



Maturing of the Innovation Process, Aligned to
the Fourth Industrial Revolution, in a Public
Health Institution in Colombia.

Sebastián Torres Montoya, Jhon F Escobar,
Katherine Madrid Restrepo, Ana María Vásquez Gallego,
María Fernanda Barrientos and Alvaro Quintero Posada

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

June 3, 2021

Maduración del proceso de innovación, alineado a la cuarta revolución industrial, en una institución de salud pública en Colombia
Caso: Hospital General de Medellín

Sebastián Torres Montoya
Hospital General de Medellín HGM, Innovación, Colombia
sebastorres007@gmail.com

Jhon F Escobar
Corporación Universitaria Remington, Profesor, Colombia
Jfescob1@gmail.com

Katherine Madrid Restrepo
Hospital General de Medellín HGM, Innovación, Colombia
kmadrid@hgm.gov.co

Ana María Vásquez Gallego
Hospital General de Medellín HGM, Laboratorio de Cocreación, Colombia
cocreacion2@hgm.gov.co

María Fernanda Barrientos
Hospital General de Medellín HGM, Innovación, Colombia
mafervar21@hotmail.com

Álvaro Quintero Posada
Hospital General de Medellín HGM, Innovación, Colombia
aqp1961@gmail.com

Resumen

La investigación y el desarrollo tecnológico (I+D) en salud es un campo con grandes posibilidades en el ámbito social y económico para el crecimiento y desarrollo de las naciones. Este crecimiento está condicionado al éxito innovador y para ello es fundamental la generación y consolidación de capacidades de planeación, gestión de recursos, aprendizaje e I+D. Para el caso analizado en este documento, se hace una reconstrucción de la maduración de las capacidades que potencian la innovación, que de la mano con la incorporación de métodos modernos de trabajo colaborativo y herramientas de la cuarta revolución industrial (4R), han permitido simplificar y dinamizar la innovación dentro de una institución de salud, como el Hospital General de Medellín (HGM). De igual manera se realiza una referenciación internacional buscando identificar elementos de maduración que puedan ser referente para el hospital. Como resultado se muestra que la maduración de las capacidades de innovación son pieza fundamental para la adopción de tecnologías, entre ellas las asociadas a la 4R y métodos modernos de trabajo, para consolidar el éxito innovador en la organización.

Palabras clave

Cuarta Revolución Industrial, Manufactura Digital, Planeación, Servicios de Salud

1 Introducción

La función de la investigación en salud, es el mejoramiento de esta y el estímulo del crecimiento económico nacional, apoyando los sistemas asistenciales en la prestación de una mejor atención, más justa y más equitativa a las personas, mediante la identificación de retos y mejores soluciones, la vigilancia del desempeño de los sistemas sanitarios y la generación de nuevos conocimientos para obtener mejores tecnologías y métodos para la salud (OPS and OMS, 2007).

Tradicionalmente la investigación en salud se ha desarrollado en entornos universitarios, sin embargo, en las últimas décadas la investigación realizada en entornos hospitalarios ha permitido un avance significativo en cuanto a la generación de soluciones y a la pertinencia de las mismas; por ello algunas instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) han avanzado en la consolidación de unidades encargadas de la gestión de la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico (Arencibia Jorge et al., 2012; Cuartas and Parra, 2014; Palencia-Sánchez and García-Ubaque, 2017). Lo que ha implicado que dentro de la estructura organizacional se consolide la gestión de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación y con ello la maduración y apropiación de capacidades tales como la de aprendizaje; I+D; planeación; y gestión, como lo indica Madrid et al., (2019).

La capacidad de I+D se puede expresar como la facultad que tiene la organización para introducir y desarrollar conocimiento, para generar innovaciones (Madrid et al., 2019; Robledo Velásquez et al., 2011, 2009) acelerando su proceso gracias a la incorporación de nuevas tecnologías, especialmente aquellas denominadas tecnologías de la cuarta revolución industrial (4R).

La 4R se ha desarrollado como un proceso de transformación diferente a todo lo que la humanidad ha experimentado antes (Escobar et al., 2016); ya que es una revolución digital que ha estado ocurriendo desde mediados del siglo pasado, caracteriza por una fusión de tecnologías entre las esferas de la física, el mundo digital y la biológica (Schwab, 2016).

De acuerdo con Schwab, (2016) existen tres razones por las que las transformaciones de hoy demuestran la llegada de este fenómeno: La velocidad de los avances actuales no tiene precedentes históricos, cuando se compara con las revoluciones industriales anteriores, la 4R está evolucionando a un ritmo exponencial en lugar de lineal, y la amplitud de estos cambios anuncian la transformación de sistemas completos de producción, administración y gobierno. El alcance a los millones de personas conectadas por dispositivos móviles, con capacidad de procesamiento, almacenamiento y acceso al conocimiento sin precedentes, son ilimitadas. Y el impacto de estas posibilidades se refleja en avances tecnológicos emergentes en campos como inteligencia artificial, robótica, internet de las cosas, vehículos autónomos, impresión 3D, nanotecnología, biotecnología, ciencia de materiales, almacenamiento de energía y computación cuántica.

En el sector salud, la llegada de la 4R permite combinar los espacios físicos, digitales y biológicos basados en la tecnología de la información y la comunicación (TIC) cambiando el paradigma de la industria del sector (Lee and Lim, 2017). Estas posibilidades crearán beneficios tales como recuperar el espacio hospitalario que normalmente se pierde debido a barreras de seguridad,

aumentando la productividad del operador y la satisfacción del usuario atendido gracias a la creación de espacios de trabajo de colaboración seguros para la interacción entre robots y humanos (Romero et al., 2016).

Para garantizar que estas tecnologías estén alineadas con las necesidades de los usuarios finales, se necesita la estandarización de metodologías que materialicen el potencial de las tecnologías de la 4R en salud, donde las principales instituciones académicas del área en medicina e ingeniería se acoplen para crear espacios de diseño e invención. Es en este contexto se define el *Global Health Technology 2.0*, como aquellas aplicaciones prácticas de la ciencia que son efectivas y sostenibles y equilibran los tributos de la investigación colaborativa, la creación y la visión impulsada por el usuario para impulsar la invención de proyectos innovadores en el marco de la 4R (Caldwell et al., 2011).

El presente trabajo presenta la evolución de la capacidad de I+D, a la par de la adopción de tecnologías 4R y de la configuración de espacios de Cocreación, para la generación de soluciones innovadoras dentro de una IPS el HGM. Para hacerlo el documento desarrolla una metodología descriptiva, en cuanto a los resultados más sobresalientes y muestra la alineación necesaria entre evolución de capacidades y apropiación de tecnologías 4R, logrando así que en el HGM se encuentra el primer MakerSpace enfocado al sector salud del país, el cual tiene como finalidad el desarrollo de dispositivos intrahospitalarios, que le den soluciones a problemas asistenciales y se plantea como una iniciativa para disminuir la brecha que existe entre tecnología médica nacional e importada al interior de las IPS del país, al igual que sus logros.

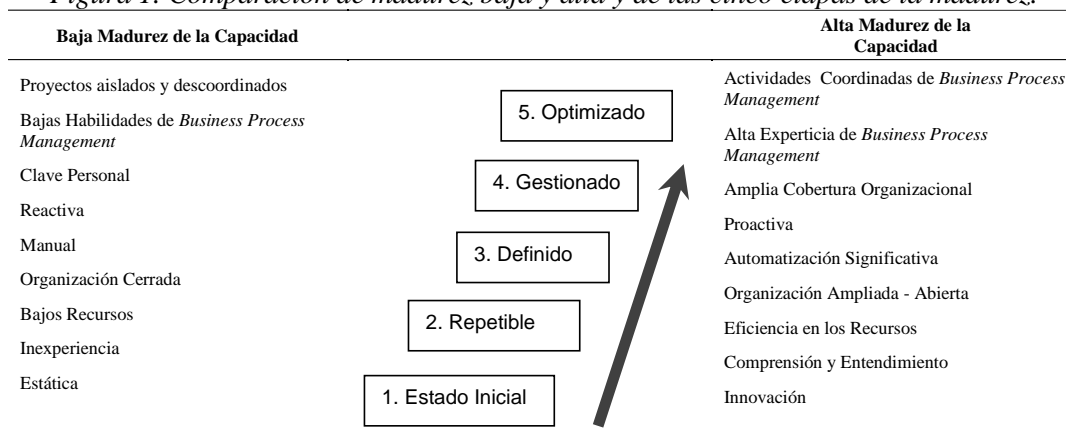
2 Metodología

Ubicación y caso de estudio: El estudio se desarrolló en una institución de prestación de servicios de salud de alta complejidad (Hospital General de Medellín -HGM)- la cual atiende al Área Metropolitana del Valle de Aburrá -AMVA, conglomerado urbano constituida por Medellín como ciudad núcleo, y nueve municipios más con más de 3,7 millones de habitantes (AMVA, 2016).

Método: Para reconocer la evolución de la capacidad de I+D en el HGM y su alineación a la 4R se desarrollaron tres etapas:

Etapas 1. Maduración del proceso de innovación: Se documenta la historia y se señalan algunos hitos en los cuales se evidencia la evolución del proceso innovación del HGM, basado en el análisis de cuatro capacidades (I+D; Aprendizaje; planeación; gestión). Para la valoración de la madurez de cada capacidad se utilizó el modelo de innovación basado en las capacidades de innovación, el cual sigue la propuesta conceptual y metodológica descrita por Robledo Velásquez et al., (2010) y la evaluación de madurez de la capacidad de innovación mediante una escala Likert según lo propuesto por John and Nelis Johan, (2008) en cuanto al *Business Process Management* (BPM) como se muestra en la Figura 1. Las evaluaciones permiten a la organización determinar qué esfuerzos y en qué sentidos debe orientarlos, para que la operación de la gestión de la innovación contribuya con la intervención de los problemas que la justifican.

Figura 1. Comparación de madurez baja y alta y de las cinco etapas de la madurez.



Fuente: Traducido de John and Nelis Johan, (2008, p. 315)

Etapa 2. Identificación de tendencias y condiciones de la 4R y su relación con el sector salud:

Se desarrolló un proceso de referencia documental del periodo comprendido entre los años 2000 - 2017 para la identificación de las condiciones organizacionales necesarias, en la implementación de procesos de gestión de innovación, basados en la 4R, en el sector salud colombiano. Se documentó como algunas tendencias tecnológicas pertenecientes a la 4R, para identificar metodologías e instrumentos más utilizados en el sector salud y se presenta la implementación de las 4R en el HGM.

Etapa 3. Ejercicio de benchmarking frente a dos entidades referentes: Con el objetivo de identificar en que estadio de implementación de las tecnologías de la 4R, para materializar el proceso de la innovación se encontraba el HGM en el periodo 2017-2018, se efectuó una ejercicio de *benchmarking* mediante una entrevista basada en la metodología propuesta por el IC2 de la Universidad de Texas en Austin (IC2 University Of Texas at Austin, 2007), en dos Hospitales Universitarios de Europa (Estocolmo y Barcelona), y un Hospital privado de la ciudad de Medellín.

3 Desarrollo y resultados

Etapa 1. Maduración del proceso de innovación: En 2016 el Hospital General de Medellín, decide consolidar su proceso de innovación mediante la modalidad de trabajo colaborativo y el uso de espacios de manufactura digital y tecnología de vanguardia de la 4R:

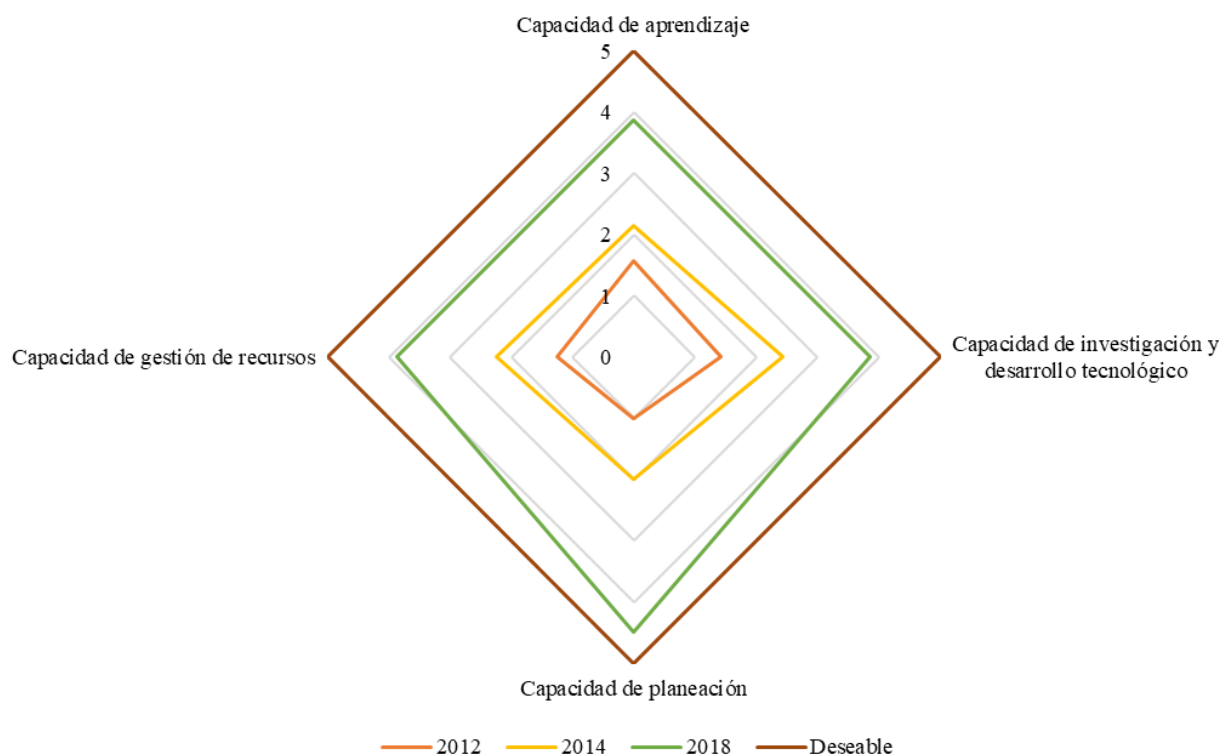
- 2012. En 2009, se realizó un diagnóstico del estado general que tenía la institución para innovar y se formula una estrategia para generar las condiciones necesarias que permitieran consolidar el HGM como una entidad innovadora, los resultados se hacen evidentes en 2012.
- 2014. Desde 2014, con un sistema en consolidación se trazan las condiciones para que en 2016 se formule el Plan Estratégico 2016- 2027 del HGM, en el cual se incluye en el direccionamiento estratégico la investigación e innovación, y se alinea la organización a la

política regional de innovación. Se da inicio al proyecto de Laboratorio de Cocreación en Salud, incorporando tecnologías de la comunicación, electrónica e impresión 3d.

- 2018. En 2017, el HGM, la Universidad EIA y la Universidad CES dan inicio al desarrollo de prototipos médicos y se obtienen victorias tempranas como un producto con potencial de patente. Se establece el procedimiento de priorización, elección y viabilización de proyectos según su potencial de transferencia. En 2018 se formula la política de propiedad intelectual y transferencia de tecnología. Se Implementa la estrategia de *project management* para la ejecución en tiempo de los proyectos priorizados.

Luego de haber transitado, entre el 2012 y 2018, diferentes etapas para alcanzar una madurez de sus capacidades de innovación, desde un nivel básico hasta un nivel de madurez en consolidación, como se puede observar en la Figura 2,

Figura 2. Evolución de las capacidades asociadas al proceso de innovación dentro del HGM.



Fuente: Elaboración propia con base en ejercicio de expertos en 2019

Etapa 2. Identificación de tendencias y condiciones de la 4R en y su relación con la salud:

Para conocer las tendencias en aplicaciones de la 4R en el sector salud se consultaron diversas bases de datos especializadas en salud y genéricas, donde se encontró para la ecuación de búsqueda: “*Fourth and Industrial and Revolution Title, abstract, keywords: Health*” los resultados de la Tabla 1.

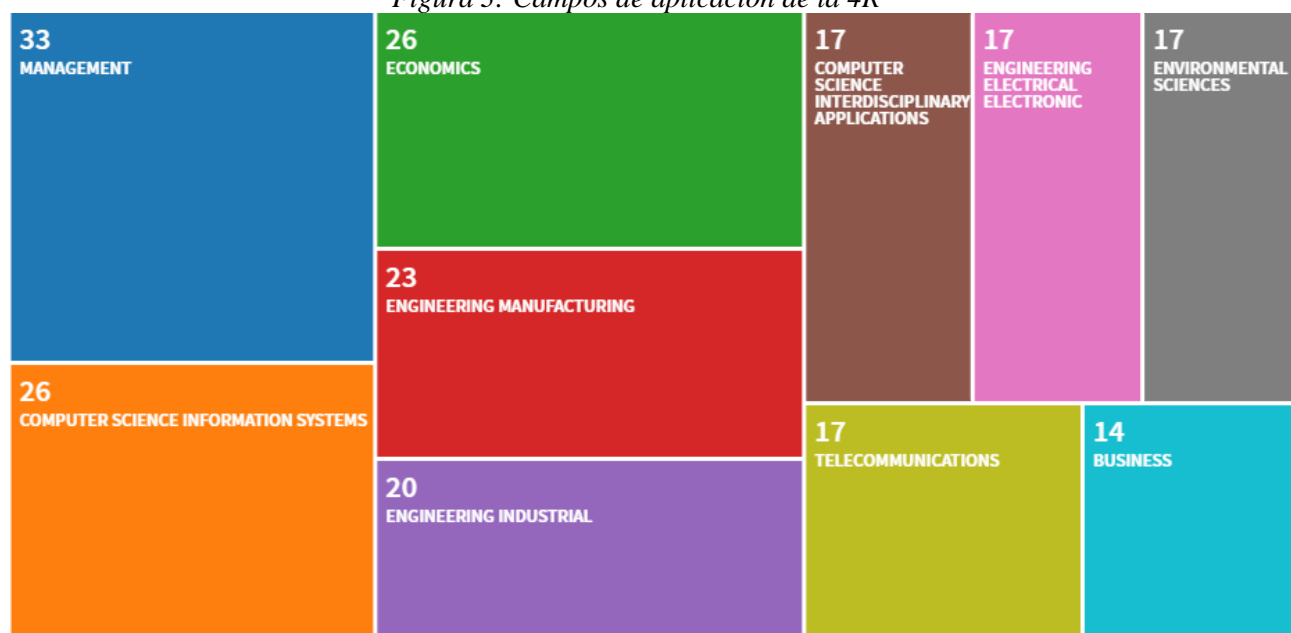
Tabla 1. Resultados de la búsqueda para 4R más Salud.

Base de datos	Resultados
Global Health®	0
OTseeker®	0
Dynamed®	0
ScienceDirect®	785
Web of Science®	364

Fuente: Elaboración propia con base los reportes por la ecuación “Fourth and Industrial and Revolution Title, abstract, keywords: Health” generada el 29 de abr. de 19.

Se analizaron los resultados y se encontró que a pesar de que la ecuación de búsqueda incluía el termino salud, las áreas para las cuales se reportaban, en este caso para la búsqueda realizada en *Web of Science*, fueron principalmente administración, economía, ciencias de la computación y la información e ingeniería de manufactura, tal como se puede observar en la Figura 3; y el área de salud se encontró un (1) reporte equivalente al 0.3%.

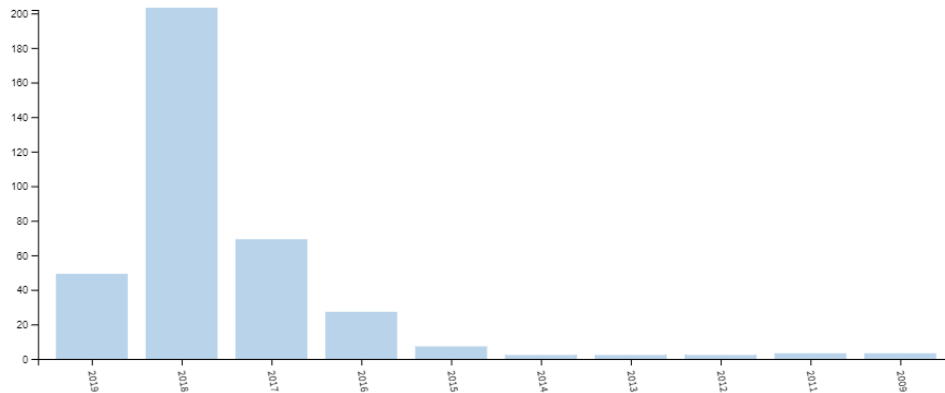
Figura 3: Campos de aplicación de la 4R



Fuente: Elaboración propia con base en Web of Science, (2019)

Por otro lado se identificó, como aparece en la Figura 4, que el desarrollo del tema sobre 4R es reciente, y se han intensificado los reportes científicos sobre el mismo desde 2015 con un fuerte crecimiento en los tres últimos años, el cual es consistente con acciones como la desarrollada por el foro económico mundial en 2016 cuando se discute sobre las 4R y sus implicaciones (Chia et al., 2019).

Figura 4: Comportamiento en las publicaciones relacionadas con 4R 2009-2019



Fuente: Elaboración propia con base en Web of Science, (2019) con reporte hasta abril de 2019

El desarrollo de las 4R tiene dos contextos de acción, el primero se basa en el uso de las tecnologías asociadas a esta revolución y la segunda en los modelos de trabajo. A continuación, se presenta un panorama de la evolución de estos modelos:

Evolución de las tecnologías asociadas a 4R en salud:

En 2013 se fundó una iniciativa en EEUU llamada *MakerNurse*, apoyada por el programa *MakerHealth* nacida en el *Little Devices Lab* del *Instituto Tecnológico de Massachusetts* (MIT) y financiada por *Robert Wood Johnson Foundation*, cuya finalidad era fomentar el desarrollo de dispositivos médicos DIY (“*Do It Yourself*”) al interior de hospitales de EEUU, como lo fue en el centro médico de la Universidad de Texas (UTMB). Para conseguirlo, se dotó un cuarto con herramientas de prototipado rápido usadas por el personal asistencial para realizar prototipos que apoyaran su labor diaria; un ejemplo de los desarrollos de este programa es la ducha para personas con quemaduras (Geere, 2016).

Este mismo programa está siendo implementado en el Instituto Nacional de Salud Infantil *Queen Sirikit* en Bangkok en Tailandia, donde se ha buscado descentralizar el desarrollo de dispositivos médicos a partir de diseños de grupos de personal asistencial del hospital; con este trabajo colaborativo han logrado crear desarrollos intrahospitalarios enfocados al área de dermatología, dispensación de insumos y nivelación de camas hospitalarias (ProgressTH, 2016).

Otra iniciativa, está siendo liderada por Gokul Krishnan, con el apoyo de empresas como Intel y *LittleBits*, quien desarrolló el primer *MakerSpace* portátil, cuya finalidad es el aprovechamiento de las herramientas de prototipado rápido y la creatividad de los pacientes, para desarrollar dispositivos que les permitan mejorar su calidad de vida en su estancia en el hospital; este programa se implementó inicialmente en el hospital de niños *Monroe Carell Jr.* en *Nashville*, EEUU (Krishnan, 2015).

El Hospital Universitario de Karolinska tiene un programa de Cocreación en salud, orientado a fortalecer la relación con la industria de dispositivos médicos y los problemas intrahospitalarios, haciendo las veces de *Clinical Research Organization* (CRO) de dispositivos médicos para tratar

temas relacionados con el tratamiento de pacientes (Karolinska University Hospital, 2015). Este modelo va orientado a cooperar con la industria médica, en donde la institución de salud presenta los problemas médicos y las industrias especializadas en tecnología, proponen soluciones que serán validadas en el hospital, mediante un proceso de transferencia tecnológica ágil e iterable.

Modelos de trabajo asociados a 4R:

Movimiento Maker: Movimiento surgido de la influencia de la era de telecomunicaciones y los procesos avanzados de manufactura para el prototipado rápido, mediante unión de inventores independientes para la creación de diversos artefactos relacionados con la ingeniería, bajo licencias de código abierto (*Open Source*); actualmente en EEUU, suma más de 135 millones de *Makers*, que en 2012 representaron para el país aproximadamente \$USD 2.2 billones en productos y servicios relacionados al prototipado rápido (Bajarin, 2014).

Empresas como Facebook, Google, Intel, Atmel, Microsoft, Autodesk, están apostando a plataformas de innovación abierta, *Open Source* y trabajo colaborativo en software como www.github.com, en desarrollo de hardware como www.instructables.com, o financiación colaborativa (también llamada *crowdfunding*) como www.kickstarter.com para incentivar la creación de dispositivos, que pueden ser convertidos en emprendimientos a corto o mediano plazo (Carmody, 2011). El movimiento *Maker* también representa una revolución educacional puesto que propicia el estudio de áreas relacionadas con *STEAM* (siglas en inglés que significan ciencia, tecnología, ingeniería, artes, matemáticas), difundiendo y haciendo práctico el concepto aprender haciendo, el cual ha sido apoyado por instituciones como la Casa Blanca y la NASA, y que ha surgido como una solución al problema de personal capacitado en ingenierías y ciencias que está enfrentando la industria actualmente (SINC-Europa, 2014).

Espacios de Cocreación: De acuerdo con Ruta n (2015), un espacio de Cocreación, o también llamado espacio colaborativo, se define como un lugar en el que convergen comunidades de diferentes áreas (ingeniería, artes, salud, humanidades, administración, aficionados, entre otros), apoyados por herramientas de prototipado rápido, generalmente *Open Source*, que desarrollan diseños, prototipos, trabajos de manufactura y software, en un ambiente de aprendizaje compartido. En la Tabla 2, se describen los diferentes espacios de Cocreación y sus principales características.

Tabla 2. Clasificación de espacios de Cocreación.

CONCEPTO	DEFINICIÓN
<i>Fablab</i>	<i>Fab</i> (Fabricación) – <i>Lab</i> (Laboratorio). Es un espacio físico para la fabricación personal digital, el cual provee acceso a herramientas para el desarrollo de prototipos que involucra diferentes disciplinas, entre ellas industriales, arquitectónicas, entre otras.
<i>MakerSpace</i>	Espacio - Taller artesanal donde se reúnen personas por hobby para compartir o crear diferentes prototipos, en cualquier disciplina del conocimiento (electrónica, robótica) y con cualquier material (madera, plásticos, metales).

<i>HackerSpace</i>	Es un espacio colaborativo donde se reúnen personas con intereses comunes alrededor de temas específicos (reutilización de hardware, trabajo con componentes electrónicos, programación para aprender y compartir).
<i>Tech Shop</i>	Es un <i>MakerSpace</i> comercial – es una cadena de talleres asociativos donde se ofrece acceso público a equipos de manufactura avanzada a cambio de una cuota monetaria por membresía mensual o anual.
<i>MediaLab</i>	Es un espacio que se enfoca en una nueva cultura digital de producción de proyectos culturales, donde convergen el diseño, la multimedia y la tecnología. Existen disciplinas tales como la música electrónica, el diseño gráfico, el video, los hologramas y las interfaces computacionales.
<i>Fab Studio</i>	Es un espacio de fabricación cuyo objetivo es enseñar, aprender y compartir diferentes métodos de fabricación en disciplinas industriales, arquitectónicas y en el área de la ingeniería.
<i>Fabcafe</i>	Espacio de trabajo cuyo ambiente se asemeja a un café - bar donde se encuentran equipos limitados de fabricación, y se desarrollan eventos y conversatorios para la comunidad.

Fuente: Elaboración propia con base en *Web of Science*, (2019)

En esta clasificación, uno de los casos destacables corresponde a los *FabLabs* nacidos en el año 2007, a cargo del *Center for Bits and Atoms* del MIT y cuyo objetivo es la creación de una red de espacios de fabricación digital en donde se pudiesen materializar sus ideas, compartir conocimiento y buscar financiación para apoyar proyectos para mejorar la calidad de vida de las comunidades (Fabfoundation, 2009).

Actualmente la *Fabfoundation* cuenta con una red de laboratorios en más de 30 países (ver Figura 5), entre los que se encuentra Colombia, con espacios ubicados en Medellín, Bogotá, Cali y Pereira, que están especializados en procesos de diseño digital y manufactura especializada en arquitectura, biotecnología, nanotecnología, electrónica, automatización, telecomunicaciones y mecánica. Estos espacios están enfocados en la producción individualizada de elementos, por lo que no son aptos para una serialización de productos a gran escala, especialmente por los mismos procesos de manufactura propuestos; son lugares ideales para el desarrollo de prototipos en cortos períodos, lo cual apoya el proceso de diseño de productos.

Figura 5: Mapa señalando la ubicación de los FabLabs alrededor del mundo,



Fuente: tomada de *Fabfoundation* (2016).

Espacios de Cocreación en Colombia: En este campo, Colombia ha aportado a su expansión, con iniciativas como la red de laboratorios de innovación de los ciudadanos Vivelabs, liderados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC, 2013); los Tecnoparque y Tecnoacademia del SENA (SENA, 2016); el laboratorio de creación del Parque Explora en Medellín y los laboratorios de innovación de Ruta *n* (Ruta *n*, 2015). Estos laboratorios cuentan con la infraestructura tecnológica necesaria para incubar y desarrollar emprendimientos del sector digital, algunos en impresión 3D, electrónica y biotecnología, aunado a acciones de formación mediante talleres, diplomados y cursos, capacitando el talento humano en la generación de capacidades para apoyar la industria digital del país.

Implementación de tecnologías 4R para en el HGM: En la implementación de algunas tecnologías de la 4R para la solución de desafíos y la materialización de ideas, el HGM desarrolló la siguiente línea de actividades en el tiempo, a la par de la maduración del proceso de innovación:

- 2016: Se inicia proyecto de investigación “Laboratorio de Cocreación en Salud” en conjunto con el programa de ingeniería biomédica de las universidades CES y EIA.
- 2017: Creación de un espacio de manufactura digital, estilo *FabLab/Makerspace* en las instalaciones del HGM, conocido como laboratorio de Cocreación para la innovación en Salud. Se firma un convenio marco para la operación de laboratorio de Cocreación en Salud, entre el HGM, La Universidad CES y la Universidad EIA según Torres et al., (2017).
- 2018: Creación de los primeros prototipos funcionales de dispositivos médicos, para resolver problemas intrahospitalarios que no se pueden resolver con soluciones de rutina (de mercado). Se desarrolló un soporte para canister que permite almacenar residuos biológicos por medio de ABS impreso en 3D, debido a la dificultad hospitalaria de adquirirlos por lotes de cantidades bajas.
- 2019: Desarrollo del procedimiento de transferencia tecnológica, explotación y comercialización de los resultados del laboratorio al HGM. Se firman convenios académicos en ingeniería y otras áreas del conocimiento, permitiendo que el hospital genere espacio de aprendizajes en temáticas diferente a las áreas de la salud.

De acuerdo con Torres et al., (2017), en el HGM se encuentra el primer *MakerSpace* de Colombia enfocado en salud en un hospital; el laboratorio de Cocreación, plantea el diseño y construcción de dispositivos médicos, para mejorar la gestión de activos hospitalarios y un compartimiento para el almacenamiento de instrumental quirúrgico estéril. Estas soluciones se pueden obtener mediante la implementación de la Cultura *Maker*, lo que disminuye los tiempos de diseño, construcción y costos asociados al desarrollo de dispositivos médicos. A la fecha el Laboratorio de Cocreación cuenta con 41 proyectos identificados, 6 proyectos priorizados y cuatro desarrollos en prototipo finalizados.

Aunque la Cultura *Maker* se ha constituido como uno de los pilares en la materialización del proceso de gestión de la innovación en el laboratorio de Cocreación, se apunta a una implementación integral de las tecnologías de la 4R en el HGM donde se logre la convergencia de la robótica en los procesos de atención integral de los pacientes; la nanotecnología y la biotecnología como herramientas que permitan mejorar la seguridad del paciente, su familia y el entorno; y la inteligencia artificial y las tecnologías de la información y la comunicación (TICs),

como soporte en la optimización de los procesos y la toma de decisiones administrativas, financieras y asistenciales.

Etapa 3. Ejercicio de benchmarking frente a dos entidades referentes: Para el ejercicio, se entrevistaron a los coordinadores de innovación de dos hospitales internacionales y uno nacional, referentes en la adopción de las 4R, como se presenta en la Tabla 3 y detalla en el Anexo 1.

Tabla 3. Descripción de la inserción de tecnologías de la cuarta revolución industrial en diferentes instituciones a nivel global con respecto al Hospital General de Medellín, con el fin de listar referencias.

IPS referenciada	Articulación con el sistema educativo y empresarial	Estrategia de innovación como resultado de un proceso de evolución	Resultado de la implementación de 4R (Infraestructura, personal, estrategia de innovación)
1 IPS: Hospital Pablo Tobón Uribe <u>Entrevistado:</u> Coordinador SimDesing	Alianza interinstitucional con la Universidad EAFIT y la Universidad CES, con adopción de modelo internacional (Standford) utilizando desarrollos en simulación quirúrgica.	Enfoque hacia la disrupción tecnológica	1 Patente otorgada 1 Proyecto de Colciencias en ejecución 4 Proyectos de desarrollo en curso, con potencialidad de protección 1 Curso de formación superior en diseño clínico 1 Laboratorio digital universitario
2 IPS: Hospital Universitario de Karolinska <u>Entrevistado:</u> Project Manager de la estrategia de Cocreación del Hospital	Alianza corporativa con empresas del sector de tecnología médica. En la cual mediante la implementación de la metodología del <i>Project Managment Institute</i> le hacen seguimiento a los proyectos, con Cocreación corporativa	Disruptivo de mercado	8 Alianzas con empresas fabricantes de tecnología médica 1 Hub de innovación 30 Iniciativas en fase de transferencia tecnológica
3 IPS: Hospital Universitario de Sabadell <u>Entrevistado:</u> Directora de Investigaciones de la Corporació Parc Taulí	Configuración de un distrito de innovación, del que hace parte el Hospital .	Disruptivo, incremental y mejora continua.	36 Ideas de innovación aprobadas 8 Innovaciones transferidas 10 Registros de patentes 23 Marcas registradas 4 Spin off
4 IPS: Hospital General de Medellín E.S.E <u>Entrevistado:</u> Líder de docencia, investigación e innovación Hospital General de Medellín	Alianza con instituciones de educación superior, Universidad CES y Universidad EIA. Con un laboratorio intrahospitalario con tecnologías de las 4R.	Innovación incremental y mejora continua.	13 Proyectos aprobados 4 Proyecto en fase de transferencia 1 Acuerdo de comercialización con empresa 1 Laboratorio hospitalario dotado con tecnologías de las 4R

Fuente: Elaboración propia.

4 Discusión y análisis

Como se observa en la Figura 1, el HGM ha ido evolucionado en cuanto a los elementos esenciales de su proceso de innovación, logrando desarrollar un sistema dinámico y alineado a las tendencias nacionales e internacionales y continúa consolidando sus capacidades de innovación (Madrid et al., 2019), las cuales han evolucionado desde casi insipientes a maduras en 9 años.

El análisis bibliométrico presenta un panorama donde se identifica que la alineación directa de la 4R a los procesos de salud apenas inician (Web of Science, 2019), pero diferentes reportes muestran su potencial en cuanto a aplicaciones (Chia et al., 2019; Drössler et al., 2017; Hanlon et al., 2011; ProgressTH, 2016; Torres et al., 2017), es por ello que una incorporación temprana de la 4R a los procesos de salud en el HGM se convierte en el eje de su éxito innovador.

La implementación de las tecnologías 4R está estrechamente relacionada con la evolución del proceso de gestión de la innovación, en cuanto al uso de las tecnologías asociadas a esta revolución y los modelos de trabajo, los cuales deben ser una tarea sistemática que comprende un proceso desde el alistamiento de la organización (Pérez Vélez and Robledo Velásquez, 2012). La manufactura digital, incluyendo todas sus herramientas, se convierte en un instrumento clave a la hora de lograr la materialización de los procesos de innovación, de acuerdo con lo que sostiene Torres et al., (2017).

La estructura que soporta el éxito innovador del HGM, tal como las otras instituciones analizadas (Ver Tabla 3 y Anexo 1) se fundamentan en la consolidación de un sistema de innovación interno que parte de trabajar con personal altamente calificado y conocedor de las necesidades (capacidad de aprendizaje) al igual que con la capacidad de formular soluciones incrementales y mejora continua (capacidad de planeación); la dotación de una infraestructura tecnológica representada en el Laboratorio de Cocreación, donde el personal cuenta espacios para la realización de sus procesos de investigación y desarrollo (capacidad de I+D), y finalmente de recursos que destina y gestiona el HGM para financiar dichas actividades (capacidad de gestión).

5 Conclusiones

El desarrollo de capacidades de innovación posibilita que la organización adopte de una manera más eficiente y exitosa nuevas tecnologías y método de trabajo, el cual es el caso particular el HGM.

La importancia de los espacios de innovación es proporcional a la contribución a intervenir problemas reales y concretos de la institución, y para ello requieren madurar hasta la consolidación de sus capacidades, las cuales preparan a la organización para la adopción de diferentes tecnologías y métodos de trabajo.

Las tecnologías de la 4R han permitido al sector salud, y en el caso particular del HGM, articulada al modelo el FabLab, generar soluciones reales en corto tiempo, con éxito innovador, al desarrollar dispositivos que han sido apropiados por la organización como nuevos insumos, y que han permitido y permitirán una independencia tecnológica, para el hospital y en muchos casos para el sector.

Una característica diferenciadora del HGM es la de contar con un laboratorio con tecnologías de la 4R al interior de su infraestructura, el cual no poseen las otras tres instituciones referenciadas, lo que ha permitido que el desarrollo de proyectos sea muy eficiente; y la principal debilidad en comparación con los hospitales internacionales, es la articulación con el sistema empresarial.

Es fundamental profundizar en el estudio de los modelos de cocreación para la innovación al igual que la inserción de tecnologías de la 4R en salud, dado que aún no hay suficiente evidencia sobre las condiciones necesarias para el éxito innovador.

6 Referencias

AMVA, 2016. El Valle de Aburrá [WWW Document]. Sitio Of. URL <http://www.metropol.gov.co/institucional/Paginas/queeselarea.aspx> (accessed 7.20.16).

- Arencibia Jorge, R., Vega Almeida, R.L., Chinchilla Rodríguez, Z., Corera Álvarez, E., de Moya Anegón, F., 2012. Patrones de especialización de la investigación cubana en salud. *Rev. Cuba. Salud Pública* 38, 734–747. <https://doi.org/10.1590/S0864-34662012000500007>
- Bajarin, T., 2014. Why the Maker Movement Is Important to America's Future.
- Caldwell, A., Young, A., Gomez-Marquez, J., Olson, K.R., 2011. Global health technology 2.0. *IEEE Pulse* 2, 63–67. <https://doi.org/10.1109/MPUL.2011.941459>
- Carmody, T., 2011. BIG DIY: THE YEAR THE MAKER MOVEMENT BROKE [WWW Document].
- Chia, G., Lim, S.M., Sng, G.K.J., Hwang, Y.F.J., Chia, K.S., 2019. Need for a new workplace safety and health (WSH) strategy for the fourth Industrial Revolution. *Am. J. Ind. Med.* 62, 275–281. <https://doi.org/10.1002/ajim.22960>
- Cotte Poveda, A., Andrade Parra, J., Torralba Barreto, D.R., Rivera Torres, S.C., Cifuentes Mirke, M.A., Ramírez, L.D., Albis Salas, N., García Ospina, J.M., Sánchez Rodríguez, E.C., Caho Rodríguez, D.M., Jiménez, C.C., Álvarez, J.L., 2017. Informe Anual de Indicadores de Ciencia y Tecnología 2017 - Colombia, 1ª Edición. ed. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, Bogotá D.C, Colombia.
- Cuartas, D., Parra, M.E., 2014. Propuesta de líneas estratégicas para e plan departamental de ciencia, tecnología e innovación en el área de salud del departamento de Antioquia, in: IV Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación. pp. 1–20.
- Drössler, S., Steputat, A., Baranyi, G., Kämpf, D., Seidler, A., 2017. Gesunde Arbeit in Pionierbranchen (GAP) Healthy work in pioneer branches (GAP). *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergon.* 146–150. <https://doi.org/10.1007/s40664-017-0239-4>
- Escobar, J.F., Herrera, J.F., 2015. Los planes estratégicos para el desarrollo de la ciencia, la tecnológica y la innovación como herramienta hacia la competitividad regional y su real impacto, in: Altec 2015. Altec, Porto Alegre, Basil.
- Escobar, J.F., Herrera, J.F., Bedoya, I.B., Isaza Gutiérrez, L.M., 2016. ABC de la innovación, Primera. ed. Medellín, Colombia.
- Geere, D., 2016. This startup is helping nurses prototype and innovate.
- Hanlon, P., Carlisle, S., Hannah, M., Reilly, D., Lyon, A., 2011. Making the case for a “fifth wave” in public Health. *Public Health* 125, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2010.09.004>
- John, J., Nelis Johan, 2008. Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations, Second. ed. Oxford, UK.
- Karolinska University Hospital, 2015. Innovation Center: We enable co-creation with our clinics [WWW Document].
- Krishnan, G., 2015. Maker Therapy.
- Lee, J.-Y., Lim, J.-Y., 2017. The Prospect of the Fourth Industrial Revolution and Home Healthcare in Super-Aged Society. *Ann. Geriatr. Med. Res.* 21, 95–100. <https://doi.org/10.4235/agmr.2017.21.3.95>
- Madrid, K., Quintero, A., Escobar, J.F., 2019. Evolución y consolidación de las capacidades de innovación dentro de una institución prestadora de salud, in: COGESTEC (Ed.), VI Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación COGESTEC. Memorias del Congreso de gestión tecnológica 2019 COGESTEC, Cali, Colombia, p. 11.
- MINTIC, 2013. Red Nacional ViveLab.
- OPS, OMS, 2007. Panorama de la Salud en las Américas 2007, in: OMS (Ed.), Salud En Las Américas 2007. Salud en las Américas, Washington, D.C., pp. S2–S29.
- Palencia-Sánchez, F., García-Ubaque, J.C., 2017. Innovación e investigación en hospitales universitarios. *Rev. la Fac. Med.* 64, 741. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.54837>
- Pérez Vélez, J.D., Robledo Velasquez, J., 2012. Condiciones deseables de los métodos para la gestión de portafolios de proyectos de I+D+I en los centros de desarrollo tecnológico en Colombia, in: III Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación COGESTEC. Medellín, p. 15.
- ProgressTH, 2016. Makers Meet Medicine at Local Children's Hospital.
- Robledo Velásquez, J., Aguilar Zambrano, J., Pérez Vélez, J.D., 2011. Modelo conceptual y aplicativo informático para la evaluación de capacidades de innovación tecnológica en PYMES del sector, in: ALTEC (Ed.), XIV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica - ALTEC 2011. Lima, Perú.
- Robledo Velásquez, J., López G., C., Zapata L., W., Pérez V., J.D., 2010. Desarrollo de una Metodología de Evaluación de Capacidades de Innovación. *Perf. Coyunt. Económica* 133–148.
- Robledo Velásquez, J., Malaver, F., Vargas, M., 2009. Encuestas, datos y descubrimiento de conocimiento sobre la innovación en Colombia, 1st ed. Bogotá.
- Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., 2016. Towards an Operator 4.0 Typology : A Human-Centric

- Perspective on the Fourth Industrial Revolution Technologies. Toward an Oper. 4.0 Typology A Human-Centric Perspective. Fourth Ind. Revolut. Technol. Conf. 0–11.
- Ruta n, 2015. Observatorio CT+i, área de oportunidad: Espacios colaborativos de creación. [WWW Document].
- Schawab, K., 2016. The Fourth Industrial Revolution, First. ed. Geneva.
- SENA, 2016. SENNOVA, Líneas y programas [WWW Document]. SENA. URL <http://sennova.senaedu.edu.co/#> (accessed 5.10.17).
- SINC-Europa, 2014. La escasez de ingenieros supone un peligro para el desarrollo [WWW Document]. OEI.
- Torres, M.S., Cárdenas, C.J., Arenas, L.A., Quintero, P.A., Torres, V.R., 2017. Cocreation laboratory in health: Materialization tool for innovation process in Colombian public hospitals, in: 2017 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI). pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/CONIITI.2017.8273330>
- Web of Science, 2019. Web of Science Core Collection Result Analysis: Fourth and Industrial and Revolution [WWW Document]. Web os Sci. URL http://wos.webofknowledge.com/RA/analyze.do?product=WOS&SID=6BWPXulfgKSCUnBct3o&field=PY_PublicationYear_PublicationYear_en&yearSort=true (accessed 4.29.19).

Anexo 1: Descripción de la inserción de tecnologías de la cuarta revolución industrial en diferentes instituciones a nivel global con respecto al Hospital General de Medellín, con el fin de listar referencias.

Mapa de Actores	Descripción	Impacto	Implementación de las tecnologías de las 4R
<p>IPS: Hospital Pablo Tobón Uribe</p> <p>Entrevistado: Coordinador SimDesing</p>	<p>En el año 2011, un estudiante de doctorado de la Universidad EAFIT de Medellín, durante su pasantía doctoral en la Universidad de Stanford, conoce la metodología Simdesign aplicada para el diseño, desarrollo y validación de simuladores para entrenamiento médico; experiencia de la cual surge la propuesta de llevar a cabo la transferencia de dicha metodología en Colombia. Para el año 2014 se materializa el Programa mediante acuerdo firmado entre la Universidad CES, la Universidad EAFIT y el Hospital Pablo Tobón Uribe, o Instituciones aliadas fundadoras (IAF), con el fin de tener aliados fuertes en el área médica, clínica, de ingeniería y negocios, y respetando el espíritu multidisciplinar del programa definido por la Universidad de Stanford.</p> <p>La ejecución de la primera iteración tuvo una duración de 18 meses, en la cual se logra transferir la metodología Simdesign a las IAF, desarrollar un piloto para la ejecución del Programa, conformar un grupo interdisciplinario con competencias clínicas, técnicas y administrativas, desarrollar tres simuladores y dos dispositivos médicos, iniciar los procesos de patente de dos simuladores y un dispositivo y adelantar el proceso de licenciamiento de este último. En el año 2016 las instituciones aliadas fundadoras firman un nuevo convenio para llevar a cabo nuevas iteraciones, las cuales se concentran en mejorar los prototipos y escalarlos a nivel de productos finales para poder comercializarlos, y en desarrollar nuevas tecnologías en diferentes especialidades tanto de la salud humana como animal; aumentando así la capacidad instalada con más profesionales entrenados para el uso de la metodología, tanto a nivel de las IAF, como a través del diseño y puesta en marcha de una pasantía en Colombia que permita transferir la metodología a diferentes públicos y generar ingresos para las instituciones participantes del Programa.</p> <p>Así, en el año 2017 las IAF reafirman su compromiso de continuar con la implementación del Programa, poniendo a disposición de la alianza su potencial y experticia en cada una de las áreas en las cuales dichas Instituciones se desempeñan.</p>	<p>Satisfacen los requerimientos de sus clientes, acorde con sus necesidades y expectativas. Fundamentan su progreso desarrollo en el crecimiento sostenido de la alta calidad:</p> <p>Mejorar las herramientas e infraestructura útiles para el cuidado de la salud. Esto se traduce en el desarrollo de mejores dispositivos o equipos médicos.</p> <p>Mejorar las capacidades y habilidades del personal médico por medio de métodos o herramientas de entrenamiento más eficaces</p>	<p>SimDesign es una iniciativa que implementa tecnologías de las 4R orientadas a la digitalización del proceso de intervención médica, mediante desarrollo de software. Su implementación dentro de la red hospitalaria es media, debido a que sus instalaciones se encuentran al interior de una universidad más que de la clínica.</p>
<p>IPS: Hospital Universitario de Karolinska</p> <p>Entrevistado: Project Manager de la estrategia de Cocreación del Hospital</p>	<p>El sistema de innovación para procesos intrahospitalarios del hospital universitario de Karolinska eligió la estrategia de Cocreación para implementar sus procesos de innovación institucionales. El esquema de trabajo que siguieron para implementar dicho sistema fue:</p> <p>1. Identificación de las industrias potencialmente fuertes de Suecia: Como resultado obtuvieron una segmentación de la industria de tecnología móvil como Smartphone, automatización de procesos y ayudas diagnósticas. Además encontraron un mercado potencial en las tecnologías de la información y telecomunicación(Tics)</p> <p>2. Identificación de las áreas para enfocar esfuerzos de innovación dentro del hospital</p> <p>universitario de Karolinska: Las principales áreas para dirigir los esfuerzos de innovación fueron cirugía(CX), ayudas diagnósticas, unidades de cuidados especiales(UCE) y unidad de Cuidados intensivos(UCE), urgencias, cardiología y gastroenterología.</p>	<p>Tienen un acuerdo de cooperación bilateral principalmente con Philips Health Care en ayudas diagnósticas. Esto les facilita disponer de capital de inversión para proyectos estratégicos. Esto facilita la</p>	<p>Su proceso de materialización de tecnologías es un 80% materializado por las grandes industrias médicas. No poseen dentro de sus instalaciones hospitalarias grandes inversiones en maquinaria para llevar las ideas a la realidad.</p>

	<p>3. Identificación de las problemáticas dentro de los servicios Hospitalarios en las áreas de Enfoque de esfuerzos de innovación: Están enfocados a las actividades de calidad de los procesos de atención relacionados con la estancia del paciente en la institución.</p> <p>4. Identificación de las problemáticas dentro de los servicios Hospitalarios en las áreas de enfoque de esfuerzos de innovación: En las áreas identificadas en el numeral dos, encuentran y priorizan problemas como mejora de la experiencia del paciente en procedimiento de imágenes diagnósticas y automatización de servicios en camas de emergencia, UCI y UCE. Tratamiento de la información personal de cada paciente.</p> <p>5. Identificación de tecnologías de apoyo para resolver las problemáticas: Se enfocan principalmente en Inteligencia Artificial, Automatización/Robótica y Big Data.</p> <p>6. Selección de responsables en el proceso de Cocreación a nivel hospitalario para acompañar procesos: Por cada unidad identificada en el numeral “2” disponen de un médico especialista que lidera el proceso de Cocreación con el hospital.</p> <p>7. Construcción del centro de innovación con énfasis en procesos de Cocreación en el hospital: El centro de innovación cuenta con su propio personal de planta, con administradores, asistentes, ingenieros y técnicos. En conjunto con el numeral 6 disponen de 48 personas que trabajan en actividades de Cocreación con la industria, contando sólo el personal contratado por el hospital.</p> <p>8. Realización de acuerdos con la industria especializada en las tecnologías de apoyo: El hospital tiene contratos firmados a la fecha con empresas como Siemens, Olympus y Welch Allyn. Tiene un convenio de cooperación interinstitucional con Philips HealthCare.</p> <p>9. Solución de problemas mediante el proceso de Cocreación industria-hospital: Los desarrollos en el centro de innovación cuentan con la participación tanto del hospital como de ingenieros investigadores de las empresas nombradas en el numeral 8.</p> <p>10. Puesta en marcha de proyectos intrahospitalarios: Todos los proyectos están direccionados a aplicarse en las instalaciones del hospital universitario de Karolinska.</p> <p>11. Transferencia de tecnología hacia mercados externos con las entidades aliadas: Los derechos de explotación comercial de las tecnologías que surgen del proceso de Cocreación son de las empresas. Con un porcentaje de regalías direccionadas hacia el hospital Karolinska, con la posibilidad de adquisición de las tecnologías a un costo moderado para el gobierno sueco.</p>	<p>transferencia de tecnología.</p> <p>Son una institución pública por lo que el ahorro obtenido por implementación de procesos innovadores se reinvierte en los procesos de Cocreación.</p>	
<p>IPS: Hospital Universitario Parc Taulí.</p> <p>Entrevistado: Directora de Investigaciones de la Corporación Parc Taulí</p>	<p>El sistema de innovación para procesos intrahospitalarios del hospital universitario de I cooperación Parc Taulí, eligió la estrategia de Cocreación para implementar sus procesos de innovación institucionales. El esquema de trabajo que siguieron para implementar dicho sistema fue:</p> <p>1. Identificación de las problemáticas hospitalarias: Como resultado obtuvieron una segmentación de la industria biotecnología, manufactura digital y mercado potencial en las tecnologías de la información y telecomunicación(Tics)</p> <p>2. Acoplamiento a las capacidades para innovar del distrito de innovación I3PT: Hacen parte de un distrito de innovación, plan que desarrolla Ruta N, actualmente para replicarlo en la ciudad de Medellín.</p> <p>3. Identificación de especialidades clínicas con potencial de generar soluciones disruptivas: Tienen áreas identificadas de temas a trabajar en el hospital, con el fin de generar tecnologías de carácter disruptivo.</p> <p>4. Construcción de centro de innovación dentro del hospital: Poseen un centro de innovación intrahospitalario donde convergen distintos tipos de profesionales.</p> <p>5. Construcción del plan de gestión de innovación intrahospitalaria: Tienen definida una política de propiedad intelectual bien estructurada, destinan tiempo de sus especialistas (pagos por el hospital), para</p>	<p>Tienen un acuerdo de cooperación bilateral principalmente con el distrito de innovación I3PT, Esto facilita al hospital encontrar diferentes tipos de socios para resolver sus problemas, desde la manufactura de productos y servicios.</p> <p>Al ser una institución</p>	<p>Su proceso de materialización de la innovación mediante el uso de tecnologías de la cuarta revolución industrial se realiza mediante un distrito de innovación que acoge a diferentes empresas manufactureras.</p>

	<p>desarrollar tecnología médica, estos está indicado en sus contratos y por ende las tecnologías desarrolladas por sus empleados son del hospital.</p> <p>6. Establecimiento de acuerdos industriales con las empresas del distrito de innovación I3PT: Tienen acuerdos con industrias dentro del distrito que se encargan de la construcción y materialización de todos sus desarrollos intrahospitalarios acordes con el numeral 1.</p> <p>7. Desarrollo de investigación para implementar tecnologías disruptivas en el distrito: Su apuesta claramente esta direccionada a la generación de tecnologías disruptivas para el sector hospitalario.</p> <p>8. Pruebas de usabilidad de tecnologías desarrolladas en el entorno: Las tecnologías desarrolladas apuntan a resolver problemas intrahospitalarios.</p> <p>9. Transferencia de tecnología hacia mercados externos con las entidades aliadas: Los derechos patrimoniales de la tecnología son compartidos con la industria.</p>	<p>privada tiene mayor flexibilidad para direccionar sus recursos a puntos estratégicos que lo necesiten.</p>	
--	---	---	--