

## **Revisión global de la respuesta de la ingeniería al COVID-19: Lecciones aprendidas para la preparación y la resiliencia**

### **Resumen ejecutivo**

**El impacto devastador de la pandemia de COVID-19 puso a prueba la resiliencia de las sociedades de todo el mundo.**

Ahora, más de dos años y medio desde el comienzo de la pandemia de COVID-19, hemos sido testigos de enfermedades graves y pérdidas de vidas, infraestructura y sistemas sanitarios sobrecargados y profundas perturbaciones en nuestros sistemas socioeconómicos, aumentando las desigualdades y debilitando el tejido social de las comunidades a nivel mundial.<sup>1</sup> <sup>2</sup>A medida que la pandemia continúa evolucionando y propagándose por todo el mundo, es necesario reflexionar sobre la eficacia de nuestra respuesta hasta ahora y sobre la forma de abordar la solución pragmática de los problemas en el futuro.

**Los ingenieros, que han apoyado los componentes básicos de los sistemas y las sociedades, han sido esenciales para abordar los desafíos más apremiantes de la pandemia.**

Desde el inicio de la pandemia, los ingenieros, a menudo en colaboración con científicos, responsables políticos o líderes empresariales, han aportado una amplia gama de habilidades y enfoques para la solución de problemas para hacer frente a los desafíos creados por la pandemia. Han diseñado y distribuido herramientas médicas que salvan vidas, han sido pioneros en nuevas

---

<sup>1</sup> COVID-19 situation update worldwide, European Centre for Disease Prevention and Control, 2022

<sup>2</sup> Impact of COVID-19 on people's livelihoods, their health and our food systems, WHO, 2020

investigaciones e innovaciones tecnológicas, y han mantenido en funcionamiento los sistemas básicos y la infraestructura, trabajando entre bastidores.

**Este informe tiene como objetivo poner a los ingenieros en el centro de la escena a través de una revisión global de las contribuciones de la ingeniería a la prevención, preparación y respuesta ante pandemias.**

De cara al futuro, los ingenieros seguirán desempeñando un papel vital en la respuesta al COVID-19, contribuyendo a una fuerte recuperación y ayudando a la prevención y preparación para futuras pandemias. Esta revisión hace un balance de las contribuciones globales de la ingeniería en la pandemia hasta la fecha, y extrae las lecciones aprendidas sobre cómo liberar aún más todo el potencial de la comunidad de ingenieros.

**Este informe se centra en seis retos principales a los que hubo que enfrentarse durante la COVID-19, para los que los ingenieros hicieron contribuciones clave:**

Valor impulsor de los datos:

La obtención de datos oportunos en el tiempo y de alta calidad fue fundamental para organizar la respuesta a la pandemia.<sup>3</sup> Los ingenieros trabajaron para garantizar que estos estuvieran disponibles y consolidados para los responsables de la toma de decisiones públicos y privados, prácticamente en tiempo real, y que fueran aplicables mediante el uso de herramientas digitales basadas en los datos, tales como paneles, modelos o aplicaciones de rastreo de contactos.

A contrarreloj frente el virus:

La rápida propagación del virus requirió el diseño de nuevas herramientas sanitarias a velocidades sin precedentes y en condiciones de incertidumbre. Junto con los científicos y los médicos, los ingenieros estuvieron a la vanguardia de esta innovación, ayudando en el diseño y

---

<sup>3</sup> Four lessons the pandemic has taught us about health data, Steventon, 2021

la producción de herramientas médicas –como vacunas, equipos de ayuda a la respiración y ensayos–, así como herramientas digitales de atención sanitaria para asistir a los trabajadores sanitarios sobrecargados de trabajo.

### Diseño para un acceso igualitario:

La pandemia ha afectado a personas de todas las etapas de la vida, en todo el mundo, pero no a todas las personas de igual manera. Aplicando un diseño centrado en el ser humano y sensible al contexto, los ingenieros adaptaron productos y servicios para satisfacer las necesidades de los diversos usuarios y reducir la desigualdad de acceso, como la creación de laboratorios portátiles para realizar pruebas en áreas con una infraestructura débil en ese campo, máscaras protectoras adaptables a una amplia gama de formas faciales o dispositivos de videollamada para los residentes en residencias de ancianos.

### Aumento de la producción:

A medida que aumentó la demanda mundial de productos sanitarios esenciales, la capacidad de producción limitada y concentrada provocó la escasez y la disparidad geográfica en el suministro.<sup>4 5</sup> Los ingenieros revirtieron la capacidad del tejido industrial existente adaptando, por ejemplo, las instalaciones para la fabricación de automóviles para destinarlas a la producción de ventiladores; y también crearon nuevas capacidades, como la ampliación de las instalaciones de fabricación de vacunas en África. Los ingenieros también optimizaron los procesos de producción a gran velocidad y escala; por ejemplo, utilizando la impresión 3D para la creación rápida de prototipos o diseñando nuevos procesos para la implementación de las dosis de las vacunas.

### Optimización de la entrega:

La COVID-19 puso a prueba a las cadenas mundiales de suministro y provocó retrasos y un acceso desigual a los artículos de primera necesidad, tanto médicos como no médicos.<sup>6 7</sup> Los ingenieros mitigaron

---

<sup>4</sup> Ventilator market set to return to pre-pandemic levels in 2021, Medical Device Network, 2021

<sup>5</sup> Export restrictions do not help fight COVID-19, UNCTAD, 2021

<sup>6</sup> How COVID-19 impacted supply chains and what comes next, EY, 2021.

<sup>7</sup> Global shortage of personal protective equipment, Burki T., 2020

estas interrupciones acelerando el cambio a cadenas de suministro digitalizadas y en red, utilizando drones e innovaciones en la cadena de frío para llevar productos sanitarios complejos a zonas remotas, y liderando la construcción de emergencia de infraestructuras críticas, incluidos hospitales y centros de realización de pruebas.

## Fortalecimiento de los sistemas de la sociedad:

Para ayudar a la sociedad a funcionar en el caos ocasionado por la pandemia, los ingenieros reforzaron los sistemas y la infraestructura subyacentes. Aseguraron la resiliencia de los servicios básicos, fortalecieron los edificios y el transporte públicos al servicio de la sociedad y mejoraron la conectividad digital y sus aplicaciones en educación no presencial y trabajo remoto.

## **El informe muestra la amplitud de las contribuciones de la ingeniería en todo el mundo.**

Este informe destaca ejemplos de valiosas contribuciones de la ingeniería para dar respuesta a algunos de los desafíos más críticos durante la pandemia. Aunque no pretende ser exhaustivo, este informe busca demostrar la amplitud de las contribuciones tanto en la respuesta directa a la pandemia como en la garantía de una mayor resiliencia social. Además, pretende extraer lecciones y conocimientos clave para abordar futuras oleadas de COVID-19 o la próxima pandemia.

Algunos de los ejemplos de valiosas contribuciones de la ingeniería en este informe:

- Mejora de los sistemas de ventilación en **Canadá**
- Aceleración del desarrollo de nuevas vacunas mediante el aprendizaje automático en **EE.UU.**
- Apoyo a la producción de dispositivos respiratorios CPAP en **América Latina**
- Impresión de hisopos nasales mediante redes distribuidas de impresoras 3D en **EE.UU.** para pruebas de COVID-19
- Uso del análisis de aguas residuales para monitorear la propagación comunitaria de COVID-19 en **Ecuador y Brasil**
- Diseño de dispositivos del IdC para realizar un seguimiento de los signos vitales y adaptar su uso a diversas comunidades en **Perú**

- Desarrollo de diagnósticos rápidos, sin necesidad de laboratorios portátiles y rentables en el **Reino Unido**
- Desarrollo de una plataforma de reclutamiento digital basada en IA en **Túnez**
- Construcción de nuevas instalaciones de fabricación de vacunas en **Senegal**
- Uso de drones para el reparto de pruebas, tratamientos y vacunas en la **República Democrática del Congo, Mozambique y Malawi**
- Habilitación para la adquisición de suministros críticos a través de una plataforma de descubrimiento de proveedores basada en IA, diseñada en **Alemania**
- Uso de tecnología IA para mejorar las pruebas de COVID-19 en las fronteras de **Grecia**
- Diseño de nuevas plataformas Edtech para la educación remota en **Jordania**
- Reparación de concentradores de oxígeno en **Malawi**
- Uso de datos geoespaciales y móviles para cerrar las brechas de datos en la **República Democrática del Congo**
- Desarrollo de un dispositivo de respiración compacto de bajo costo en **Sudáfrica**
- Mejora del almacenamiento de vacunas para lograr su eficiencia energética, su resistente a los terremotos y obtener mayores capacidades en **Mongolia**
- Fábricas adaptadas de alta precisión para la fabricación de ventiladores para UCI en **Pakistán**
- Diseño de un «maletín-laboratorio» para pruebas de COVID-19 en la **India**
- Diseño de dispositivos de luz UV-C para desinfectar escaleras mecánicas públicas en **Corea del Sur**
- Construcción de hospitales de emergencia en tiempo récord en **China**
- Prevención de brotes de enfermedades zoonóticas a través de soluciones de software de informes comunitarios en **Camboya y Tailandia**
- Expansión de las plataformas digitales de entrega de alimentos en **Fiji** durante los confinamientos
- Ampliación de la telesalud en **Australia** para consultas médicas a distancia

## **Al explorar estas contribuciones para abordar seis desafíos importantes a los que hubo que hacer frente durante la pandemia, el informe detalla los impulsores del éxito, así como las oportunidades para potenciar la resiliencia**

### 1. Valor impulsor de los datos

#### DESAFÍO

- Los responsables de la toma de decisiones necesitaban datos oportunos y de alta calidad para comprender la propagación del virus y su impacto de modo que los responsables de las políticas pudiesen ejecutar las respuestas adecuadas, las empresas orientar sus operaciones, los médicos hacer funcionar los hospitales y las comunidades mantenerse seguras.
- Sin embargo, había grandes desafíos a lo largo de la cadena de valor de los datos, desde la recopilación y consolidación de los datos hasta el almacenamiento y el intercambio seguros de los mismos, para el desarrollo de análisis, herramientas digitales y su difusión con rapidez.

#### CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERÍA

- Los ingenieros de datos y de software trabajaron para abordar los desafíos de toda la cadena de valor de los datos, desde la recopilación de datos perdidos, como el uso de datos móviles en la República Democrática del Congo (RDC) para estimar el movimiento de la población<sup>8</sup>, hasta la agregación y visualización de datos críticos para la toma de decisiones; tal como una aplicación para mostrar interrupciones en los servicios de salud esenciales para los trabajadores de la salud en Uganda.<sup>9</sup>
- Los ingenieros construyeron herramientas novedosas que aplicaron estos datos, tales como aplicaciones de rastreo de contactos, aprendizaje automático para mejorar y acelerar los procesos –por ejemplo, utilizando la Inteligencia Artificial (IA) en las fronteras griegas para seleccionar a qué viajeros someter a pruebas<sup>10</sup>– y la difusión de información; como, por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud

<sup>8</sup> Using mobile big data to help inform the fight against COVID-19 in the Democratic Republic of Congo, GSMA, 2020

<sup>9</sup> UNICEF, Using Data Innovation to Improve Health Outcomes in Uganda, 2021

<sup>10</sup> Efficient and targeted COVID-19 border testing via reinforcement learning, Hamsa et al, Nature, 2021

(OMS) con el despliegue de chatbots para compartir interactivamente las comunicaciones sobre la salud.<sup>11 12</sup>

## LECCIONES APRENDIDAS

- El potencial completo de la ingeniería en este contexto se vio a menudo obstaculizado por una inversión insuficiente en los sistemas de datos subyacentes (incluyendo la vinculación de datos de diferentes fuentes) antes de la pandemia. Una parte importante para la mejora de este avance será invertir en ingenieros locales particulares que puedan construir y mantener estos sistemas a largo plazo.
- También se necesita una mayor comunicación y colaboración entre los expertos en datos y los responsables de las políticas para garantizar que los responsables de la toma de decisiones reconozcan las limitaciones de los datos disponibles y que estos no se utilicen de forma inadecuada. Esto incluye trabajar en colaboración para abordar los desafíos de la interpretación de datos, minimizar el uso de datos sesgados o discriminatorios y salvaguardar la privacidad de los datos.

## 2. A contrarreloj frente el virus

### DESAFÍO

- Se necesitaban urgentemente soluciones sanitarias de primera línea que salvaran vidas. Esto incluyó herramientas para detectar, contener, tratar y erradicar el virus, así como para manejar sistemas de salud cada vez más sobrecargados.
- La urgencia y la incertidumbre de la pandemia provocaron que los innovadores tuvieran que acelerar la investigación y el desarrollo (I+D) y diseñar soluciones junto con la evidencia emergente.
- Estas nuevas herramientas y servicios también tenían que integrarse rápidamente en los sistemas de salud existentes, manteniendo al mismo tiempo el cumplimiento de la calidad y la seguridad.

### CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERÍA

---

<sup>11</sup> WHO Chatbot available at: <https://www.whatsapp.com/coronavirus/>

<sup>12</sup> WHO launches a chatbot on Facebook Messenger to combat COVID-19 misinformation, WHO, 2020

- Los ingenieros contribuyeron decisivamente a trasladar los nuevos resultados de la investigación a su aplicación en el mundo real en un tiempo récord, como la traducción de una vacuna a partir una muestra viral a su aprobación y fabricación a velocidades sin precedentes, y los ingenieros de la Universidad de Oxford desarrollaron el primer test rápido apenas tres meses después del inicio de la pandemia.<sup>13</sup>
- Estas innovaciones han traído un impacto disruptivo que estará aquí para quedarse, como la aceleración de las tendencias en salud digital, las nuevas plataformas de vacunas, o un mayor uso de la robótica en los hospitales. Por ejemplo, la telesalud ha experimentado un auge en Australia, y los estudios han mostrado reducciones significativas en las tasas de mortalidad y el consiguiente ahorro económico como resultado de ello.<sup>14 15</sup>

## LECCIONES APRENDIDAS

- Las innovaciones basadas en años de I+D existentes, y el contexto de la crisis aumentaron los apetitos de asumir riesgos y pensar con amplitud de miras. Esto pone de relieve la importancia de la financiación sostenida y dirigida por la misión para la innovación.
- Una mayor coordinación y colaboración entre los investigadores podría haber mejorado aún más el progreso de los avances. La investigación se llevó a cabo por duplicado, de forma fragmentada o a una escala demasiado pequeña que proporcionó evidencias conducentes a un desaprovechamiento de los recursos.
- El pensamiento y la integración de los sistemas son necesarios para adoptar rápidamente nuevas herramientas. Las innovaciones fueron más eficaces cuando podían ser absorbidas rápidamente por los sistemas de atención sanitaria. Hacer frente a la fragmentación del entorno normativo mundial será una barrera importante que habrá que abordar.

### 3. Diseño para un acceso igualitario

---

<sup>13</sup> Oxford scientists develop rapid testing technology for COVID-19, University of Oxford, 2020

<sup>14</sup> How Telehealth company CoviU used the pandemic to boost their business, Australian Institute of Company Directors, 2020

<sup>15</sup> Health technology report, ATSE, 2020



## DESAFÍO

- A menudo, las herramientas y los servicios no estaban suficientemente adaptados para satisfacer la diversidad de usuarios y contextos afectados por la pandemia mundial. Por ejemplo, aunque a nivel mundial las mujeres tenían más probabilidades de ser trabajadoras de la salud en primera línea, los equipos de protección individual (EPI) se diseñaban normalmente para los hombres y, por lo tanto, eran inadecuados para muchas trabajadoras de la salud.<sup>16</sup>
- La pandemia también exacerbó las desigualdades existentes y afectó desproporcionadamente a ciertos grupos. Por ejemplo, el paso a la educación y el trabajo a distancia dejó atrás a los que estaban en el lado «invisible» de la brecha digital.<sup>17</sup>

## CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERÍA

- Aplicando principios de diseño centrados en el ser humano, los ingenieros satisficieron las necesidades de diversos usuarios. Por ejemplo, los ingenieros de China utilizaron escáneres de luz azul e impresión 3D para crear sellos faciales personalizados que se ajustaran a la forma de la cara de cualquier individuo<sup>18</sup>, y los ingenieros del Reino Unido diseñaron un dispositivo de vídeo llamado CallGenie específicamente para residentes de residencias de ancianos con el fin de salvar las diferencias de alfabetización digital.<sup>19</sup>
- Los ingenieros también optimizaron los diseños para entornos de bajos recursos, teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias de los sistemas de salud o los usuarios finales, la infraestructura disponible o las limitaciones geográficas. Por ejemplo, los ingenieros sudafricanos diseñaron un dispositivo de respiración compacto e intensivo para menor cantidad de oxígeno, que sería adecuado para una serie de infraestructuras para el uso con oxígeno,<sup>20</sup> y los ingenieros de la Academia Khan construyeron una plataforma de educación a distancia para niños sin acceso a Internet en casa.<sup>21</sup>

## LECCIONES APRENDIDAS

<sup>16</sup> Medical PPE unfit for women on COVID-19 frontlines, Owings L, 2021

<sup>17</sup> Digital Poverty and its Impact on Education Inequality, Learning Hive.2022

<sup>18</sup> Customized design and 3D printing of face seal for an N95 filtering facepiece respirator, Cai et al, 2018

<sup>19</sup> CallGenie - Video Calls Direct to Their TV, Age Space

<sup>20</sup> OxERA® DEVICE, Umoya, 2021

<sup>21</sup> Learning Equality, Kolibri, Date Accessed: July 2022

- Se necesita un esfuerzo concertado para garantizar que los ingenieros aplican de forma coherente al diseño un enfoque centrado en el usuario. Los casos de diseños que no se ajustaban a su propósito, como el sesgo racial en la medición de la pulsioximetría<sup>22</sup> o las aplicaciones de IA basadas en conjuntos de datos no inclusivos<sup>23</sup>, han demostrado la importancia de adoptar principios de diseño centrados en el ser humano con mayor frecuencia.
- Se necesita más para dar soporte a las soluciones de elaboración propia e implementarlas a una mayor escala. Aunque los innovadores más cercanos al contexto local suelen estar en mejores condiciones para diseñar soluciones a medida, los investigadores e innovadores de los países de ingresos bajos y medios (L/MIC) han recibido menos financiación en comparación con sus homólogos de los países de ingresos altos (HIC), lo que limita el potencial de su contribución.<sup>24</sup> <sup>25</sup> Se necesita financiación no sólo para responder a una crisis ad hoc, sino también para una inversión sostenida que cree un entorno propicio.

#### 4. Aumento de la producción

##### DESAFÍO

- La demanda de productos sanitarios esenciales aumentó en el contexto de la COVID-19. Al mismo tiempo, más de 80 países aplicaron restricciones a las exportaciones,<sup>26</sup> dejando vulnerables a los países no productores ante la escasez y causando que los precios se disparen.
- Los países tuvieron que mirar introspectivamente para aumentar la capacidad de producción local. Al mismo tiempo, los productores y fabricantes tuvieron que adaptarse a los nuevos problemas de salud y seguridad, así como a la escasez crítica en el suministro de insumos y materiales.<sup>27</sup>

##### CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERÍA

---

<sup>22</sup> Covid: Pulse oxygen monitors work less well on darker skin, experts say, BBC, 2021

<sup>23</sup> Hundreds of AI tools have been built to catch covid. None of them helped., MIT Technology Review, 2021

<sup>24</sup> COVID-19 Research Project Tracker by UKCDR & GloPID-R, Date Accessed: June 2022

<sup>25</sup> Expert interviews

<sup>26</sup> Export restrictions do not help fight COVID-19, UNCTAD, 2021

<sup>27</sup> Expert interviews

- Los ingenieros adaptaron rápidamente la capacidad industrial para satisfacer la demanda de productos esenciales, tales como fabricantes de prendas de vestir en la India reconvertidos a la fabricación de EPI,<sup>28</sup> o las factorías de Mercedes AMG readaptadas para la fabricación de aparatos respiratorios.<sup>29</sup>
- Los ingenieros también fueron pioneros en nuevas técnicas de producción para facilitar una implantación rápida a mayor escala. La impresión 3D, por ejemplo, se utilizó para la creación rápida de prototipos y la fabricación, como la impresión Formlabs 3D de 100.000 hisopos nasales para pruebas de COVID-19 con el fin de hacer frente a la escasez de productos en los EE.UU.<sup>30</sup>
- Los ingenieros ya están desempeñando un papel fundamental en el fortalecimiento de la capacidad local para el futuro, como la creación de nuevas plantas de oxígeno más próximas a los puntos de necesidad o el aumento de la capacidad de fabricación de vacunas en el país.

## LECCIONES APRENDIDAS

- Se necesitará una inversión sostenida y una diversificación para mantener la capacidad de producción con miras a la resiliencia futura. Por ejemplo, aunque la capacidad de fabricación de pruebas de COVID-19 creció más del 200 % a nivel mundial, no será posible mantener esta capacidad «candente» cuando la pandemia disminuya sin el apoyo financiero o la diversificación planificada para otros usos.<sup>31</sup>
- La redistribución de la manufactura global para aumentar la resiliencia local requerirá hacer un esfuerzo dirigido y abordar varios temas, incluyendo la inversión en mano de obra calificada, alcanzar el equilibrio adecuado en la protección de la propiedad intelectual (PI) y el intercambio de conocimientos, así como mejorar las condiciones de trabajo.

## 5. Optimización de la entrega

---

28 From clothing production to PPE manufacturing: factories pivot during the pandemic, Better Work, 2020

29 Coronavirus: inside story of how Mercedes F1 and academics fast-tracked life saving breathing aid, The Conversation, 2020

30 Formlabs' 3D Printed Nasopharyngeal Test Swabs Honoured as a World Changing Idea by Fast Company, Formlabs, 2021

31 COVID-19 diagnostics: preserving manufacturing capacity for future pandemics, Hannay et al, 2022

## DESAFÍO

- Las restricciones al comercio, los viajes y el trabajo perturbaron los flujos críticos de alimentos, suministros médicos e insumos de fabricación. Esto se vio exacerbado por la volatilidad de la demanda y la sobrecarga del personal y la infraestructura.
- Globalmente, estas perturbaciones tuvieron un impacto negativo para los individuos, las empresas y la economía. La escasez de bienes esenciales dejó a las personas vulnerables, al igual que ocurrió con los despidos intersectoriales. Los cuellos de botella en la producción, la escasez de trabajadores y las prohibiciones de exportación perjudicaron a las empresas. Los aumentos de los precios y el retraso en el crecimiento del comercio repercutieron en el crecimiento económico general.<sup>32</sup>

## CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERÍA

- Los ingenieros intervinieron para hacer frente a las interrupciones de la cadena de suministro y asegurar esfuerzos críticos de respuesta a la pandemia. Esto incluyó las intervenciones para aumentar la visibilidad de las sacudidas y las perturbaciones, como la herramienta «C3.AI COVID-19 Data Lake»,<sup>33</sup> una herramienta habilitada para IA que aceleró el análisis de las perturbaciones críticas en la cadena de suministro. También implicó mejorar la infraestructura física, como la mejora en el almacenamiento de vacunas en Mongolia para que fuera eficiente energéticamente, resistente a terremotos y con cuatro veces la capacidad de las instalaciones anteriores.<sup>34</sup>
- Estas contribuciones han ayudado a sentar las bases para que las cadenas de suministro sean más resistentes, receptivas, colaborativas y estén conectadas en red. Por ejemplo, en el sector agrícola, los dispositivos del Internet de las cosas (IdC) se utilizan para la gestión automática y remota de inventarios, alertando de forma proactiva a los actores de la escasez de suministros.<sup>35 36</sup>

## LECCIONES APRENDIDAS

---

<sup>32</sup> Supply chain disruptions and the effects on the global economy, ECB, 2021

<sup>33</sup> C3.AI Data Lake, website

<sup>34</sup> Responding To The Covid-19 Crisis In Mongolia With A Climate-friendly Central Vaccine Store, World Bank, 2022.

<sup>35</sup> IoT and the Supply Chain: How Machine Learning Eases Bottlenecks, DIGI, 2021

<sup>36</sup> See, for example: IoT and the Coffee Supply Chain, DIGI, 2021

- La pandemia mostró la fragilidad de las complejas cadenas mundiales de suministro, renovando el interés por acortar estas cadenas de suministro.<sup>37</sup> Los ingenieros serán fundamentales en los esfuerzos de «nearshoring», o acercamiento de la externalización de servicios, para aumentar la resiliencia local, tanto en la gestión logística de cadenas de suministro más cortas como en la expansión de la producción local.
- La aceleración de la digitalización de la cadena de suministro requiere una mayor uniformidad de la digitalización entre redes y cadenas de valor. En muchos sectores no se alcanzó todo el potencial de digitalización porque partes de la cadena de valor utilizaban sistemas incompatibles o no se digitalizaban al mismo ritmo. Dotar a la fuerza de trabajo de habilidades digitales será un componente clave para mejorar esta situación.

## 6. Fortalecimiento de los sistemas de la sociedad

### DESAFÍO

- Los sistemas y la infraestructura subyacentes de la sociedad tenían que ser resistentes a las perturbaciones traídas por la pandemia. Entre ellos figuraban los sistemas que vinculaban los servicios de energía y agua, así como su infraestructura física y digital. Su resiliencia estructural también era un requisito previo para lograr resultados positivos en materia de salud. Por ejemplo, los hospitales no podrían funcionar sin acceso al agua potable o al suministro estable de electricidad.
- También se necesitaban sistemas resistentes y adaptables para facilitar la transición a la nueva normalidad; como la ampliación de la conectividad de red para permitir el trabajo remoto y la educación a distancia.

### CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERÍA

- Los ingenieros reforzaron los sistemas de la sociedad para mejorar los resultados de salud y la resiliencia social. Por ejemplo, PowerAfrica financió a técnicos que ampliaron la energía solar a centros de salud rurales en África subsahariana;<sup>38</sup> y en Irán, los ingenieros de redes trabajaron para aumentar la velocidad de Internet, la columna vertebral

---

<sup>37</sup> Building back better: A sustainable, resilient recovery after COVID-19, OECD, 20

<sup>38</sup> Solar energy ensures reliable power to India's rural health clinics, Energizing rural India, 2021

necesaria para facilitar el cambio al trabajo remoto y la educación a distancia a nivel mundial.

- Aunque normalmente no se los reconoce como tales, estos ingenieros eran trabajadores esenciales, y en algunos casos se enfrentaron a un riesgo directo de infección, como los ingenieros de saneamiento que trabajaban para reforzar los sistemas para la eliminación segura de los productos contaminados.<sup>39</sup>
- Muchos de estos sistemas reforzados tendrán un impacto duradero más allá de la pandemia. Las innovaciones disruptivas en los sistemas móviles e Internet cambiarán radicalmente la forma en que trabajamos, estudiamos y socializamos. De forma similar, una mayor aplicación del IdC y la automatización anunciará una nueva era de capacidades de respuesta y gestión de las infraestructuras.

## LECCIONES APRENDIDAS

- Es necesario que los ingenieros sean consultados con antelación para informar en la toma de decisiones. La lentitud en consultar a los expertos en ingeniería, como en temas de ventilación o saneamiento, provocó retrasos críticos en la mejora de las directrices y la mejora de las infraestructuras.<sup>40</sup> Además, estos insumos de ingeniería necesitan ser mejor comunicados al público.
- Se necesita un enfoque de sistemas. Si se vuelven más fuertes, se producirá una mayor interconexión de los sistemas, como mayores vínculos entre lo digital y lo físico, y los ingenieros tendrán que asegurarse de que estos sistemas cada vez más complejos sean sólidos.<sup>41</sup>
- Los ingenieros también deben gestionar los nuevos riesgos asociados con el aumento de la digitalización, incluido el trabajo para garantizar la inclusión en el acceso y abordar los desafíos de la ciberseguridad.

## Entre las contribuciones, esta revisión también destaca seis estudios de casos específicos

---

<sup>39</sup> Telecom security during a pandemic, Enisa, 2020

<sup>40</sup> Expert interviews.

<sup>41</sup> A systems approach to infrastructure delivery, Institution of Civil Engineers, 2020

## 1. Valor impulsor de los datos

La organización sin ánimo de lucro, «Ending Pandemics» colaboró en la creación de herramientas comunitarias de vigilancia para prevenir brotes de enfermedades zoonóticas en Tailandia y Camboya

A través de «EpiHacks», un proceso de colaboración para reunir a ingenieros y tecnólogos locales de software junto con funcionarios de salud pública y animal para resolver problemas, Ending Pandemics apoyó a las comunidades a diseñar y usar aplicaciones digitales y líneas directas para informar de casos de brotes de enfermedades en animales y humanos.

### El impacto de un vistazo

- Adopción generalizada de informes basados en la comunidad, lo que conduce a la notificación y contención exitosas de cientos de brotes de enfermedades humanas y animales.
- Adaptación rápida de las herramientas de vigilancia existentes para la notificación COVID-19, lo que representa el 90 % de los casos detectados en Camboya.

## 2. A contrarreloj frente el virus

UCL y Mercedes AMG se unieron para desarrollar y producir rápidamente equipos de ayuda respiratoria CPAP y apoyar la transferencia de tecnología global

En respuesta a la escasez crítica, los ingenieros de UCL diseñaron un prototipo de ayuda respiratoria en menos de 100 horas y se asociaron con Mercedes AMG, quien rediseñó sus fábricas de Fórmula 1 para producir 1.000 dispositivos al día. El diseño de código abierto se ha puesto a disposición de los fabricantes locales de todo el mundo.

### El impacto de un vistazo

- 10.000 ayudas respiratorias suministradas en el Reino Unido.
- Más de 2.000 descargas de diseño de planos.
- Compartido con 25 consorcios de todo el mundo que pudieron desarrollar la producción local.

### 3. Diseño para un acceso igualitario

Las innovaciones en las pruebas de aguas residuales abordaron las brechas en el acceso a las pruebas y la captación de las comunidades desatendidas en las Américas

Los ingenieros desplegaron la tecnología de análisis de aguas residuales para detectar la cantidad de COVID-19 en los sistemas de aguas residuales. Las pruebas de aguas residuales no sólo ayudaron a detectar variantes y proporcionaron un indicador temprano de un aumento en las infecciones, sino que también incluyeron poblaciones subatendidas en la vigilancia de COVID-19.

#### El impacto de un vistazo

- Facilitó la inclusión de poblaciones subatendidas en los datos de COVID-19 a nivel comunitario.
- Mayor capacidad de realizar un seguimiento más sencillo de la presencia de variantes de COVID-19 que las pruebas de PCR tradicionales.
- Implementado con éxito en más de 50 países de todo el mundo.

### 4. Aumento de la producción

Las iniciativas de múltiples partes interesadas han comenzado a crear capacidad de fabricación de vacunas en el continente africano

La COVID-19 subrayó la dependencia de África de las vacunas importadas. Desde la pandemia, las iniciativas públicas y privadas han comenzado a crear capacidad de desarrollo y fabricación de vacunas de principio a fin en todo el continente.

#### El impacto de un vistazo

- Desde el inicio de la pandemia, los grupos de interés en Argelia, Egipto, Marruecos, Ruanda, Nigeria, Senegal y Sudáfrica se han comprometido con planes para ampliar la fabricación de vacunas o han comenzado su producción.

### 5. Optimización de la entrega



VillageReach, una ONG de tecnología para la salud, se asoció con promotores de drones para transportar suministros médicos a zonas de difícil acceso en la RDC, Malawi y Mozambique

Durante la pandemia, VillageReach adaptó sus redes de transporte con drones para salvar las brechas en la entrega de herramientas médicas para la COVID-19 a comunidades remotas, tales como aquellas con mal acceso por carretera o aquellas que son inaccesibles debido a inundaciones.

### El impacto de un vistazo

- Respuesta rápida mediante la adaptación de los sistemas existentes a nuevos contextos y necesidades.
- Mayor velocidad en el diagnóstico y tratamiento de COVID-19 y otras enfermedades.
- Se proporcionó acceso a medicamentos y vacunas a miles de pacientes en lugares remotos.

## 6. Fortalecimiento de los sistemas de la sociedad

La empresa venture Edtech, Educational Initiatives, adaptó su software de aprendizaje electrónico para el acceso de la comunidad y mitigar la pérdida de aprendizaje en la India

En el contexto del cierre prolongado de escuelas en la India, Educational Initiatives propuso su solución Edtech para que las escuelas sean accesibles en los hogares y las comunidades. El software tiene un gran impacto en los resultados del aprendizaje al utilizar la tecnología de aprendizaje adaptable para adaptar el contenido mediante el aprendizaje del nivel de los usuarios.

### El impacto de un vistazo

- Asistió a aprox. 125.000 estudiantes, muchos en hogares con baja conectividad.
- Pérdida de aprendizaje mitigada: según un estudio, los estudiantes lograron resultados de aprendizaje cinco veces superiores a los objetivos establecidos y comparados con los de sus compañeros sin acceso a la solución de iniciativas educativas.

**Para terminar, la revisión desgrana los factores clave que facilitaron el impacto que tuvieron los ingenieros en la respuesta a la COVID-19.**

**Reflexionando sobre estos impulsores, este informe hace un llamamiento a la acción a la comunidad de ingenieros, los responsables políticos, los actores de la salud pública, académicos y financiadores, para amplificar el valor de la ingeniería en la futura resiliencia ante una pandemia**

## IMPULSORES DEL IMPACTO

Concentración de esfuerzos en torno a un sentido común de propósito. Esto permitió a los ingenieros asumir riesgos o innovar en plazos sin precedentes; por ejemplo, obtener una vacuna desde una muestra viral hasta lograr su aprobación y fabricación en menos de un año.

Uso flexible de los sistemas existentes. Los sistemas y modelos de negocio que podían resistir las sacudidas o la transformación fueron fundamentales para la resiliencia, como las fábricas de automóviles que se volcaron en construir ventiladores o adaptación de las aplicaciones sanitarias existentes a las consultas remotas.

Optimización para los entornos de bajos recursos en el corto plazo; y a largo plazo, fortalecimiento de los sistemas de salud y la capacidad industrial. Los ingenieros optimizaron las soluciones para contextos de pocos recursos, como la creación de laboratorios portátiles para áreas con una infraestructura sanitaria limitada. Sin embargo, a largo plazo, esto requerirá resolver las brechas sistémicas en estos entornos, como el fomento de la capacidad de fabricación o la ampliación de la conectividad.

Aplicación de un pensamiento sistémico y una sensibilidad a un contexto más amplio que una simple intervención. Esto incluía hacer una innovación con el uso de drones dentro de los sistemas de salud existentes o trabajar con miembros de la comunidad para impulsar la adopción de nuevas soluciones Edtech.

➔ LLAMAMIENTO A LA ACCIÓN

**Identificación sistemática de las brechas en la resiliencia ante una pandemia y canalización estratégica del financiamiento para abordarlas.**

Teniendo en cuenta las lecciones aprendidas, se necesitan revisiones más sistemáticas, una mejor planificación y una financiación coordinada para mejorar la resiliencia social. Las posibles intervenciones incluyen:

- Realización de auditorías de resiliencia (utilizando pensamiento sistémico) para identificar áreas donde fortalecer las instituciones o los mecanismos de respuesta.
- Actualización de conjuntos de datos y sistemas de datos utilizados para la toma de decisiones y eliminación de sesgos.
- Reorientación de los grupos de trabajo de respuesta ante emergencias con más capacidad de ingeniería.
- Dotación de financiamiento para prioridades predefinidas y objetivos comunes.

## IMPULSORES DEL IMPACTO

**Empleo de capacidades y habilidades especializadas.** La aplicación de conocimientos técnicos, desde el análisis de datos hasta la construcción de situaciones de emergencia, era fundamental. Además, cuando los ingenieros estuvieron cerca de las comunidades a las que prestaban servicio, adaptaron sus habilidades para ofrecer soluciones adecuadas para cada propósito.

### → LLAMAMIENTO A LA ACCIÓN

**Refuerzo de la capacitación y la capacidad de los ingenieros locales, teniendo en cuenta las habilidades necesarias para la respuesta y la resiliencia durante las pandemias.**

La experiencia de la COVID-19 reveló la diversidad de habilidades técnicas y no técnicas necesarias para una respuesta fuerte, así como donde hay una carencia de estas habilidades. Las posibles intervenciones incluyen:

- Realización de una planificación de la fuerza laboral para identificar y abordar las deficiencias de aptitudes para respuestas futuras.
- A corto plazo, reducción de las brechas de capacidad mediante programas de intercambio o capacitaciones puntuales.
- A más largo plazo, asistencia a las universidades locales y a los proveedores de habilidades para diseñar planes de estudio,

capacitación del profesorado y vínculos académico-industriales que cubran las brechas en las habilidades específicas para una pandemia.

## IMPULSORES DEL IMPACTO

**Aprendizaje entre países.** Los ingenieros colaboraron en distintos países y facilitaron las transferencias internacionales de tecnología, incluido el aprendizaje de innovadores en entornos con recursos limitados.

**Coordinación entre disciplinas y sectores.** Esto era necesario para abordar los problemas complejos desde múltiples ángulos, como los ingenieros que trabajan estrechamente con los responsables de las políticas públicas o los profesionales de la salud para comprender sus necesidades y diseñar soluciones conjuntamente.

**Fomento de una comunicación eficaz entre los expertos técnicos, los responsables de la toma de decisiones y el público en general.** En un contexto de incertidumbre, los ingenieros y los expertos técnicos tuvieron que fomentar la confianza y la comprensión de los responsables políticos y del público en general en torno a temas complejos y en rápida evolución.

### → LLAMAMIENTO A LA ACCIÓN

**Creación y apoyo a mecanismos de colaboración entre disciplinas y países, que perseveren en el contexto de una crisis.**

La resiliencia pandémica requiere una acción coordinada entre países y disciplinas. Los sistemas para facilitar esta tarea deben establecerse o reforzarse durante los «tiempos de paz». Las posibles intervenciones incluyen:

- Diseño y financiación de equipos o programas de innovación (como incubadoras) que vinculen la ingeniería con otras disciplinas.
- Creación, fortalecimiento y mantenimiento activo de plataformas o foros de colaboración digital, captando el impulso iniciado durante la COVID-19.
- Apoyo a iniciativas para aumentar la adopción de estándares abiertos de ciencia y de intercambio de datos.
- Ejecución de programas centrados en el desarrollo de una comunicación efectiva entre expertos