b, 24 de junio). Es oficial: Ministerio del Medio Ambiente declara a los textiles como producto prioritario de la Ley del Reciclaje. Gobierno de Chile. <https://mma.gob.cl/es-oficial-ministerio-del-medio-ambiente-declara-a-los-textiles-como-producto-prioritario-de-la-ley-del-reciclaje/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2025c). Estrategia de economía circular para textiles al 2040. Gobierno de Chile. <https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Estrategia-Economia-Circular-para-Textiles-al-2040.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente. (2026, 3 de marzo). Resolución Exenta N.º 1064/2026: Inicia procedimiento de elaboración del decreto supremo que establece metas de recolección y valorización y otras obligaciones asociadas para textiles. Gobierno de Chile. https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2026/03/Resol.-1064_2026-Inicia-elaboracion-DS-y-convoca-a-COA-1.pdf

Montes-Atenas, G. (julio de 2026). Entrevista sobre sostenibilidad y ética en los procesos productivos, minería y tratamiento de aguas contaminadas [Comunicación personal].

Moreira, O. (2025, 23 de Enero). Tecnología satelital y su papel en la expansión de IoT . Diario Estrategia. Obtenido el 6 del Julio de 2026, de <https://www.diarioestrategia.cl/texto-diario/mostrar/5149388/tecnologia-satelital-rol-expansion-iot>

NASA Spinoff (n. d.). Welcome to NASA Spinoff. Obtenido el 5 de Julio del 2026, de <https://spinoff.nasa.gov/>

ONG Desierto Vestido. (s. f.). [Acumulación de residuos textiles en el desierto de Atacama] [Fotografía]. Archivo de la organización.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2005). Declaración universal sobre bioética y derechos humanos. <https://www.unesco.org/es/legal-affairs/universal-declaration-bioethics-and-human-rights>

Organización Mundial de la Salud. (2016). Marco sobre servicios de salud integrados y centrados en la persona: Informe de la Secretaría (Documento A69/39). https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha69/a69_39-sp.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2021). Global strategy on digital health 2020–2025. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924>

Organización Mundial de la Salud. (s. f.). Integrated people-centred care. Recuperado el 22 de julio de 2026, de <https://www.who.int/health-topics/integrated-people-centered-care>

Paneque, T. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el subtema de Gestión de Recursos en entornos extremos [Comunicación personal].

Penrose, R. (1989). The emperor's new mind: Concerning computers, minds, and the laws of physics. Oxford University Press.

Pérez, M. G. (2026, 27 de Enero). La NASA presenta Spinoff 2026: Innovaciones espaciales para la vida diaria. Progreso Hispano News. Obtenido el 5 de Julio del 2026, de <https://progresohispanonews.com/2026/01/27/la-nasa-presenta-spinoff-2026-innovaciones-espaciales-para-la-vida-diaria/>

Sáez, J. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el reportaje de Del modelo asiático a la realidad chilena: aprendizajes para ciudades más inteligentes [Comunicación personal].

Searle, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. Behavioral and Brain Sciences, 3(3), 417–424. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00005756>

Smith, B. C. (2019). The promise of artificial intelligence: Reckoning and judgment. MIT Press.

Stuven, L. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el reportaje de Tecnologías inteligentes para la seguridad y prevención de riesgos laborales [Comunicación personal].

Taramasco, C. (Julio del 2026). Entrevista realizada para el reportaje de Hogares inteligentes, inclusión y autonomía [Comunicación personal].

Tirado Perez, C. (julio de 2026). Entrevista sobre Ingeniería con Propósito, ética en las decisiones tecnológicas y ciberseguridad ciudadana [Comunicación personal].

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. Mind, 59(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>

Uribe Pizarro, M. J. (julio de 2026). Entrevista sobre integración de energías renovables, planificación y operación del sistema eléctrico chileno [Comunicación personal].

Valenzuela, C. (julio de 2026). Entrevista realizada para el subtema Automatización y desplazamiento laboral [Comunicación personal].

Vania, M. (julio de 2026). Entrevista realizada para el reportaje sobre el ser humano en la era digital [Comunicación personal].

Weizenbaum, J. (1976). Computer power and human reason: From judgment to calculation. W. H. Freeman.

Zaror Miralles, D. (2026, julio). Entrevista para el reportaje especial «¿Qué nos hace humanos en la era tecnológica?» [Entrevista realizada por el equipo editorial de Revista LEO XLIX, Universidad de Santiago de Chile].

Zvir, A. (2022). A pile of colorful shredded fabric scraps on a wooden patterned floor indoors [Fotografía]. Pexels. <https://www.pexels.com/photo/shredded-clothes-in-boxes-and-on-the-floor-11496275/>

