

IoT COMO TENDENCIA, RETOS Y BENEFICIOS GENERADOS POR LA
IMPLEMENTACIÓN DE ESTE TIPO DE SOLUCIONES EN EMPRESAS COLOMBIANAS
DEL SECTOR DE INDUSTRIA Y COMERCIO

PAULO ALEJANDRO FRANCO AGUDELO

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN
BOGOTÁ
2019

IoT COMO TENDENCIA, RETOS Y BENEFICIOS GENERADOS POR LA
IMPLEMENTACIÓN DE ESTE TIPO DE SOLUCIONES EN EMPRESAS COLOMBIANAS
DEL SECTOR DE INDUSTRIA Y COMERCIO

PAULO ALEJANDRO FRANCO AGUDELO

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Administración de Negocios

Asesor temático: Edwin Alexis Osorio Lema, mg. Administración con énfasis en Mercadeo

Asesora metodológica: Gina María Giraldo Hernández PhD.

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN
BOGOTÁ
2019

A mi familia, en especial a mi madre, quien es el motor de mi existencia, y a mi tía Claudia, quien siempre me impulsó a través de su ejemplo para sacar este reto adelante.

AGRADECIMIENTOS

A un gran amigo y con quien pude discutir durante varias horas las tendencias del mercado en este tipo de soluciones y hacia donde debería enfocar mis esfuerzos, Diego Giraldo. Gracias por el apoyo y el valioso tiempo dedicado.

A Sandra Escorcía, por su apoyo y su gestión con varios de los clientes, para que pudieran responder el cuestionario enviado, dado que fue una labor compleja y en cierto modo dispendiosa, pero su tenacidad y su personalidad permitieron lograr hasta la última de las respuestas.

Mis más sinceros agradecimientos a la profesora Gina Giraldo, por ser parte de este proyecto; su apoyo fue esencial para darles orden a mis ideas, y sus consejos fueron vitales para estructurar de la mejor manera posible este trabajo.

Por último, y por supuesto el más importante, un especial agradecimiento al profesor Edwin Osorio. Gracias a su conocimiento, a su visión y a su dedicación no desfallecí en el proceso, y me alentó durante todo el camino. A pesar de los inconvenientes y retrasos, su paciencia fue fundamental para lograr mi objetivo.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	9
2	OBJETIVOS.....	9
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	10
4	JUSTIFICACIÓN.....	14
5	MARCO CONCEPTUAL.....	15
5.1	Evolución de la automatización.....	15
5.2	La eficiencia operativa y la mano de obra.....	16
5.3	Cadena de valor.....	19
5.4	Sector industria en Colombia.....	20
5.5	Internet de las cosas (IoT).....	21
5.6	Conceptos eficiencia.....	26
6	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
6.1	MATERIALES.....	27
6.2	METODOLOGÍA.....	28
6.2.1	PROCEDIMIENTO.....	28
6.2.2	TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	29
7	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	29
7.1	Entorno global.....	29
7.2	El entorno colombiano.....	38
8	CONCLUSIONES.....	47
9	RECOMENDACIONES.....	49
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Optimización de costos debido a IoT	32
Tabla 2. Impactos potenciales de IoT para 2025	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de las revoluciones industriales.....	13
Figura 2: Cadena de valor de Michael Porter.....	20
Figura 3: Concepto general de IoT.....	21
Figura 4: Modelo de referencia IoT.....	22
Figura 5: Ecosistema de una solución IoT.....	24
Figura 6: Empresas que indican beneficios en su ROI vs nivel de sofisticación....	32
Figura 7: Valoración de soluciones de IoT.....	32
Figura 8: Beneficios reportados por implementación de soluciones de IoT.....	33
Figura 9: Adopción de soluciones de IoT por región.....	33
Figura 10: Madurez y potencial de crecimiento de IoT por sector.....	40
Figura 11: Proyección de ingresos IoT.....	41
Figura 12: Distribución de ingresos IoT.....	42
Figura 13: Hace cuanto decidieron implementar soluciones de IoT.....	42
Figura 14: Por qué decidieron implementar soluciones de IoT.....	43
Figura 15: Tipo de resistencia al interior de la compañía	43
Figura 16: Punto de referencia para toma de decisiones.....	44
Figura 17: Mayores beneficios encontrados al implementar la solución.....	44
Figura 18: Han podido determinar el impacto financiero o de ahorros?.....	45
Figura 19: Han considerado implementar más soluciones de este tipo?.....	45
Figura 20: Han encontrado eficiencias en mano de obra?	45
Figura 21: Alternativas consideradas.....	46
Figura 22: Mayores retos encontrados al implementar estas soluciones.....	46

RESUMEN

La internet de las cosas (IoT) ha venido creciendo con rapidez durante los últimos años, y ha generado en diferentes sectores de la economía numerosas aplicaciones, que pueden ser implementadas en cualquier empresa y lugar del mundo. Sus ventajas son indiscutibles, pero aún quedan algunos retos y preocupaciones asociados a la seguridad de la información y a la posible generación de desempleo, debido al hecho de que esas cosas pueden sustituir mano de obra por equipos o cosas que pueden hacer el mismo trabajo de forma aún más efectiva. A través de un análisis exploratorio y descriptivo el presente trabajo pretende brindar un contexto de las tendencias y la evolución de las soluciones de IoT en los últimos años. Así mismo, identifica las diferentes tendencias en este tipo de soluciones, especialmente en Colombia, para analizar los retos y ventajas que se derivan de este tipo de tecnologías. A lo largo de este trabajo se irán introduciendo situaciones, casos y ejemplos explicativos que permitan identificar los beneficios y retos hallados durante la implementación de este tipo de soluciones.

Palabras clave: internet de las cosas (IoT), eficiencia, empleo, trabajo, seguridad

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) has been growing rapidly in the past few years, generating a great amount of applications in different economic sectors, which can be implemented in any Company and any place in the world. Its advantages can't be denied, nevertheless there are still a few topics and concerns about security and a possible unemployment issue due to the fact that these things can replace human labor for machines or things that can make the same work even more effective. Through an exploratory and descriptive analysis this paper tends to give a context about the tendencies and the evolution of IoT solutions in the past few years. Likewise, identifies the different trends in these kinds of solutions, especially in Colombia, to analyze the problems and advantages companies will have to deal with. Throughout this essay will be introduced situations, cases and explanatory examples, that will let us identify the benefits and dares found during implementing this type of solution.

Keywords: internet of things (IoT), efficiency, employment, job, security

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación analiza algunas de las soluciones de internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés *internet of things*) implementadas durante los últimos cinco años en Colombia, al igual que el impacto que este ha tenido en el desplazamiento de la mano de obra y la productividad, con el fin de exponer las ventajas y retos de estas soluciones. Lo anterior, a partir de la revisión teórica del contexto global y local de la implementación de esta tecnología y del impacto positivo o negativo que ha tenido la industrialización tanto en la generación de empleo como en la productividad de las empresas.

La justificación y el marco conceptual de este documento describen las bases para la comprensión del problema, que constituye el objetivo del presente trabajo, desde la evolución de la industria de la mano de la tecnología, la definición de los conceptos de la cadena de valor, la productividad y la mano de obra, hasta la conceptualización y contextualización de los retos e impactos de la automatización y de la aplicación de soluciones de IoT en las empresas de diferentes sectores industriales.

El aparte de materiales y métodos para la consecución de los objetivos describe: las bases del método de análisis de los casos, la encuesta como instrumento de recopilación de información y los parámetros para medir los resultados obtenidos; el desarrollo del proyecto, por su parte, expone el análisis cualitativo de las variables indagadas; por último, las conclusiones reflejan los retos y las ventajas encontrados en la aplicación de la tecnología IoT en el entorno local seleccionado.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar los retos y ventajas desde el punto de vista de la productividad y el desplazamiento de mano de obra, que proporcionan las soluciones de la internet de las cosas (IoT), a partir

de la revisión bibliográfica de la aplicación de esta tecnología en un entorno global y los resultados de un cuestionario aplicado a un grupo de empresas colombianas con implementaciones de este tipo de soluciones en los últimos cinco años, para que estos sean tenidos en cuenta por las empresas que buscan implementar este tipo de soluciones en Colombia de forma sostenible y socialmente responsable.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar soluciones de IoT a nivel internacional y nacional con registro de impactos positivos y(o) negativos en la productividad empresarial y el desplazamiento de la mano de obra.
- Analizar los retos y ventajas sobre la productividad y el desplazamiento de mano de obra, a partir de las opiniones de algunas compañías colombianas que han implementado este tipo de soluciones en los últimos cinco años.
- Presentar los retos y ventajas de los análisis realizados en el entorno local, para incentivar la implementación de este tipo de soluciones en las empresas colombianas, en un entorno de responsabilidad social.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Al llevar a cabo una revisión de las principales bases de datos de la Universidad EAFIT se encontró que existen varios estudios, como los de Atzori y otros (2010), Vongsingthong y Smachat (2014) y Farhan y otros (2017), que señalan importantes avances en procesos de automatización que, a la postre, generan eficiencias en las respectivas empresas que las incorporan. Sin embargo, hay temas relacionados con la incorporación de este tipo de soluciones que preocupan, como lo son la seguridad informática de los equipos y procesos

involucrados en la solución, así como el desplazamiento de mano de obra al sustituir procesos manuales y mecánicos por aparatos conectados a Internet.

Algunos estudios, como *La digitalización: Una clave para el futuro crecimiento de la productividad en América Latina*, del Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina (cet.la) (Katz, 2018), indican que estamos en un contexto de disminución de tasas de crecimiento, y que señalan que América Latina tiene un problema de competitividad frente a otros países, en especial con los demás miembros de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Según el informe de cet.la (Katz, 2018):

La brecha en PIB per cápita que separa a la región de los demás países de la OCDE ha crecido de US\$ 23.117 en el 2003 a US\$ 28.553 en el 2016 lo cual refleja un aumento del 23,5% aproximadamente a pesar que el PIB de América Latina en el mismo período aumentó un 48%. (p. 1).

Lo anterior indica que el incremento del PIB no es suficiente para mejorar la competitividad y que es necesario incrementar la productividad.

La misma fuente indica que para impactar de forma directa la productividad (Katz, 2018): “El gran desafío latinoamericano está en la digitalización, representada por la transformación socio-económica resultante de la adopción masiva por parte de individuos, empresas y gobierno de tecnologías digitales de información y comunicación” (p. 5), la cual aumenta directamente dos indicadores: el de la productividad laboral (medida en relación con el número de horas trabajadas) y el de la productividad multifactorial (medida en términos de los insumos de capital, trabajo y materias primas).

Estas anotaciones nos llevan a pensar que la solución para mejorar la economía, la competitividad y los problemas de desempleo es el uso de la tecnología. Esta afirmación es coherente con la de otros autores que analizan las revoluciones industriales desde el acercamiento histórico del impacto de la tecnología no solo en la empleabilidad, sino en el desarrollo de la sociedad. Salas (2016) lo describe en su artículo *Revolución 4.0*, en el cual nombra lo importante que ha sido la evolución de la tecnología en el desarrollo de la industria, y nombra algunos ejemplos tales como la invención de la máquina a vapor (la

cual dio pie a la primera revolución industrial), que alivió la carga de trabajo físico de las personas y dio el primer paso para la producción industrial en Inglaterra.

Este avance también ayudó a redefinir las brechas a nivel socioeconómico, con cambios como el paso de la aristocracia a la nueva burguesía, la cual se aprovechó del desarrollo tecnológico para crear riqueza a partir de la industrialización y la explotación de la fuerza de trabajo en fábricas. Es en esta primera revolución cuando se fomentó la migración de fuerza de trabajo (proletariado) del campo hacia las ciudades, lo que dio lugar a un aumento en las necesidades de mano de obra capacitada y a la optimización de esta a través de la implementación de procesos.

Salas (2016) también se refiere a cómo el siguiente salto se dio con la segunda revolución industrial, en la cual el uso de la electricidad a través de nuevas tecnologías tales como la bombilla y el telégrafo, entre otros inventos, revolucionaron las comunicaciones, el trabajo, la seguridad y la calidad de vida de las personas. La creación de la sociedad de consumo interesada en los nuevos productos masificados, que abarcaban desde electrodomésticos hasta automóviles, le dio paso a la automatización y a los modelos de procesos tayloristas (Taylor, 1969). La producción en serie basada en el uso de máquinas eléctricas fomenta la competitividad en el mercado, al acelerar los tiempos de producción, reducir los costos de fabricación y mejorar la calidad de vida de las personas.

Otros autores, como Barba (2000), también concuerdan con este impacto de la tecnología en el trabajo, tal como se dio en la tercera revolución industrial, la cual se basó en el desarrollo de la computación y la informática, y definió nuevos modelos de administración para la industria y el comercio. Posterior al desarrollo de la electrónica se integraron a la cadena productiva de la industria la computación, la robótica y la Internet, que en consecuencia nos llevaron a la cuarta revolución industrial y que, en concordancia con Salas (2016), sustentan la producción en cadenas de valor interconectada desde los proveedores hasta los clientes.

Otros autores que describen este impacto positivo son Domingo y Doménech (2018), quienes en su investigación sobre el futuro del trabajo describen cómo en las revoluciones industriales anteriores a medida que avanza la industria también avanzan de forma positiva la calidad de vida y el bienestar de las personas, e indican cómo el aumento de la población

en capacidad de trabajar no aumentó el desempleo ni el bienestar y, por el contrario, aumentó el consumo de bienes y la demanda de trabajo. Esto debido también a los cambios sociopolíticos que se dieron como consecuencia de estas revoluciones (figura 1).

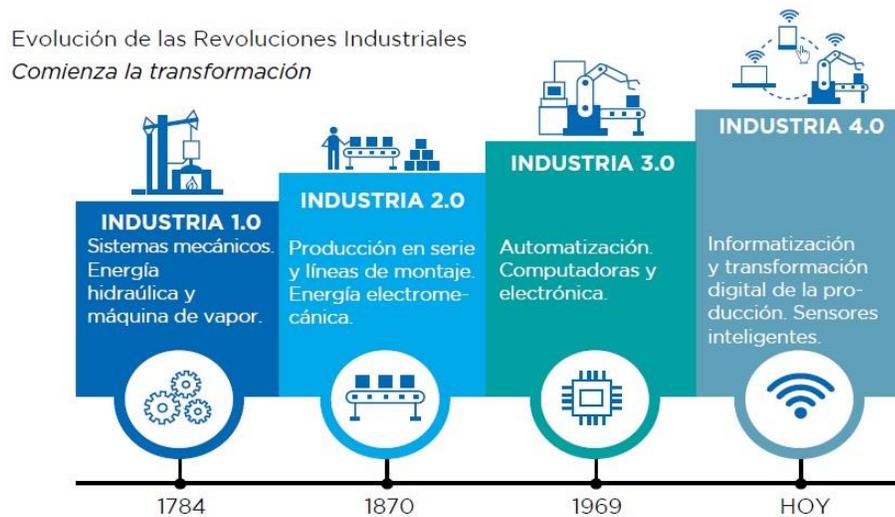


Figura 1. Evolución de las revoluciones industriales

Fuente: Industria 4.0 Fabricando el futuro (2018).

Sin embargo, aquí hay un punto contrastante, que involucra el uso de la tecnología como desplazamiento de la mano de obra en sectores no industrializados (cuyas bases de producción están lejos de la automatización de tareas repetitivas o de crear productos de valor añadido y con innovación tecnológica), hacia países en los que la automatización o la mano de obra reducen los costos de producción (como resultado del impacto de la automatización y la descentralización de las actividades de la cadena de producción y el desplazamiento de manufactura y servicios).

Esta puede ser una realidad en países como Colombia, si extrapolamos las ideas de González-Páramo (2017), en las que afirma que se debe debatir en temas tales como la afectación en el volumen de empleo, el tipo de trabajo, los cambios en los modelos y las estructuras de negocios; los efectos en los salarios, las rentas y la desigualdad, y en cuáles serán las iniciativas privadas y públicas que se tendrán para mantener el estado de bienestar, sobre todo en países emergentes, ya que lo que plantea este autor es un aumento en la desigualdad en países emergentes versus los países desarrollados con un alto avance tecnológico.

Este es precisamente el problema específico sobre el que se indaga en el presente trabajo de grado, dado que, según las pesquisas realizadas, en el territorio colombiano aún no se cuenta con un estudio serio que evidencie la realidad de la optimización de procesos en las diferentes organizaciones, y el respectivo desplazamiento social por causa de la disminución en la mano de obra que pueda generar la implementación de soluciones de IoT. En consecuencia, la experiencia específica que serviría como estudio de caso para la presente investigación sería la implementación de soluciones de IoT realizadas por una empresa del sector de comunicaciones de Colombia durante los últimos cinco años. El problema de investigación puede sintetizarse en la siguiente pregunta: *¿Cuáles son las eficiencias en procesos operativos y de mano de obra dados por la implementación de soluciones de IoT realizadas en algunas empresas durante los últimos cinco años?*

4 JUSTIFICACIÓN

En el mundo existe hoy una marcada tendencia a desarrollar e implementar soluciones de IoT. En la actualidad en el mundo existen más dispositivos conectados que personas. Migrar desde soluciones tradicionales hacia soluciones digitales tendrá diferentes impactos a nivel económico y social en todo el mundo. Identificar tanto la eficiencia en procesos operativos como cuál será el impacto social al sustituir por aparatos o sensores conectados a Internet la mano de obra en las empresas que adapten esta tecnología en Colombia son temas interés tanto para las empresas de telecomunicaciones como para integradores de soluciones, instituciones gubernamentales y para la Academia.

Ahora bien, si se lograran identificar claramente los beneficios, bien sea en términos económicos u operativos, hacia los clientes finales se podría tener un argumento claro de venta que permitiera el desarrollo de mercado en este tipo de productos en Colombia. Por otro lado, si se lograra identificar una sustitución de mano de obra, dadas las soluciones implementadas, se podría generar una propuesta para mitigar los aspectos negativos detectados.

5 MARCO CONCEPTUAL

El objetivo de este trabajo se enmarca en el análisis del uso del internet de las cosas (IoT) en los sectores de industriales de Colombia, y en su impacto en la empleabilidad y la optimización de procesos. Por lo anterior, en esta sección es necesario describir algunos parámetros que sirven como ejes conceptuales sobre los que se apoya la interpretación del trabajo, tales como: la evolución de la automatización y de la mano de obra, y su relación con la eficiencia operativa, con los sectores de industria y comercio en Colombia y con su cadena de valor, y los conceptos relacionados con las soluciones de IoT y su impacto en los procesos *core* (procesos principales y críticos de negocio) y la administración de personal.

5.1 Evolución de la automatización

Según Salas (2016) en su artículo *Revolución 4.0*, durante el desarrollo de la sociedad la industria se ha apoyado en la evolución de la tecnología para mejorar los procesos. La invención de la máquina a vapor (la cual dio pie a la primera revolución industrial) alivió la carga de trabajo físico de las personas y dio el primer paso a la producción industrial en Inglaterra; también redefinió las brechas a nivel socioeconómico, con cambios como el paso de la aristocracia a la nueva burguesía, la cual se aprovechó del desarrollo tecnológico para crear riqueza a partir de la industrialización y la explotación de la fuerza de trabajo en fábricas. Esta primera revolución fomentó la migración de fuerza de trabajo (proletariado) desde campo hacia las ciudades, lo que dio lugar a un aumento en las necesidades de mano de obra capacitada y a la optimización de esta a través de procesos. La tecnología influyó también en la industria y el comercio con la invención del ferrocarril y del barco a vapor, los cuales mejoraron la velocidad de transporte de materia primas a los centros industriales, conectó de una nueva forma el mundo y dio pie a que esta revolución se extendiera al resto del mundo.

El siguiente salto se dio con la segunda revolución industrial, en la cual el uso de la electricidad por medio de múltiples nuevas tecnologías como la bombilla y el telégrafo, entre otros inventos, que revolucionaron: las comunicaciones, el trabajo, la seguridad y la calidad de vida de las personas. La creación de la sociedad de consumo interesada en los nuevos

productos masificados, desde electrodomésticos hasta automóviles, hace que se definan nuevos procesos industriales que le dan paso a la automatización y a los modelos de procesos tayloristas (Taylor, 1969), junto con la competencia entre las potencias emergentes, como Estados Unidos y Alemania, y el capitalismo. La producción en serie basada en el uso de máquinas eléctricas fomenta la competitividad en el mercado, al acelerar los tiempos de producción y reducir los costos de fabricación.

Como lo analiza Barba (2000), la tercera revolución industrial, la cual se basó en el desarrollo de computación y de la informática, desde los años 60 definió nuevos modelos de administración para la industria y el comercio, y también permitió una globalización de los mercados y las comunicaciones, con los que dio un gran salto a través de la interacción de la industria, los procesos, los trabajadores, la calidad y la información en tiempo real.

La computación, la robótica y la internet, luego del desarrollo de la electrónica se integraron a la cadena productiva de la industria, del comercio y de todos los sectores de la economía y de la vida cotidiana. Estos adelantos tecnológicos nos llevan a la cuarta revolución industrial, término que, según Salas (2016), se utilizó por primera vez en Alemania en el 2011, sobre el cual se sustenta la producción en fábricas, cuya maquinaria tiene posibilidades de estar interconectada y en comunicación permanente con la cadena de valor, desde proveedores hasta clientes.

Esta evolución de los procesos de producción pudo integrar múltiples tecnologías emergentes a través del internet de las cosas (IoT): los sistemas ciberfísicos, el *big data* y la inteligencia artificial, entre otros. Esto lleva a que las fábricas se adapten de forma más rápida y fácil a las exigencias de los nuevos mercados mundiales, y a que se vuelvan más eficientes, entendiendo la eficiencia tal como la describen Jacobs y Chase (2014): como la optimización de recursos para generar un bien o servicio con el menor costo posible.

5.2 La eficiencia operativa y la mano de obra

Después de la segunda revolución industrial, Frederick Taylor (1969), uno de los padres de la administración, planteaba desarrollar ventajas competitivas a nivel de costos, en especial con las actividades relacionadas con la mano de obra y la eficiencia operativa, a través de

la reducción del tiempo invertido en las actividades y de fomentar la productividad como eje de la producción.

Taylor (1969) afirmaba que la eliminación del bajo rendimiento y de las causas que hacen que el trabajo sea lento reduciría tanto el costo de la producción, que el mercado nacional y el extranjero se expandirían, lo que permitiría competir en condiciones equitativas o superiores con los rivales y aumentar el empleo. Con estas condiciones también se asegurarían salarios más elevados y se acortaría la jornada de trabajo, lo que haría posible lograr unas condiciones más favorables para el trabajo y el hogar, lo cual, a su vez, aumentaría el consumo. En consecuencia, ya que se suprime una de las causas de la recesión económica, como lo son la falta de empleo y la pobreza, se evidenciaría un efecto positivo de más largo plazo que los que se llevaban a cabo a principios del siglo XX para suavizar las consecuencias de la recesión.

Algo similar indican Domingo y Doménech (2018) en su trabajo sobre el futuro del trabajo, donde aclaran que, como se evidencia en todas las revoluciones industriales anteriores, a medida que la industria avanza, también avanzan positivamente la calidad de vida y el bienestar de las personas, y se aumenta el consumo y la demanda de trabajo. Es decir, indican que, a pesar del aumento en la población con capacidad de trabajo (lo que para algunos indicaría sobreoferta de mano de obra y desempleo), esto no ha llevado al detrimento general del estado de bienestar de la población, aunque sí se hayan presentado tensiones y conflictos a causa de estas revoluciones industriales.

Domingo y Doménech (2018) indican igualmente que hay cuatro factores que influyen en el indicador de progreso del bienestar de las personas: el factor tecnológico, que aumenta su productividad su demanda y los salarios; la competencia del mercado, la cual ha abaratado los bienes de consumo y facilitado su adquisición; la mejora de la productividad, que conlleva a una mejora de los salarios, y de las rentas de los sectores complementarios a producción industrial; y, por último, el desarrollo del estado de bienestar financiado por los recursos del progreso de las personas.

González-Páramo (2017) también repasa la historia con ejemplos en los cuales, en la primera y segunda revolución industrial, actores como Henry Ford afectaron la producción

en masa, para reducir el costo y el tiempo de producción de forma sustancial (mejoramiento de la efectividad operativa), haciendo que el trabajo que realizaba la mano de obra muy calificada —como la los artesanos, que tomaba más tiempo, esfuerzo y altos costos salariales— se dividiera en actividades más pequeñas que no necesitaban altos conocimientos ni habilidades, pero sí requerían gran cantidad de mano de obra de bajo costo y fácil reemplazo. Sin embargo, en el largo plazo este tipo de avances en la producción generó beneficios en la economía productiva, ya que ayudó a que se definiera la jornada laboral y a que surgiera una nueva clase media con poder adquisitivo.

Para efectos del presente trabajo se establece entonces un enlace entre la eficiencia y la mano de obra, dado que cada revolución industrial (cada una de las cuales, como se mencionó anteriormente, fue impulsada directamente por la tecnología) ha ido acompañada por una revolución del trabajo y de las actividades que realizan las personas, tales como mano de obra, y también en su costo y su valor dentro de la cadena productiva de las empresas. En otras palabras, aunque los avances tecnológicos de estas revoluciones, tales como la máquina a vapor, el ferrocarril, los computadores y la automatización, y los que están ocurriendo en este momento, en los que se incluye el internet de las cosas, pueden afectar el empleo de las personas: También hay referentes históricos en los que, basados en lo que nos indica González-Páramo (2017), la historia siempre muestra ganadores y perdedores; es decir, retos y ventajas para la sociedad.

La búsqueda de estas ventajas nos lleva también al concepto de eficiencia operativa, que, de una manera más analítica, busca la optimización en toda la cadena de valor del desarrollo de un bien o servicio. Por lo tanto, en las tareas que involucran la tecnología IoT en la cadena de valor se debe tener en cuenta cada aporte, para así determinar el impacto de cada una de estas tareas en la eficiencia del sector industria y comercio, tanto en la reducción de costos como en el aumento de la eficiencia operativa. Igualmente, se debe tener en cuenta el aprendizaje individual, el cual es, según Jacobs y Chase (2014): “La mejora que se obtiene de que las personas repitan un proceso y adquieran habilidad o eficiencia en razón de su propia experiencia”, y que el costo de mano de obra no solo esta impactado por la remuneración de los empleados.

5.3 Cadena de valor

Según *Estrategia Magazine* (2018), Porter define el concepto de cadena de valor como: “Una forma sistemática de examinar todas las actividades que una empresa desempeña y cómo interactúan”. Este modelo describe la clasificación base de las actividades de una empresa y las clasifica en primarias y secundarias y con ellas se permite desglosar las actividades que intervienen en la producción de un bien o servicio. Esto es importante ya que, según Porter, no se debe ver la empresa como si ejecutara una única actividad para tener una ventaja competitiva en el mercado, sino que cada una de las actividades de la cadena de valor debe ser tomada en cuenta en la estrategia corporativa para definir su valor diferencial. Es decir, según Porter “Una empresa obtiene la ventaja competitiva, desempeñando esas actividades más barato o mejor que sus competidores”.

Esta definición de cadena de valor nos permite ubicar cada una de las actividades de la empresa en la siguiente figura, e identificar el impacto del uso de la tecnología específicamente el uso de soluciones IoT y la mano de obra en la cadena de valor que define la competitividad de las empresas y busca aumentar la producción, la calidad, la cobertura y disminuir los costos de productos y servicios.

Las actividades primarias están asociadas con la creación física del producto en las empresas del sector manufactura, su venta y entrega al comprador, así como el servicio postventa (los cuales están asociados al sector comercio). Las actividades de apoyo como su nombre lo indica soportan las actividades primarias, y aquí entran en acción las actividades de tecnología de recursos humanos las cuales serán claves en el desarrollo de este trabajo (figura 2).

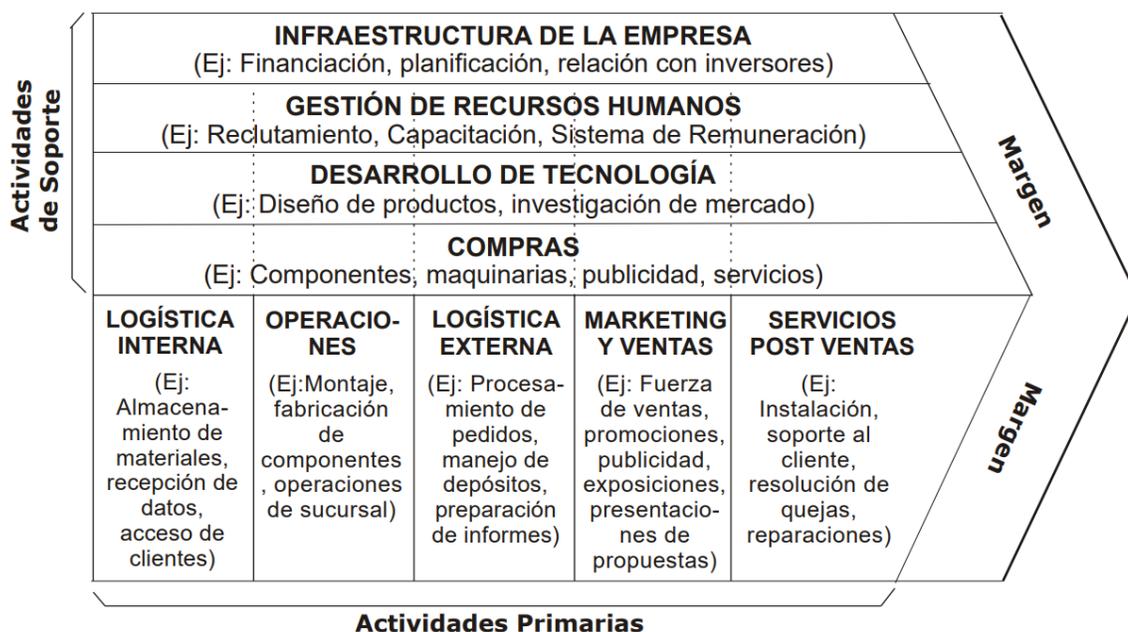


Figura 2. Cadena de valor

Fuente: Porter Estrategia Magazine (2018).

5.4 Sector industria en Colombia

Los conceptos de industria 4.0 en el sector industrial colombiano son de gran importancia y se describen en el documento *Colombia productiva y sostenible: un propósito de todos*, del Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2018), en el cual se nombran como nueva realidad la productividad para la definición de nuevos paradigmas de desarrollo territorial y reglas políticas, las tecnologías 4.0 o nueva revolución industrial y el IoT, entre otros adelantos tecnológicos, se indica que son factores determinantes de la productividad interna de la empresa, y se invita al gobierno a tener en cuenta estas nuevas tecnologías en sus planes políticos a corto, mediano y largo plazo, ya que son temas que desafían la competitividad de este sector de la industria colombiana.

Cabe aclarar que hay actividades de apoyo, las cuales están definidas como actividades secundarias en el CIU (Dane, 2012), que pueden ser tomadas como parte de los ejemplos con implementaciones IoT, y generar valor, aunque no sean la actividad primaria de la empresa analizada.

5.5 Internet de las cosas (IoT)

Farhan y otros (2017) definen el internet de las cosas como: “Una red interconectada de aparatos físicos utilizados en nuestra vida diaria que utilizan arquitecturas de comunicaciones estándar para proveer nuevos servicios a los usuarios finales”. Atzori y otros (2010), por su parte, indican que a partir de 2010 es cuando se hace por primera vez una división funcional de la IoT. Así, pues, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés, *International Telecommunication Union*), a IoT lo nombran en español como Internet de los objetos (UIT, 2012), y lo conciben como: “Una infraestructura global de la sociedad de la información, que permite ofrecer servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) presentes y futuras” (p. 8).

Según la ITU, el IoT permite que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), puedan conectar cualquier objeto (físico o virtual) en cualquier instante y lugar. Cada objeto puede tener capacidades opcionales, tales como las de detectar, medir, actuar, controlar, auditar, pero todos los objetos relacionados con el IoT deber tener capacidad de comunicarse (figura 3).

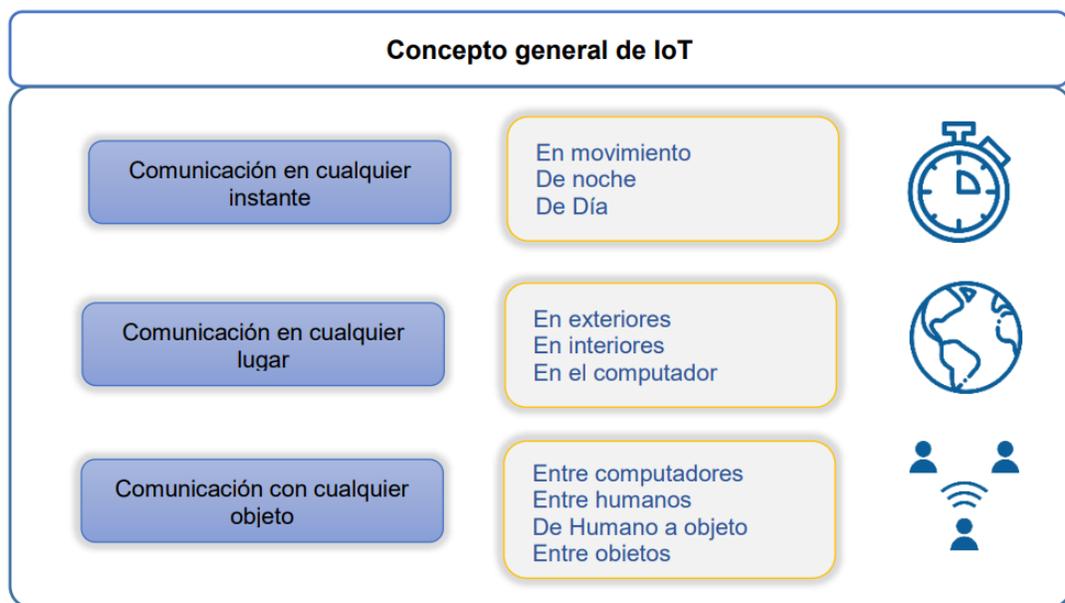
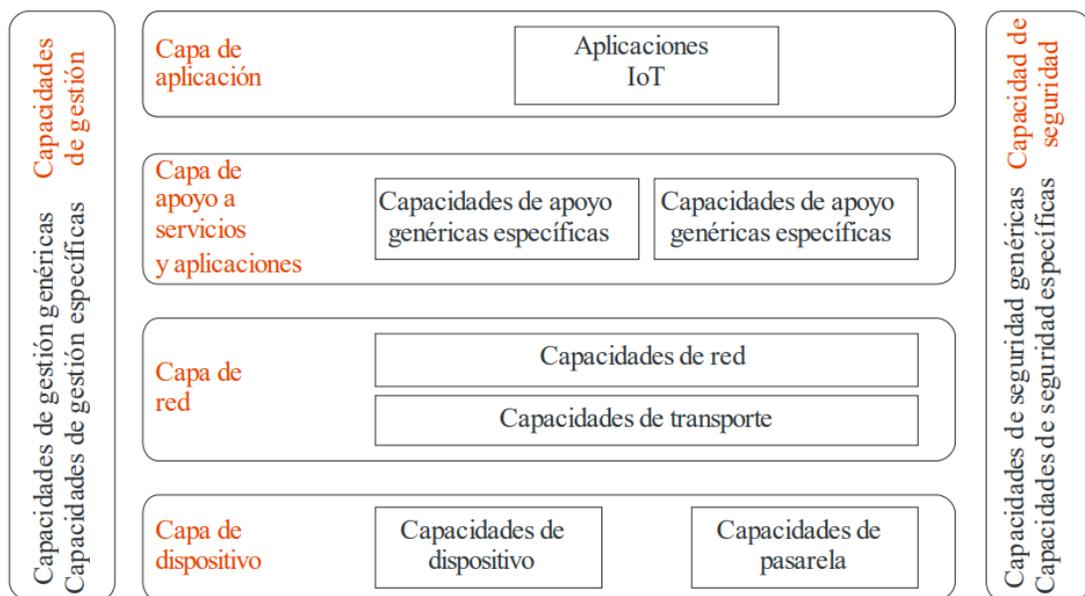


Figura 3. Concepto general de IoT

Fuente: Agencia Nacional del Espectro (ANE, 2018), a partir de UIT (2012).

El documento de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT, 2012) también define el modelo de referencia y algunos modelos de ecosistemas IoT vistos desde el operador de telecomunicaciones, lo cual es también base para analizar los resultados del presente trabajo, ya que está enfocado a las implementaciones que ha realizado la empresa telefónica en los últimos cinco años.

La UIT define como referencia el siguiente modelo de capas (figura 4), para una aplicación de una solución IoT.



Y.2060(12)_F04

Figura 4. Modelo de referencia IoT

Fuente: UIT (2012).

Cada una de las capas que se presentan en la figura 4 tiene una función y una capacidad que, de forma general, podemos definir de la siguiente manera:

- *Capa de aplicación:* es la capa en la cual se les ofrece a los usuarios la solución IoT. En esta capa están las interfases de interacción con los usuarios de la aplicación IoT.
- *Capa de apoyo a servicios y aplicaciones:* en esta capa se incluyen las capacidades que se le ofrecen a la capa de aplicación, que pueden ser: genéricas, es decir, de interés

para múltiples aplicaciones (dentro de las cuales está la capacidad de almacenamiento, o procesamiento de datos), o específicas, es decir, especializadas para cierta aplicación en especial (por ejemplo capacidades de gestión de datos de una aplicación, tales como el control de consumo eléctrico o el pago a través de un dispositivo móvil).

- *Capa de red*: esta capa tiene capacidades de control de la conectividad y el transporte de datos a través de la red. Incluye capacidades de autenticación y autorización para el envío y recepción de datos a través de la red.
- *Capa de dispositivo*: en esta capa la UIT clasifica dos tipos de capacidades: Capacidades de dispositivo, las cuales les permiten a los dispositivos activarse o ponerse en reposo para ahorrar energía, o constituirse en un dispositivo *ad hoc* (especializado), o entregar y recibir información a través de la capa de red, de forma directa o de forma indirecta, a través de un dispositivo con el siguiente tipo de capacidad, que es de pasarela, la cual le permite interactuar con diferentes protocolos de comunicación de red y servir a otros dispositivos para tal fin. Por ejemplo, transmitir a través de *bluetooth* información de dispositivos que utilizan otro protocolo.

Entre otras capacidades que tienen las capas nombradas por la UIT, son los bloques transversales que se encuentran en los laterales de las capas:

- *Capacidades de gestión*: las cuales permiten actividades como: actualización del software del dispositivo, identificación, activación, informe de fallos, rendimiento, entre otras para realizar el control y la administración de la solución IoT.
- *Capacidades de seguridad*: las cuales son transversales en las capas de aplicación, red y de dispositivos, estas capacidades son claves para este trabajo ya que permiten definir los puntos en los cuales las soluciones IoT pueden ser vulnerables y se requiera un mayor esfuerzo y atención. Estas capacidades de seguridad en cada capa las describen UIT (2012) de la siguiente forma:

En la capa de aplicación: autorización, autenticación, confidencialidad de datos de aplicación y protección de la integridad, protección de la privacidad, auditorías de seguridad y antivirus; en la capa de red: autorización, autenticación,

confidencialidad de datos de señalización y de datos de uso (propios de la capa de red), y protección de la integridad de señalización; en la capa de dispositivo: autenticación, autorización, validación de la integridad del dispositivo, control de acceso, confidencialidad de datos y protección de la integridad. (p. 15).

También el documento define una propuesta de un ecosistema IoT, en el cual los clientes y los proveedores interactúan, el cual se muestra a continuación en la figura 5.

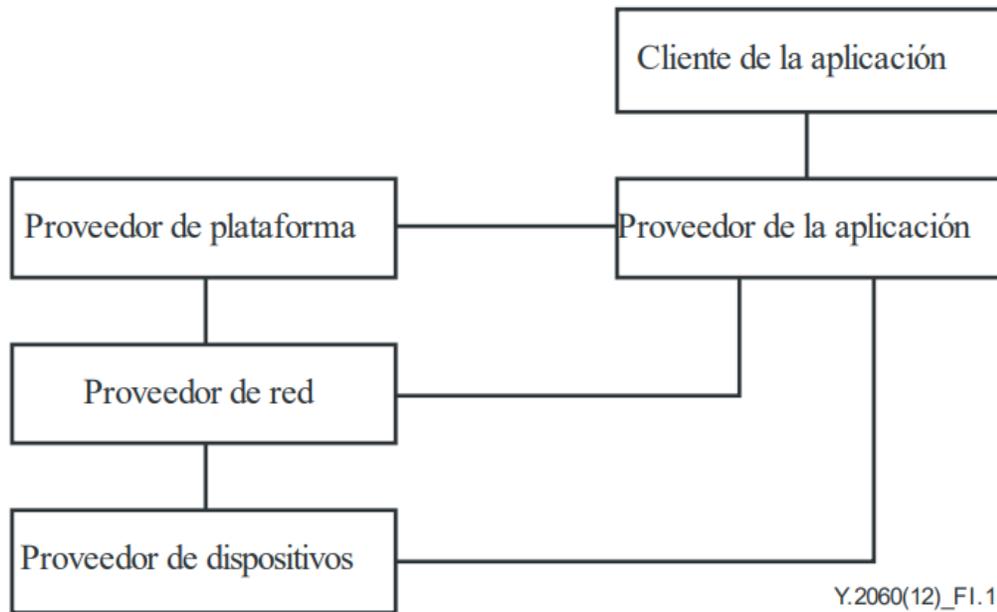


Figura 5. Ecosistema de una solución IoT
Fuente: UIT (2012).

Este ecosistema es de utilidad, ya que describe de forma gráfica cómo interactúan los proveedores con los clientes de la solución IoT, con independencia de si es uno o de si son múltiples proveedores. Lo que sí es claro es que todos los actores están involucrados de forma directa y son responsables de una o de varias capacidades de la solución IoT.

Las aplicaciones de IoT pueden ser infinitas, e ir desde lo más sencillo, como identificar una caja a través de un código de barras, hasta algo tan complejo como una solución del sector salud, donde los signos vitales de un paciente pueden ser monitoreados de manera remota,

para tomar acciones en caso de alertas generadas por el sistema y enviadas a un médico que puede estar a varios kilómetros de distancia.

Según indican Atzori y otros (2010), los principales retos para lograr una evolución de las soluciones de IoT están relacionados con generarles una mayor inteligencia a los objetos conectados, estandarizar la gran cantidad de equipos y sistemas integrados, y de los protocolos de información y seguridad que haya entre ellos, así como la escalabilidad, al tener cada vez más equipos conectados, que minuto a minuto generan información que deberá ser almacenada y procesada para tomar decisiones más acertadas.

Cuando empezamos a explorar temas sociales relacionados con IoT, encontramos que la gran mayoría de las investigaciones están asociadas a la monetización de este tipo de soluciones, en las que se busca hacer un manejo adecuado de la información de cada usuario que se conecta a la red a través de sus equipos móviles, tales como celulares, computadores o tabletas. Guo y otros (2012) afirman que en este nuevo tipo de IoT, denominado IoT oportunista, la relación entre humano y máquinas claramente está ligado a una oportunidad de negocio; más aún, a una manera de identificar patrones de comportamiento de usuarios y humanos conectados. Sin embargo, los retos asociados a este tipo de estudios se enmarcan prácticamente en los mismos problemas evidenciados durante la fase de adopción de IoT, mencionados en el párrafo anterior.

El IoT se enmarca dentro de la nueva era digital de transformación en las empresas. En este sentido, Cedrola (2017) afirma: “La innovación digital ha generado a nivel mundial impacto tanto a nivel de los trabajadores como de los consumidores” (p. 4). Al realizar este tipo de cambios dentro de las empresas, siempre se esperará tener procesos más ágiles, disminución en los costos, nuevos productos y mayor competitividad, entre otros.

Por otro lado, de acuerdo con Cedrola (2017), existen casos de estudio donde se evidencia que la adopción de desarrollos tecnológicos genera la necesidad de nuevos conocimientos y de perfiles diferentes, lo cual da lugar a cierta contradicción al potencializar una destrucción mayor de empleo, a corto o mediano plazo, sobre aquellos perfiles operativos que pueden ser sustituidos fácilmente por equipos programables.

Según estudios realizados en 2016 por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal, 2016), se espera que entre el 2015 y el 2020 haya una pérdida de más de cinco millones de empleos en la región, a raíz de los cambios tecnológicos que actualmente están experimentando las empresas.

Con base en lo anterior se puede deducir que en los próximos años el desempleo será un problema aún más complejo de lo que es hoy en día y que la brecha entre las clases trabajadoras será aún más amplia, puesto que hoy en día existen trabajos que no son bien pagados, y que finalmente solventan necesidades básicas de muchas personas, por lo que alternativas como migrar a roles o trabajos disruptivos y creativos para blindar la automatización de procesos a raíz de la cuarta revolución será uno de los principales retos que tendrán las organizaciones.

5.6 Conceptos eficiencia

Según la literatura, podemos hacer un enlace entre la eficiencia y la mano de obra puesto que se mencionan conceptos como el aprendizaje individual, el cual es, según Jacobs y Chase (2014): “La mejora que se obtiene de que las personas repitan un proceso y adquieran habilidad o eficiencia en razón de su propia experiencia” (p. 101).

Cuando hablamos de eficiencia operativa y de una manera más analítica, según dichos autores se puede definir la eficiencia como la relación que existe entre la producción real de un proceso versus un parámetro determinado.

La eficiencia operativa busca la optimización en toda la cadena de valor durante el desarrollo de un bien o servicio. La idea principal de este concepto busca centrarse en los procesos que más le añaden valor al producto o servicio, tratando de eliminar aquellas tareas que no aporten ningún tipo de valor o que, por el contrario, incluso entorpezcan o retrasen parte de la cadena de valor.

En economía, la eficiencia se refiere a la optimización al asignar o distribuir los recursos. Un concepto que, de manera interesante, se mezcla con la capacidad laboral y la eficiencia, es el llamado salario de eficiencia, respecto al cual se sostiene que la productividad de los

empleados es directamente proporcional al nivel salarial. Desde mi punto de vista, no se deben confundir empleados eficientes con salarios eficientes, ya que son temas diferentes.

Según Case y otros (2012):

Las empresas pueden tener un incentivo para pagar salarios por arriba del salario al que la cantidad ofrecida de trabajo es igual a la cantidad demandada. En todos los salarios por arriba del equilibrio, habrá un exceso de oferta de mano de obra y, por lo tanto, desempleo. (p. 313).

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 MATERIALES

Para desarrollar el presente trabajo de investigación se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica de distintas fuentes asociadas al internet de las cosas, y se contó incluso con publicaciones de las empresas de telecomunicaciones más grandes e importantes en este tipo de soluciones, como son Vodafone y Telefónica. Adicionalmente, se revisaron análisis realizados por empresas de consultoría tales como Frost & Sullivan (2018), en los que se analizaron las principales tendencias del mercado a nivel global y local.

Por último, se envió un cuestionario a 13 empresas de Colombia que implementaron soluciones de IoT en el segmento corporativo y que contaban con implementaciones relevantes y de gran tamaño, lo que nos permitió reforzar parte de los conceptos y las hipótesis analizados en el desarrollo del presente documento. Las preguntas que se plantearon en el cuestionario pretendían evidenciar la percepción que dichas empresas tuvieron al implementar este tipo de soluciones, ver si obtuvieron mejoras en la productividad de sus procesos y, en especial, identificar la consciencia que pudieron tener con respecto al impacto social generado al automatizar algunos de sus procesos.

6.2 METODOLOGÍA

El método de investigación desarrollado en este trabajo consiste en el estudio de un caso exploratorio, eminentemente cualitativo, a través del desarrollo de un cuestionario dirigido a 13 empresas del segmento B2B de una de las principales compañías de telecomunicaciones en Colombia. Dicha empresa, con una participación de mercado superior al 60% en este tipo de soluciones, en 2018 fue reconocida por Frost & Sullivan (2018) como empresa referente en soluciones de IoT. El cuestionario fue dirigido a cada uno de los Gerentes de TI o de Negocio, que fueron los decisores de compra de estas 13 empresas, para obtener una visión completa y objetiva con respecto a las soluciones implementadas.

La perspectiva de la investigación es sincrónica, no histórica, ya que se centra en un período y un lugar específicos: Colombia, 2013-2018. En consecuencia, el alcance de la investigación es parcial. También es una investigación aplicada, puesto que se lleva a cabo una confrontación documental con estudios de caso puntuales en los que se pueda verificar el impacto de la teoría.

6.2.1 PROCEDIMIENTO

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en tres fases: la primera fase consistió en la construcción de un marco conceptual que enfatizaba en la comprensión de las categorías de análisis. La segunda fase fue la utilización de un instrumento para obtener la información, por medio de la elaboración de un cuestionario dirigido a 13 empresas del segmento B2B de una de las principales empresas de telecomunicaciones de Colombia, que en 2018 fue reconocida por Frost & Sullivan (2018) como una empresa referente en soluciones de IoT. Dichos cuestionarios fueron enviados a los Gerentes de TI o a decisores de compra de cada una de estas empresas analizadas, para tener un punto de vista objetivo, concreto y estratégico. Esto permitió identificar la percepción de los clientes frente al tema investigado, basados en una metodología de investigación cualitativa, de tipo descriptivo, con un método de estudio de casos. Las 13 empresas seleccionadas concentran las soluciones que revisten mayor complejidad, por el tipo de solución y diseño de las mismas, puesto que fueron implementaciones no estándar que daban soluciones a

problemas particulares de cada empresa y que, además, representan el mayor volumen de ingresos a nivel de facturación, con una participación superior al 50% de los ingresos de esta línea de negocio, en cuanto a conectividad M2M se refiere. La tercera fase consistió en el análisis del cuestionario, particularizando las semejanzas y diferencias encontradas en cada uno de ellos con respecto a los efectos observados.

6.2.2 TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En primer lugar, revisión documental de las teorías, enfoques y modelos que sustentan la implementación de soluciones de IoT.

En segundo lugar, un cuestionario dirigido a 13 empresas del segmento B2B de una de las principales empresas de telecomunicaciones en Colombia, reconocida en 2018 por Frost & Sullivan (2018) como empresa referente en soluciones de IoT. Este cuestionario está centrado en los actores de la cadena de valor implicados directa o indirectamente en la implementación de la solución. Esto con el fin de tener acceso a los datos objetivos relativos de cada empresa revisada.

Las 13 empresas seleccionadas concentran las soluciones que revisten mayor complejidad, por el tipo de solución y de diseño de las mismas, puesto que fueron implementaciones no estándar que daban soluciones a problemas particulares de cada empresa. Si bien es cierto que el volumen de los dispositivos implementados para soluciones de IoT se concentra en implementaciones de seguimiento vehicular, estas 13 empresas representan el mayor volumen de ingresos a nivel de facturación, con una participación superior al 50% de los mismos en esta línea de negocios, en cuanto a conectividad M2M se refiere.

7 DESARROLLO DEL PROYECTO

7.1 Entorno global

Durante la revisión documental, y a través de la investigación de diferentes fuentes de información, se logró identificar dos grupos de interés para las diferentes soluciones de IoT:

1) *Proveedores de soluciones de IoT (específicamente operadores de telecomunicaciones)*: están enfocados en buscar oportunidades de negocio y en modificar sus estrategias empresariales para aprovechar de la mejor forma el desarrollo tecnológico que está dándose alrededor de la industria 4.0, y de la tecnología derivada del internet de las cosas. Se podría decir que están observando el crecimiento del mercado, desarrollando alianzas con gigantes de la industria de servicios en la nube, tales como Amazon Web Services (AWS), Microsoft o el mismo Google. A pesar de que gran parte de los ingresos de estos operadores de telecomunicaciones se apalancan en los servicios de conectividad, buscan alternativas para desarrollar nuevos modelos de negocio que le generen mayor valor a los clientes finales y que, por ende, dichos clientes estén dispuestos a pagar un precio más alto por el valor percibido de sus productos o servicios.

Se podría decir que en la actualidad los grandes operadores de telecomunicaciones se encuentran definiendo estrategias para competir no solo entre sí, o con los grandes proveedores de plataformas, sino con otros actores más pequeños, como los llamados operadores virtuales, los cuales están ganando cada vez más cuota de mercado puesto que su modelo de negocio se apalanca sobre infraestructuras de red ya desplegadas por los mismos operadores de telecomunicaciones.

2) *Empresas que adoptan estas soluciones*: dependiendo del nivel de madurez en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías, podemos clasificar los clientes según su nivel de inversión y de la relevancia dada para las soluciones de IoT dentro de su cadena de valor.

De acuerdo con el informe *Vodafone IoT Barometer 2019* (Vodafone, 2019), el índice de sofisticación clasifica a las empresas en cinco bandas, según su estrategia y su nivel de adopción de las soluciones de IoT, que se describen a continuación.

Banda A: la más sofisticada

Muy alta experiencia y muy alta implementación. Tienen múltiples proyectos a gran escala que están profundamente integrados en el negocio en general. La mayoría ve a IoT como una misión crítica y utilizan analítica para la toma de decisiones.

Banda B: muy sofisticada

Alta experiencia y alta implementación. Han incorporado IoT en su negocio más amplio y lo consideran de misión crítica. También es muy probable que utilicen IoT junto con analítica para respaldar la toma de decisiones. Es probable que hayan aumentado su inversión en los últimos 12 meses.

Banda C: nivel intermedio

La mayoría de las empresas de esta banda tienen implementado al menos un proyecto de IoT a gran escala. Muchos tienen más de uno, pero aún están enfocados en lograr un solo objetivo.

Banda D: principiantes

Esta banda incluye compañías que estén comenzando a implementar soluciones de IoT o que estén haciendo planes para adoptarlas en los próximos dos años. Algunas tienen una prueba piloto o de pequeña escala, pero no han desarrollado IoT completamente ni lo han integrado con los sistemas empresariales centrales.

Banda E: indecisos

Aún no han adoptado soluciones de IoT. La mayoría lo están considerando, pero no tienen planes definidos para implementar dichas soluciones en los próximos dos años.

De acuerdo con la información analizada por Vodafone (2019) se pudo evidenciar una relación directa entre el ROI y el indicador de sofisticación (estrategia versus Implementación); es decir, a mayor sofisticación, mayor incremento en el ROI (figura 6).

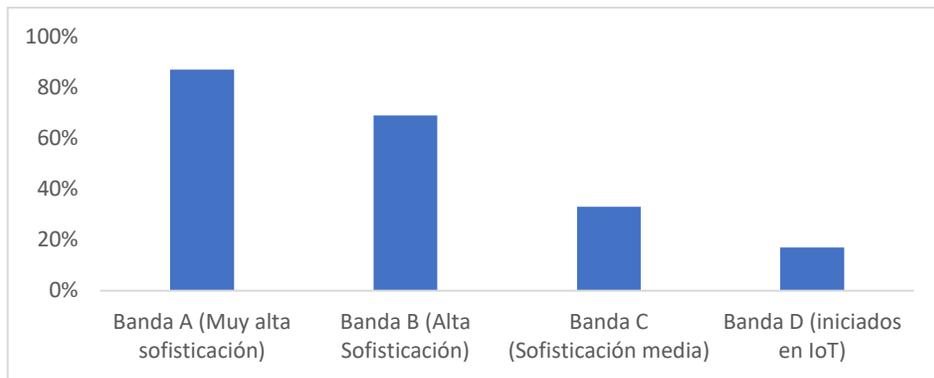


Figura 6. Empresas que indican beneficios en su ROI versus nivel de sofisticación

Fuente: Vodaphone (2019).

También se evidenció un incremento en la productividad de las empresas, ya que mostraron reducción de costos e incremento en ingresos (tabla 1).

Tabla 1. Optimización de costos debido a IoT

Optimización de costos debido a IoT	Banda A	Banda D	General
Reducción de costos operativos	71%	38%	53%
Reducción de costos	26%	13%	18%
Incremento en ingresos			19%

Fuente: Vodaphone (2019).

En la figura 7 podemos evidenciar la valoración dada por las empresas que adoptan soluciones de IoT, teniendo en cuenta la integración con la cadena de valor y la criticidad en sus procesos.

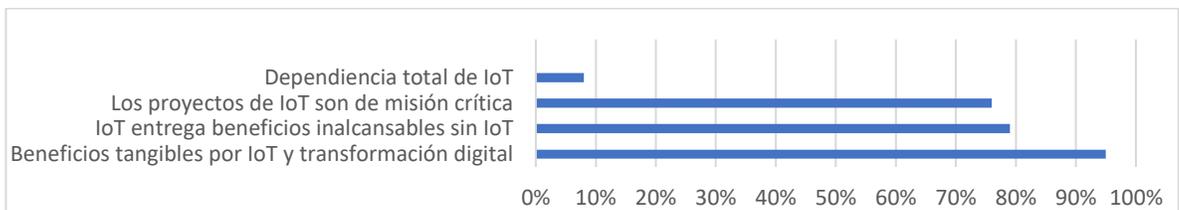


Figura 7. Valoración de soluciones de IoT por parte de las empresas

Fuente: Vodaphone (2019).

Las empresas que han adoptado este tipo de soluciones han reportado una amplia gama de beneficios adicionales, como se muestra a continuación en la figura 8.



Figura 8. Beneficios reportados por implementación de soluciones de IoT

Fuente: Vodaphone (2019).

En cuanto a la adopción de soluciones de IoT y a la sofisticación de las empresas, en América se evidencia un mayor número de empresas que han adoptado soluciones de IoT, así como un mayor número de empresas en las bandas A y B (figura 9).

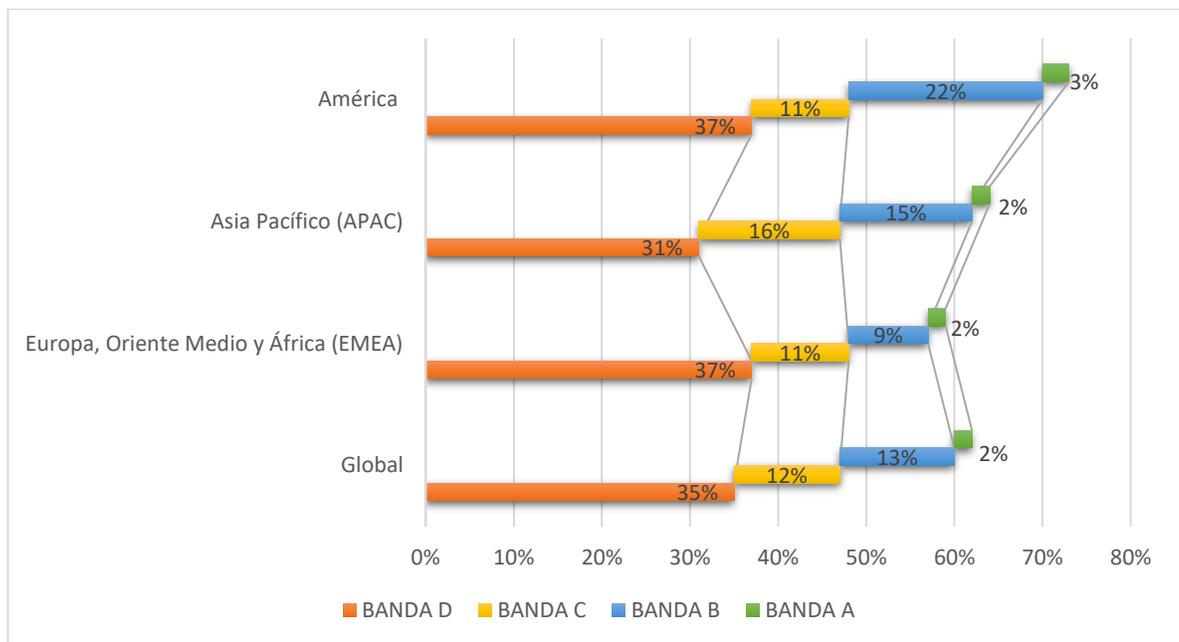


Figura 9. Distribución de adoptantes de IoT por región

Fuente: Vodaphone (2019).

El impacto económico estimado para el 2025 que puede esperarse de las soluciones de IoT se estima en más de 6 trillones de dólares (Manyika y otros, 2013), en diferentes tipos de aplicaciones que van desde el cuidado de la salud hasta aplicaciones en agricultura (tabla 2).

Tabla 2. Impactos potenciales del IoT para 2025

Aplicaciones	Impacto económico anual estimado para 2025	Oportunidad potencial estimada para 2025	Resultado estimado para 2025	Productividad potencial para 2025
Cuidado de la salud	1,1 a 2,3 trillones de USD.	15,5 trillones de USD en costos asociados a tratamiento de enfermedades crónicas. 400 billones de USD en costos por drogas no formuladas, 40% rastreables con sensores. 50 millones de enfermeras para monitoreo de pacientes (30 USD la hora en países desarrollados, y 15 USD la hora en países en desarrollo).	70% a 80% de penetración móvil en pacientes que pueden pagar tratamientos médicos. Rastreo de drogas no formuladas (50% a 80% en países desarrollados y 20% a 50% en países en desarrollo). Monitoreo de pacientes (75% a 100% en países desarrollados y 0% a 50% en países en desarrollo).	Reducción en costos de un 10% a 20% en el tratamiento de enfermedades crónicas a través del monitoreo remoto. Reducción en drogas no formuladas de un 80% a 100%. Optimización de media hora a una hora al día en las actividades de enfermería.
Manufactura	0,9 a 2,3 trillones de USD.	47 trillones de USD en costos operativos de manufactura.	80% a 100% de toda la manufactura.	Ahorros entre un 2,5% y un 5% en los costos de operación.
Electricidad	0,2 a 0,5 trillones.	Consumo de electricidad global de 27.000 a 31.000 TWh. 200 billones de USD en gastos asociados a líneas de transmisión. 300 billones de minutos asociados a interrupciones eléctricas.	25% a 50% de los usuarios podrán adoptar mecanismos para gestionar su consumo energético. 25% a 50% de los sistemas eléctricos podrán ser monitoreados a través de sensores. 50% a 100% de los contadores eléctricos estarán automatizados.	Reducción entre un 2% y un 4% en los picos de demanda en la red eléctrica. Reducción de la carga total energética en la red eléctrica. Ahorros en mantenimiento y operación. Menores interrupciones de energía a través de los medidores automatizados.
Infraestructura urbana	0,1 a 0,3 trillones de USD.	200 a 300 horas en tiempo de desplazamiento urbano por trabajador.	40% a 70% de la población urbana viviendo en ciudades con infraestructura inteligente.	Reducción entre un 10% y un 20% en el tiempo de desplazamiento a través de control y gestión del tráfico.

Aplicaciones	Impacto económico anual estimado para 2025	Oportunidad potencial estimada para 2025	Resultado estimado para 2025	Productividad potencial para 2025
		200 billones de USD gastados en agua. Costos por 375 billones de USD en el manejo de desperdicios.	50% a 70% de las regiones urbanas adoptando infraestructura inteligente para el consumo de agua y el manejo de desperdicios.	Reducción entre un 10% y un 20% en consumo y fugas de agua gracias a sensores inteligentes. Reducción entre un 10% y un 20% en los costos asociados al manejo de desperdicios.
Seguridad	0,1 a 0,2 trillones de USD.	Costos de 6 trillones de USD asociados al crimen.	Adopción de vigilancia avanzada por países responsables del 50% al 70% del PIB mundial.	Reducción del crimen entre un 4% y un 5% a través de vigilancia mejorada y avanzada.
Minería	0,1 a 0,2 trillones de USD.	3,7 trillones de USD asociados a costos de operación.	De un 80% a un 100% de todos los recursos asociados a extracción de minerales.	De un 5% a un 10% de ahorros asociados a la mejora en la productividad.
Vehículos	0,1 trillones de USD.	630 billones de UDS en seguros de vehículos.	De un 10% a un 30% de los vehículos asegurados equipados con sensores.	25% de reducción en costos asociados a accidentes o daños de vehículos gracias a sistemas inteligentes de seguridad y anticolisión.
<i>Retail</i>	0,02 a 0,1 trillones de USD.	200 billones de USD en pérdidas asociadas a la falta de inventario.	De un 30% a un 80% del sector <i>retail</i> adoptando procesos inteligentes de logística.	Incremento entre un 1,5% y un 2% en las ventas.
Agricultura	0,05 trillones de USD.	1,2 a 1,3 trillones de USD asociados a la producción agrícola.	De un 20% a un 40% de adopción de sistemas avanzados de riego y cultivo.	Incremento entre un 10% y un 20% de la producción.

Fuente: McKinsey Global Institute Analysis (Manyika y otros, 2013).

El internet de las cosas tiene un gran potencial a futuro; sin embargo, existen varios temas que deben ser analizados y tratados para garantizar una utilización masiva de este tipo de soluciones (Manyika y otros, 2013). Situaciones que van desde lo económico y lo técnico hasta lo regulatorio. Incluso para las empresas que brindan este tipo de soluciones, uno de los retos es lograr que sus clientes vean el valor agregado que tienen este tipo de soluciones de cara a su negocio y, en especial, de brindarles un mejor conocimiento de sus clientes, lo que al final conlleve a una mejor experiencia de esos clientes.

En cuanto a los proveedores de servicios y soluciones de IoT, tendrá una gran relevancia la capacidad de análisis y procesamiento de información a través de herramientas que permitan tratar una gran cantidad de información de manera analítica y cuantitativa, y que permita la toma de decisiones en tiempo real. En cuanto a las empresas que adopten este tipo de soluciones, triunfarán aquellas que logren obtener mejoras operacionales que puedan ser traducidas en beneficio de sus clientes finales, al brindarles una experiencia diferencial. No obstante lo anterior, las empresas que adopten estas soluciones tendrán que asumir los retos tecnológicos y organizacionales que conllevan este tipo de cambios al interior de cada una las compañías.

De acuerdo con Manyika y otros (2013):

Pocas organizaciones están listas para lidiar con esta enorme cantidad de información y tienen el personal idóneo para hacerlo. Tener acceso al talento que permita gestionar soluciones de IoT y educar a los ejecutivos de la compañía en todos los niveles deberá ser una de las principales prioridades a tener en cuenta. (p 60).

El bienestar de los empleados puede verse afectado, ya sea de forma positiva o negativa, debido a la inclusión de la tecnológica IoT en el trabajo. Cuando hablamos de los impactos positivos, podemos evidenciar beneficios en cuanto a seguridad física en tareas peligrosas, o a la disminución de la carga física en tareas repetitivas, a la disminución del error humano o a mejorar la comunicación en tiempo real tanto del rendimiento de la producción como del estado de las máquinas, para realizar mantenimientos predictivos y reducir incidentes que afecten ya sea la salud, el desempeño de los empleados o la productividad de la empresa.

Cuando hablamos de afectación negativa, también podemos evidenciar el reemplazo de personal por procesos automáticos, que pueden realizar alguna tarea 24 horas x 7 días x 365 días al año, sin necesidad de descansos ni de vacaciones, permisos o licencias de maternidad.

Este impacto acumulado en la industria puede llevar a un desequilibrio en los indicadores de empleo de cada país, sobre todo aquellos países en vía de desarrollo, y en sus políticas públicas en cuanto a educación, productividad, competitividad y adopción de tecnología, y a tratados comerciales que los ponen en desventaja frente a países con altos indicadores de productividad. Esto último por cuanto el desplazamiento de la mano de obra como consecuencia de la nueva revolución tecnológica está directamente relacionado con la transición hacia nuevos procesos de interacción con la tecnología, por lo cual se deben definir políticas y estrategias empresariales que permitan hacerles frente a estos nuevos desafíos.

7.2 El entorno colombiano

De acuerdo con Frost y Sullivan (2019), cuando revisamos la cadena de valor de IoT en Colombia evidenciamos que el *hardware* y la conectividad están en una etapa madura; sin embargo, las plataformas de servicios, así como las empresas que puedan integrar este tipo de sistemas, aún se encuentran en una fase menor de desarrollo.

Las principales palancas que impulsarán el desarrollo de IoT en Colombia están asociadas a la implementación de soluciones de redes móviles de quinta generación (5G) para el año 2022, las cuales tendrán capacidades y velocidades 10 veces superiores a las de las actuales redes de 4G, y con tiempos de respuesta muy bajos; es decir, una menor latencia, que actualmente es uno de los principales puntos de mejora en las redes móviles, en especial para soluciones de IoT que requieran procesamiento de información en tiempo real. Además, tendremos el desarrollo y posicionamiento del direccionamiento del protocolo de internet (IP, por sus siglas en inglés *Internet Protocol*) versión 6 (IPV6), el cual permitirá realizar asignaciones de direccionamiento IP fijo para cierto tipo de aplicaciones donde hoy nos encontramos con restricciones ante la escasez de direccionamiento IPV4.

Adicionalmente se estima que el costo de los sensores disminuya en una tasa promedio anual del 5%, lo cual conllevaría a que el costo de un sensor para el 2020 esté alrededor de los 20 centavos de dólar. Por último, se estima un crecimiento en el interés de la industria respecto a este tipo de soluciones, para brindar alternativas que permitan crear procesos más eficientes de cara a la experiencia del consumidor final y, por ende, reflejar dicho impacto en una experiencia diferencial y memorable en los clientes, que al final redundará en una mayor fidelización y en mayores ingresos.

Al validar el nivel de madurez y el potencial del mercado de IoT esperado en Colombia para los próximos años (2018-2022), nos encontramos que en Colombia el sector que actualmente tiene el mayor nivel de madurez es el de transporte, con una participación actual de ingresos del 24% y con un crecimiento potencial de un 20% para los próximos tres años. A esto se suma el que el sector de transporte en Colombia, se podría decir, puede ser uno de los más desarrollados de Latinoamérica, y el primero en haber introducido esta tecnología, hace ya más de una década, con una flota de más de 300.000 vehículos conectados a internet. Incluso se estima que para el año 2023 existan más de 800.000 carros conectados.

El segundo sector en madurez en el mercado de IoT en Colombia es el de la industria inteligente, el cual representa un 23% de los ingresos de IoT en el país. Como dato interesante, en el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés *World Economic Forum*) llevado a cabo en Suiza en 2018 (WEF, 2019) Medellín fue elegida como la sede principal en Latinoamérica para el desarrollo de la industria 4.0, lugar de honor que comparte con otros cuatro centros de investigación y desarrollo de la industria 4.0 a nivel mundial, situados en China, India, Japón y Estados Unidos.

Si bien es cierto que cuando hablamos del sector energético del país nos referimos a empresas de gas, petróleo y energía, las empresas del sector energético serán las que tendrán un mayor desarrollo durante los próximos cuatro años, con un crecimiento esperado del 24%, donde los proyectos de inversión estarán enfocados a dar soluciones de medidores inteligentes y generación distribuida de energía.

De igual manera, los sectores de agricultura y del cuidado de la salud tienen un nivel menor de madurez, que representan menos de un 10% de los ingresos actuales de IoT para el caso de agricultura, y tan solo un 2% para el del cuidado de la salud; sin embargo, se estima que estos dos sectores tienen el mayor potencial de crecimiento, con un 26% para los próximos cuatro años.

Para el desarrollo de estos dos últimos sectores se han desarrollado iniciativas tales como centros de innovación incentivados por el gobierno y por sectores privados. Es el caso del Centro de Innovación y Negocios en Medellín (Ruta N), impulsado por la Alcaldía local, por UNE y por EPM. Este centro de innovación y emprendimiento que se ha instaurado en Medellín será vital para desarrollar plataformas y soluciones IoT que permitan apalancar investigaciones y desarrollos encaminados a potencializar principalmente el sector del cuidado de la salud en Colombia (Frost & Sullivan, 2019).

De acuerdo con Frost y Sullivan (2019), el mercado potencial de ingresos de IoT en Colombia crecerá a una tasa promedio ponderada del 21% durante los próximos cuatro años, hasta alcanzar ingresos superiores a los 500 millones de dólares (figuras 10 y 11).



Figura 10. Madurez y potencial de crecimiento de IoT por sector
Fuente: Frost y Sullivan (2019).

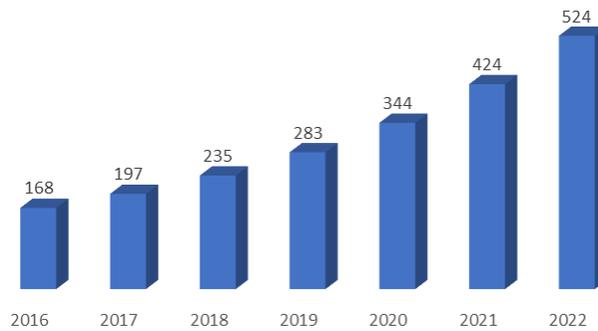


Figura 11. Proyección de ingresos IoT en Colombia (USD)

Fuente: Frost y Sullivan (2019).

Este crecimiento se apalanca básicamente en cuatro pilares:

- 1) Incremento en la productividad de las empresas, puesto que al tener información relevante en tiempo real les permitirá tomar mejores decisiones.
- 2) Mejor cobertura y conectividad, a medida que las redes de telecomunicaciones se vayan expandiendo y nuevas tecnologías se posicionen en el mercado para brindar una conexión segura y adecuada que permita potenciar este ecosistema.
- 3) Computación en la nube, ya que al brindar esquemas de solución de pago por uso permitirán la reducción en costos de almacenamiento y procesamiento de información.
- 4) Análisis de la información recolectada, lo cual al final se convierte en la principal palanca para la toma de decisiones estratégicas que permitan un mayor desarrollo y sostenibilidad de los negocios.

Actualmente, la participación de ingresos de IoT está concentrada en *hardware* y en servicios; sin embargo, en los próximos años se podría decir que la participación del *hardware* irá disminuyendo como consecuencia del abaratamiento de los elementos electrónicos, y la proporción de ingresos será mayor en *software* y en servicios, por lo cual el beneficio será tanto para clientes como para empresas prestadoras de estos servicios, siempre y cuando estas últimas logren posicionarse como integradoras de soluciones extremo a extremo, para lograr mayor beneficio y eficiencia en toda la cadena de valor (figura 12).

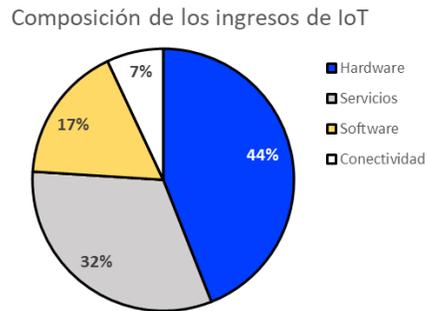


Figura 12. Distribución de ingresos IoT
Fuente: Frost y Sullivan (2019).

Análisis del cuestionario

El cuestionario de 10 preguntas fue dirigido a 13 empresas del segmento B2B en Colombia. En especial, a empresas del sector de industria y comercio cuyas soluciones e implementaciones de IoT fueron las más representativas durante los últimos años para una de las empresas de telecomunicaciones más relevantes del país, que es referente en las soluciones de IoT a nivel mundial.

A continuación, en las figuras 13 a la 22 se presentan las preguntas y los resultados de las respectivas respuestas.

1) ¿Hace cuánto decidieron implementar soluciones de IoT (Internet de las cosas/M2M)?

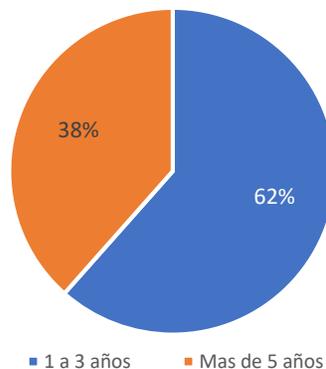


Figura 13. Hace cuánto decidieron implementar soluciones de IoT

2) *¿Por qué decidieron implementar soluciones de IoT (Internet de las cosas/M2M)?*

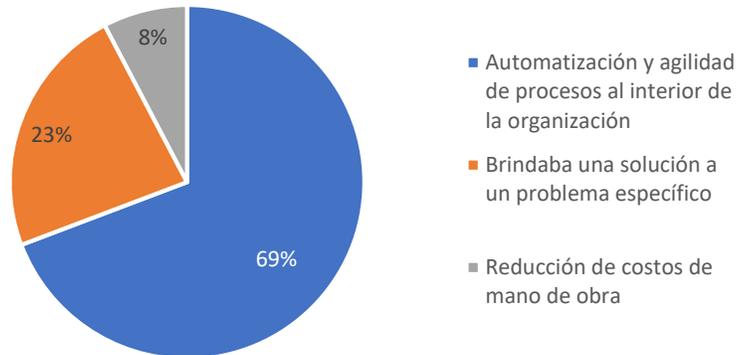


Figura 14. Por qué decidieron implementar soluciones de IoT

3) *¿Cuando decidieron implementar esta tecnología, hubo algún tipo de resistencia al interior de la compañía por algún aspecto negativo en particular?*

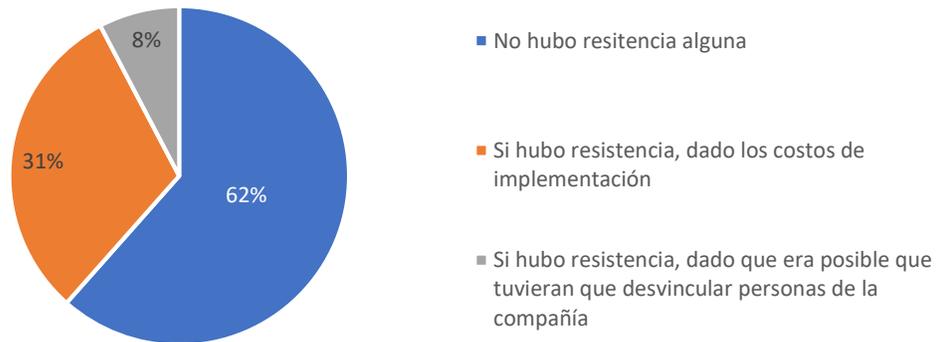


Figura 15. Tipo de resistencia al interior de la compañía

4) *¿Antes de implementar esta solución, consultaron con otro tipo de empresas que tuvieran implementadas soluciones de IoT para tener un punto de referencia?*

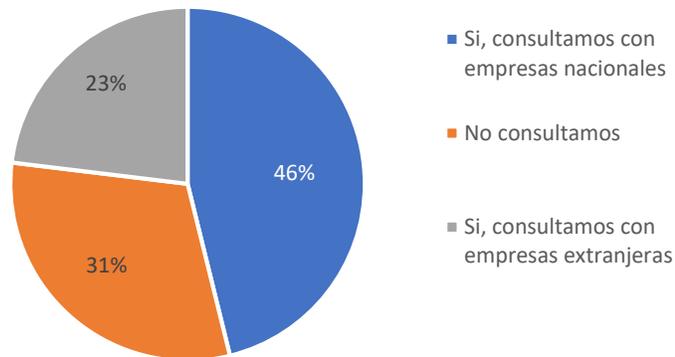


Figura 16. Punto de referencia para toma de decisiones

5) *¿Cuáles han sido los mayores beneficios encontrados a partir de la implementación de estas soluciones en su Empresa?*

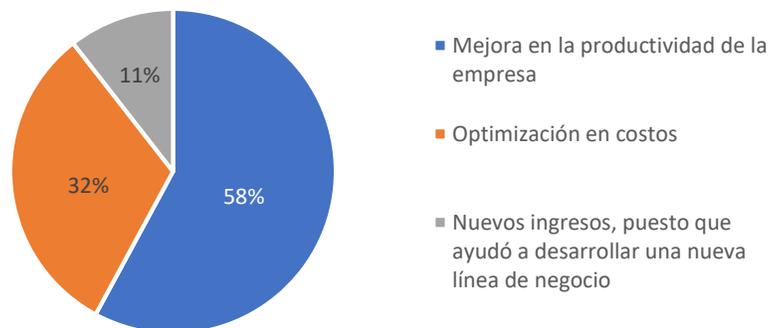


Figura 17. Mayores beneficios encontrados al implementar la solución

6) *¿Han podido determinar el impacto a nivel financiero o de ahorros que ha producido la solución implementada?*

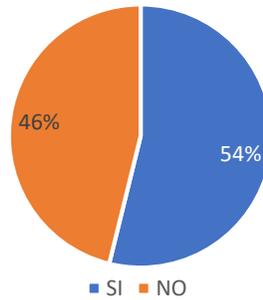


Figura 18. Han podido determinar el impacto financiero o de ahorros?

7) *A raíz de la solución que ha sido implementada, ¿ha considerado adoptar más soluciones de este tipo dentro de su empresa?*

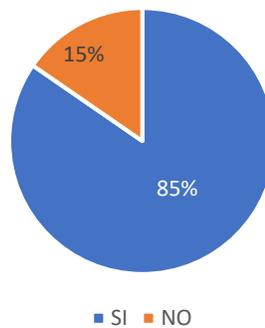


Figura 19. Han considerado adoptar más soluciones de este tipo?

8) *¿Ha encontrado eficiencias en mano de obra al implementar este tipo de soluciones?*

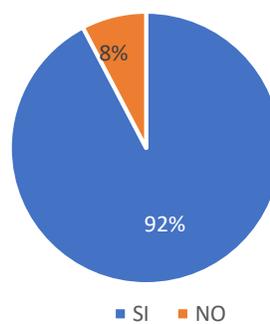


Figura 20. Ha encontrado eficiencias en mano de obra?

9) ¿Si la respuesta a la anterior pregunta fue positiva, consideraron las siguientes alternativas?

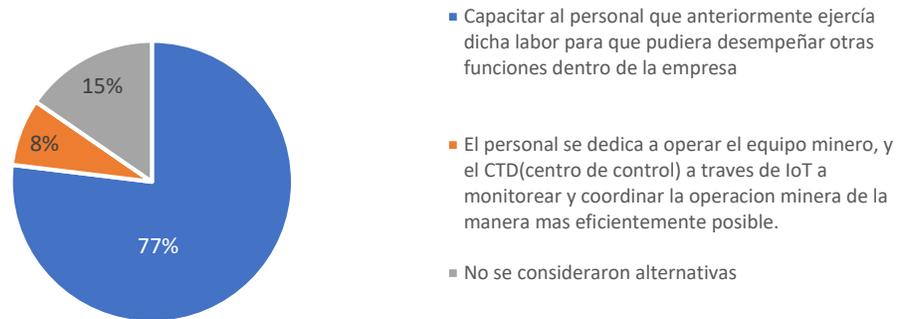


Figura 21. Alternativas consideradas

10) ¿Desde su punto de vista, cuáles considera que fueron los mayores retos encontrados al implementar este tipo de soluciones?

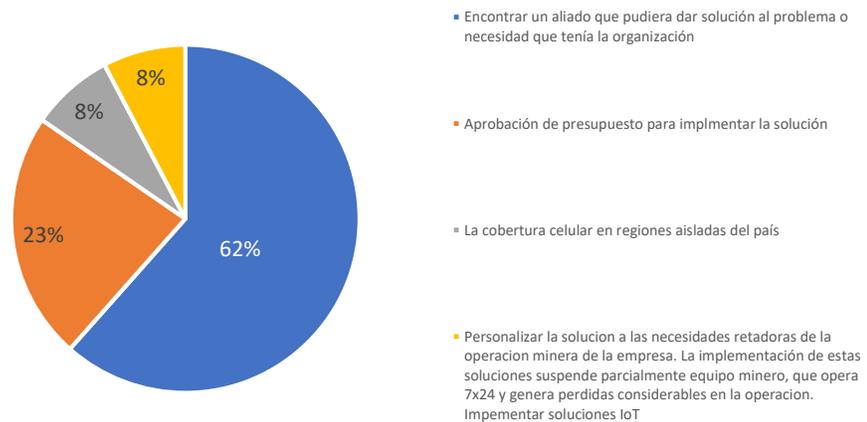


Figura 22. Mayores retos encontrados al implementar estas soluciones

8 CONCLUSIONES

Según la información analizada, existe una clara tendencia de crecimiento del mercado, y la necesidad de definir una estrategia que abarque soluciones especializadas de IoT; sin embargo, las empresas que adoptan este tipo de soluciones no mencionan un impacto en la generación de empleo. Los impactos están asociados a productividad operativa y retorno sobre la inversión.

Las empresas con un mayor nivel de adopción de soluciones de IoT evidencian mayores reducciones en costos operativos y mayores incrementos en la productividad de sus organizaciones, donde el retorno de la inversión (ROI) es directamente proporcional al indicador de sofisticación; es decir, a mayor sofisticación, mayor incremento en el ROI.

Al revisar el entorno global en cuanto a la implementación de soluciones de IoT, América está por encima de la media, aventajando en más de un 13% a regiones tales como Europa, con respecto a empresas con nivel de sofisticación alto, apalancado en gran parte por Estados Unidos y Canadá; sin embargo, Colombia es un referente a nivel latinoamericano, al lograr establecer a Medellín como una de las cinco ciudades líderes a nivel mundial para el desarrollo de la industria 4.0.

Si bien es cierto que existe una tendencia clara y marcada en cuanto a la desaparición de empleos por el desarrollo de la industria 4.0 y por la automatización de procesos industriales, las soluciones de IoT marcan puntos de mejora a nivel de productividad y reducción de costos operativos al interior de las empresas, puesto que básicamente se concentran en recolectar información para la toma de decisiones estratégicas.

La automatización y robotización de procesos serán los mayores generadores de desempleo a nivel mundial, puesto que la rapidez con la que actualmente están evolucionando las empresas y el entorno hacen que la tasa de nuevos roles y empleos creados a partir de nuevas tecnologías sea inferior a la tasa de destrucción de empleos que se genera a raíz de este cambio.

Colombia tendrá un mercado potencial de más de 500 millones de dólares en soluciones de IoT durante los próximos cuatro años, donde los sectores de agricultura y cuidado de la salud contarán con los mayores potenciales de crecimiento, estimados en un 26%.

Las soluciones de IoT enfrentan también obstáculos debido a las preocupaciones que existen en relación con el tratamiento de los datos recolectados, así como con la privacidad de los mismos. Esto debería llevar a que tanto los diferentes sectores de la industria como las empresas de telecomunicaciones y los reguladores sienten posiciones y definan políticas y estrategias acerca de cómo manejar, custodiar y tratar este tipo de información recolectada por millones de sensores conectados a internet, para garantizar un uso adecuado de los datos, para agregarles así valor a las empresas que adopten este tipo de soluciones que garanticen la privacidad de las personas.

La razón principal por la cual las empresas deciden implementar soluciones de IoT está asociada a la automatización y a la agilidad en los procesos al interior de las organizaciones; sin embargo, llama la atención cómo la reducción en costos de mano de obra no fue tan relevante, con tan solo un 8%, dentro de los clientes analizados.

El 61,5% de los clientes analizados afirmó no haber tenido resistencia alguna al interior de la compañía para implementar soluciones de IoT, lo cual confirma que el sector en Colombia está avanzando hacia este tipo de soluciones y es consciente de que es uno de los caminos que se deben seguir para incrementar la productividad en sus procesos. Adicionalmente, más de la mitad de los clientes afirmó haber determinado el impacto financiero posterior a la implementación de las respectivas soluciones de IoT.

Si bien es cierto que menos de un 10% de los clientes analizados afirmaron haber tenido resistencia al interior de la organización para implementar este tipo de soluciones a causa del posible impacto a nivel de mano de obra, más de un 90% de los clientes ratificó haber encontrado eficiencias en este aspecto luego de la implementación de estas soluciones. No obstante lo anterior, más de un 75% de dichos clientes afirmó considerar como alternativa a este problema la capacitación de los empleados para que desempeñaran otro tipo de funciones al interior de la misma organización.

9 RECOMENDACIONES

Para hallarle mayor valor y sentido a las soluciones de IoT, las empresas que ofrezcan este tipo de soluciones deberán proporcionarles a sus clientes las herramientas de análisis necesarias para que puedan estudiar la información recolectada, y así puedan predecir el comportamiento de sus consumidores y tomar decisiones estratégicas en cuanto al desarrollo de sus negocios.

Las empresas de telecomunicaciones que quieran incrementar la participación de sus ingresos en soluciones de IoT tendrán que desarrollar aplicaciones y servicios para evolucionar hacia soluciones extremo a extremo (E2E), ya que la conectividad solo representa un 7% de la participación de los ingresos asociados a este tipo de soluciones.

Cualquier empresa que quiera implementar este tipo de soluciones deberá considerar el impacto a nivel de mano de obra, por lo cual se recomienda desarrollar procesos de capacitación adecuados dirigidos al personal que pueda verse afectado. Esto, adicionalmente le permitirá a la compañía disminuir la posible resistencia al cambio al interior de la organización.

Si bien es cierto que cada día los clientes son más demandantes y conocedores de soluciones digitales, las empresas de telecomunicaciones deben capacitar a su fuerza comercial para realizar procesos de venta consultiva, que les permitan brindarle al cliente una solución hecha justo a su medida, con resultados muy concretos que le permitan ser la punta de lanza para futuros negocios en una relación donde ambos se vean beneficiados.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Nacional del Espectro – ANE (2018). *Definición de los parámetros técnicos para promover el internet de las cosas en Colombia*. Obtenido de https://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/newsletter/DEFINICION_PARAMETROS_TECNICOSIOT_InternetOfThings_COLOMBIA.pdf

- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Barba, A. (2000). Cambio organizacional y cambio en los paradigmas de la administración. *IZTAPALAPA*, 48, 11-34. <https://revistaiztapalapa.izt.uam.mx/index.php/izt/article/view/568>
- Case, K., Fair, R., y Oster, S. (2012). *Principios de Macroeconomía* (10ª. ed.). Pearson.
- Cedrola, G. (2017). El trabajo en la era digital: reflexiones sobre el impacto de la digitalización en el trabajo, la regulación laboral y las relaciones laborales. *Revista de Derecho de la Universidad de Montevideo*, 31, 103-123. <http://revistaderecho.um.edu.uy/wp-content/uploads/2017/09/CEDROLA-SPREMOLLA-Gerardo-El-trabajo-en-la-era-digital.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2016). *Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital. La situación de América Latina y el Caribe*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40530-ciencia-tecnologia-innovacion-la-economia-digital-la-situacion-america-latina>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – Dane (2012). *Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas. Revisión 4 adaptada para Colombia. CIIU Rev. 4 A.C.* <https://www.dane.gov.co/> https://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU_Rev4ac.pdf
- Departamento Nacional de Planeación – DNP (2018). *Colombia productiva y sostenible: un propósito de todos*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Colombia%20productiva%20Actualizaci%C3%B3n.pdf>
- Domingo, J., y Doménech, R. (2018). El futuro del trabajo: una visión general. Teoría y derecho. *Revista de Pensamiento Jurídico*, 23, 16-43.
- Estrategia Magazine (27 de abril, 2018). *Cadena de valor*. <https://www.estrategiamagazine.com/descargas/Cadena%20de%20Valor.pdf>
- Farhan, L., Shukur, S., Alissa, A., Alrweg, M., Raza, U., & Kharel, R. (2017). A survey on the challenges and opportunities of the internet of things IoT). *Eleventh International Conference on sensing Technology*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8304465/authors>

- Frost & Sullivan (21 de febrero, 2019). *Future IoT Growth opportunities in Colombia* [webinar]. <https://ww2.frost.com/event/calendar/future-iot-growth-opportunities-colombia/>
- González-Páramo, J. (5 de diciembre, 2017). *Cuarta revolución industrial, empleo y estado de bienestar*. Madrid: Real Academia de Ciencias Sociales y Políticas. pedronni.weebly.com/uploads/2/6/4/2/2642906/4_rev_ind_empleo..pdf
- Guo, B., Yu, Z., Zhou, X., & Zhang, D. (2012). Opportunistic IoT: Exploring the Social Side of the Internet of Things. *Proceedings of the 2012 IEEE 16th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*. DOI: 10.1109/CSCWD.2012.6221932
- Instituto Cuatrecasas de Estrategia Legal en RR. HH. (2018). El impacto del Internet de las Cosas en la organización del trabajo, en los Recursos Humanos y en el mercado de trabajo. *Capital Humano*, 31(327), 50-56.
- Jacobs, R., y Chase, R. (2013). *Administración de operaciones*. McGraw-Hill.
- Katz, R. (31 de marzo, 2018). *La digitalización: Una clave para el futuro crecimiento de la productividad en América Latina*. Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina (cet.la). <https://cet.la/estudios/cet-la/la-digitalizacion-una-clave-futuro-crecimiento-la-productividad-america-latina/>
- Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P., & Marrs, A. (2013). Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. *McKinsey*. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/disruptive-technologies>
- Salas, D. (2016). Revolución 4.0. *Ingeniería e Innovación*, 4(2), 5-6. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/issue/view/131>
- Taylor, F. (1969). *Principios de la administración científica* (11ª. ed.). México: Herrero Hermanos Sucesores.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones – UIT/ITU (2012). Descripción general de Internet de los objetos. *Recomendación UIT-T Y.2060*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-l/es>
- Vodafone (2019). *Vodafone IoT Barometer 2019. Your Innovations, our insights*. <https://www.vodafone.com/business/news-and-insights/white-paper/vodafone-iot-barometer-2019>

- Vongsingthong, S., & Smachat, S. (2014). Internet of Things: A review of applications and technologies. *Suranaree Journal of Science & Technology*, 21(4), 359-374.
<https://pdfs.semanticscholar.org/f118/447e4c4a5283833243dca78a1e9075b8ddde.pdf>
- World Economic Forum – WEF (2019). *Annual Report 2018–2019*.
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Annual_Report_18-19.pdf