

# **Estudio exploratorio: El rol de las tecnologías cognitivas en los Centros de Excelencia en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial**

**Andrés Jaramillo Sánchez**

**Universidad EAFIT**

**Escuela de Administración**

**Maestría en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento**

**Medellín**

**2019**

**Estudio exploratorio: El rol de las tecnologías cognitivas en los  
Centros de Excelencia en el contexto de la Cuarta Revolución  
Industrial**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de magíster en  
Gerencia de la Innovación y el Conocimiento

**Andrés Jaramillo Sánchez**

Directora: Mónica Henao Cálad, Ph. D., M. Sc.

**Universidad EAFIT  
Escuela de Administración  
Maestría en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento  
Medellín  
2019**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, agosto 17 de 2019

## **Agradecimientos**

Quisiera agradecer a mi familia, novia y amigos por su comprensión, al tener que dedicar más tiempo a esta investigación, y al apoyo brindado para terminarla de forma satisfactoria.

También quiero hacer una mención especial a la Universidad EAFIT por haberme dado la oportunidad de hacer esta maestría en condición de estudiante becado.

Finalmente, deseo agradecer por el acompañamiento durante la realización de este trabajo a:

la directora del trabajo de grado,  
profesora Mónica Henao Cálad, Ph. D., M. Sc.

Universidad EAFIT

Medellín

## Resumen

Al interior de las organizaciones se tienen diferentes áreas que se encargan de la creación de nuevos productos y servicios, de intercambiar las mejores prácticas existentes tanto en el interior como en el exterior de la organización y de incorporar nuevas tecnologías emergentes, con la finalidad de poder mantenerse vigentes y generar los resultados esperados en procura de garantizar la sostenibilidad. Pero en la actualidad existe un área que es capaz de reunir todas esas funciones en un solo lugar, esa área se conoce como los Centros de Excelencia. Estos centros serán el objeto de análisis de esta investigación bajo la modalidad de estudio exploratorio, debido a que hasta la fecha, en nuestro medio, se han realizado muy pocas investigaciones en las cuales se describan las principales definiciones, los diferentes tipos y las características esenciales con las que deben contar estos centros en el contexto actual de la Cuarta Revolución Industrial, donde se han potenciado una serie de tecnologías cognitivas que tienen la capacidad de hacer tareas que solo los humanos éramos capaces de hacer por tener incorporado un conocimiento previo. Este análisis se hizo en tres etapas: en las primeras dos se plasmaron de forma individual las principales definiciones, características y matices de los conceptos de Centros de Excelencia, Cuarta Revolución Industrial y las tecnologías cognitivas, finalizando con una tercera etapa donde se concluye con un análisis de las tecnologías cognitivas que deben incorporar estos centros, para poderse catalogar como Centros de Excelencia Cognitivos.

**Palabras claves:** Centro excelencia cognitivo, Cuarta Revolución Industrial, Tecnología cognitiva, Innovación, Organización.

## **Abstract**

Within the organizations, there are many different areas that are in charge of the development of new products and services. These areas are also constantly exchanging existing practices and knowledge not only within the organization but also outside of it. They are responsible of incorporating and integrating new technologies with the final purpose of keeping themselves up to date with the company and its goals while constantly generating results that guarantee sustainability.

Nowadays exists an area capable of gathering all these functions in one place, the Centers of Excellence. These Centers will be the target of analysis within this research under the modality of exploratory study. This is due to the fact that up to this date, in our industry, very few investigations exist that describe the main functions, different types and essential capabilities that these centers need to have in the context of the Fourth Industrial Revolution in which a series of cognitive technologies have been enhanced. These technologies have the capacity of performing tasks that only humans used to be able to do so due to previously acquired knowledge. This analysis was performed in three stages: In the first two, the main definitions, characteristics and tones for the main concepts of the Centers of Excellence, Fourth Industrial Revolution and cognitive technologies are explained individually. The last stage concludes with a depth analysis of the cognitive technologies that need to be incorporated in The Centers to achieve the categorization of Cognitive Centers of Excellence

**Key words:** Center cognitive excellence, Fourth Industrial Revolution, Cognitive Technology, Innovation, Organization.

## Contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Acercamiento a los Centros de Excelencia Cognitivos en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Centros de Excelencia.....</b>	<b>15</b>
1.1.1. Origen de los Centros de Excelencia .....	15
1.1.2. Definición de los Centros de Excelencia .....	16
1.1.3. Características de los Centros de Excelencia .....	18
1.1.4. Tipos de Centros de Excelencia .....	27
1.1.5. Centros de Excelencia educativos .....	31
<b>1.2. Cuarta Revolución Industrial .....</b>	<b>36</b>
1.2.1. ¿Qué es la Cuarta Revolución Industrial? .....	36
1.2.2. Ejes temáticos Cuarta Revolución Industrial.....	38
1.2.3. Tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial.....	41
<b>1.3. Tecnologías Cognitivas.....</b>	<b>44</b>
1.3.1. Origen tecnologías cognitivas .....	44
1.3.2. ¿Qué son las tecnologías cognitivas? .....	45
1.3.3. ¿Cuáles son las principales tecnologías cognitivas? .....	46
<b>1.4. Centros de Excelencia y las Tecnologías Cognitivas.....</b>	<b>48</b>

<b>2. Aspectos metodológicos</b> .....	<b>53</b>
<b>2.1. Aspectos metodológicos para la construcción del estado del arte</b> ...	<b>53</b>
<b>2.2. Etapa identificación de conceptos</b> .....	<b>57</b>
<b>2.2.1. Fase exploratoria de conceptos</b> .....	<b>57</b>
<b>2.2.2. Fase de filtración de conceptos</b> .....	<b>58</b>
<b>2.2.3. Fase de profundización de conceptos</b> .....	<b>59</b>
<b>2.3. Etapa de caracterización y tipificación</b> .....	<b>60</b>
<b>2.3.1. Fase exploratoria de caracterización y tipificación</b> .....	<b>60</b>
<b>2.3.2. Fase de filtración de categorías y tipos</b> .....	<b>61</b>
<b>2.3.3. Fase de profundización de categorías y tipos</b> .....	<b>61</b>
<b>2.4. Etapa de combinación de conceptos</b> .....	<b>62</b>
<b>2.4.1. Fase exploratoria de combinación de conceptos</b> .....	<b>63</b>
<b>2.4.2. Fase filtración de combinación de conceptos</b> .....	<b>63</b>
<b>2.4.3. Fase de profundización de conceptos combinados</b> .....	<b>64</b>
<b>3. Estado del arte de Centros de Excelencia, Cuarta Revolución Industrial y Tecnologías Cognitivas</b> .....	<b>65</b>
<b>4. Conclusiones y trabajos futuros</b> .....	<b>74</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>79</b>

## Lista de ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Administrando el ciclo de vida del COE.....	24
<b>Ilustración 2.</b> Administración de personas en los COE .....	27
<b>Ilustración 3.</b> Estructura organizacional .....	35
<b>Ilustración 4.</b> Tópicos de la Cuarta Revolución Industrial.....	39
<b>Ilustración 5.</b> Revoluciones industriales y la interrelación tecnológica .....	42
<b>Ilustración 6.</b> Ciclo relacionamiento de tecnologías cognitivas.....	50
<b>Ilustración 7.</b> Metodología para el estudio exploratorio .....	55
<b>Ilustración 8.</b> Resultados de búsqueda inicial .....	66
<b>Ilustración 9.</b> Resultados búsqueda bibliográfica separada .....	67
<b>Ilustración 10.</b> Resultados búsqueda bibliográfica final.....	68
<b>Ilustración 11.</b> Año de publicación referencias bibliográficas seleccionadas .....	69
<b>Ilustración 12.</b> Año de publicación referencias bibliográficas de COE en Scopus® .....	69
<b>Ilustración 13.</b> Año publicación referencias bibliográficas de tecnologías cognitivas.....	70
<b>Ilustración 14.</b> Autores más representativos de referencias bibliográficas.....	71

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Definiciones Centro de Excelencia .....	16
<b>Tabla 2.</b> Comunidades de conocimiento en relación con las dimensiones del aprendizaje organizacional .....	22
<b>Tabla 3.</b> Características de tres tipos de Centros de Excelencia.....	28
<b>Tabla 4</b> Definiciones de Tecnologías Cognitiva.....	46
<b>Tabla 5</b> Comportamiento de un COE con TC.....	52
<b>Tabla 6.</b> Síntesis de resultados de metodología de búsqueda .....	56
<b>Tabla 7.</b> Principales autores por número de citas .....	71
<b>Tabla 8.</b> Distribución porcentual de los países de origen de la publicación de la referencia bibliográfica.....	73

## **Introducción**

En el contexto actual donde el proceso de globalización mundial ha llevado a que los países sean cada vez más interdependientes y a que los desarrollos tecnológicos de última generación estén disponibles para todo el mundo, en un corto lapso de tiempo, se ha vuelto vital que las organizaciones tengan áreas encargadas para desarrollar, incorporar y diseminar el uso de esos desarrollos tecnológicos de una forma eficaz y eficiente, con la finalidad de poder seguir siendo sostenibles; esa necesidad ha llevado a la creación de los Centros de Excelencia (COE) (Reger & Zafrane-Bravo, 2002), los cuales son una mezcla de gestión de conocimiento, apropiación y desarrollo de las últimas tecnologías disponibles, con la finalidad de generar innovación en un sector específico. Pero estos COE también han sido sujeto de evolución en pro de mantenerse vigentes y competentes, donde uno de esos cambios más significativos que se deben hacer es la incorporación de las tecnologías cognitivas (TC) debido a que son capaces de hacer tareas que solo los humanos éramos capaces de hacer por tener incorporado un conocimiento previo (Davenport & Dasgupta, 2019). Hay que destacar que estas TC se han potenciado a otro nivel con la Cuarta Revolución Industrial,

Es en el contexto recién mencionado donde esta investigación toma importancia y se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el rol de las tecnologías cognitivas en los Centros de Excelencia en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial? Para dar respuesta a esta pregunta se hizo un estudio que tuvo una connotación de exploratorio, porque se está profundizando en un tema poco estudiado desde una perspectiva innovadora, ayudando a identificar conceptos

promisarios, con la finalidad de preparar el terreno para estudios posteriores (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Con el propósito de poder dar respuesta a la pregunta de investigación de forma integral, se planteó caracterizar los Centros de Excelencia Cognitivos de la Cuarta Revolución Industrial de los principales países, como el objetivo general, y se formularon los siguientes objetivos específicos:

- Reconocer las tecnologías cognitivas necesarias para tener un Centro de Excelencia Cognitivo.
- Comprender la evolución que han tenido las oficinas de investigación y desarrollo para convertirse en los Centros de Excelencia.
- Establecer un análisis comparativo entre los diferentes Centros de Excelencia.
- Proponer las características necesarias con las que debe contar un Centro de Excelencia Cognitivo.

Considerando que la forma de dar respuesta a la pregunta y a los objetivos de investigación es un estudio exploratorio, se tuvo que diseñar una metodología para la búsqueda de los referentes bibliográficos, ya que no existe una receta que determine la mejor forma de llevar a cabo esta búsqueda. Debido a que en las primeras fases de exploración se utilizaron algoritmos de búsqueda que tenían los dos conceptos de forma conjunta, tales como “Center of Excellence AND Industrial Revolution”, “Center of Excellence AND Industry 4.0”, “Cognitive Center AND Industrial Revolution”, “Center of Excellence AND Cognitive Technologies”, “Center of Excellence NEAR Industrial Revolution”, en ocho bases de datos bibliográficas y los resultados fueron la obtención de solo 20 artículos con información relevante, había que plantear una estrategia de búsqueda diferente. Esta nueva metodología consistió en el planteamiento de tres etapas que tratarían los conceptos de COE, Cuarta Revolución Industrial y TC de la siguiente manera: dos etapas tales como la identificación de conceptos y la caracterización y tipificación de estas dos concepciones de forma separada y, finalmente, una etapa donde se combinarían

ambos objetos de investigación. De igual manera, en cada una de las etapas se llevaron a cabo tres diferentes fases que consistieron en la búsqueda exploratoria de referencias bibliográficas, siguiendo con una fase de filtración donde se establecieron diferentes criterios de selección, finalizando con una fase de profundización, en la que se hicieron los análisis de forma más minuciosa de las referencias bibliográficas seleccionadas previamente.

Bajo la luz de la metodología descrita anteriormente, se lograron determinar cuáles son las tendencias hacia las que se deben transformar los COE, a partir de los aportes académicos de los principales autores en la materia. De igual manera, se pudo determinar que potencias mundiales tales como: Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Italia y Canadá están haciendo una fuerte apuesta por este tipo de centros en pro de poder conservar su posición privilegiada de actores principales en temas de innovación. A partir de estos hallazgos se pudo determinar cuáles son las características que debe tener un Centro de Excelencia Cognitivo (COEC) en el marco de la Cuarta Revolución Industrial, generando un aporte de índole académico para futuras investigaciones que deseen abordar esta temática. Adicionalmente, toma una relevancia importante en el contexto local, una vez que el Foro Económico Mundial (WEF) decide dar apertura en abril del 2019 a un centro para la Cuarta Revolución Industrial en la ciudad de Medellín, Colombia, con un alcance de carácter global.

La secuencia que presenta este trabajo se da de la siguiente forma: a continuación de la introducción se explica el marco teórico, el cual contiene la definición, caracterización y tipificación de los COE, la Cuarta Revolución Industrial y las TC, seguido de la descripción de los aspectos metodológicos tenidos en cuenta para hacer esta investigación, continuando con la fase de análisis de resultados, para finalizar con las conclusiones y sugerencias a investigaciones posteriores.

## **1. Acercamiento a los Centros de Excelencia Cognitivos en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial**

Un estudio exploratorio “se emplea cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso” (Hernández et al., 2014, p. 91); es como adentrarse a un mundo desconocido, donde no se sabe con exactitud qué se va a encontrar (Balestrini Acuña, 2006). Por eso el propósito de este trabajo de grado es introducirse en el contexto de los COE y demostrar por qué empresas, entidades educativas y los gobiernos de las diferentes naciones, deben apropiarse de las tecnologías cognitivas e incorporarlas en su funcionamiento interno, si quieren mantenerse vigentes y a la vanguardia en este mundo globalizado y competitivo, siendo los COE uno de los mejores mecanismos para lograr este cometido.

Este capítulo empezará en la primera sección con una completa descripción de los COE, que incluye el origen, las principales definiciones de autores reconocidos en la materia, seguido de la caracterización y tipificación de estos centros, mediante análisis comparativos y, para finalizar esta primera sección, se describirán los COE en el ámbito educativo. A continuación, habrá una segunda sección donde se hará una detallada reseña de la Cuarta Revolución Industrial, de los ejes temáticos que giran en torno a esta revolución y de sus principales tecnologías habilitadoras que han llevado el desarrollo tecnológico a otro nivel. Luego en la tercera sección se hará una descripción del origen de las TC, que son y cuáles son las principales características. Finalmente, en la cuarta y última sección se hará una caracterización de la transformación que deben tener los COE en el marco de la Cuarta Revolución Industrial para que sean sostenibles en el contexto global actual,

donde el uso de las TC juega un papel preponderante como elementos habilitadores para mantenerse a la vanguardia.

Es de anotar, que en este trabajo los COE en el área de salud no serán analizados por tratarse de un concepto muy particular y específico, como lo afirma Farmer (2001) :“estos Centros se refieren a lugares que brindan soporte y atención médica a los pacientes con la más alta tecnología y avances médicos disponibles” (p. 208). Es decir, que son lugares que no necesariamente se encargan de desarrollar nuevas tecnologías o de generar nuevo conocimiento, sino de tener disponible en un solo lugar lo último en tratamientos médicos para la comunidad.

## **1.1. Centros de Excelencia**

Para poder comprender el funcionamiento de estos centros en el contexto actual, primero es esencial tener un entendimiento de forma integral de los COE, por eso la temática de esta sección será abordar el estudio de los mismos desde diferentes ópticas.

### **1.1.1. Origen de los Centros de Excelencia**

Los COE en las compañías multinacionales nacen en los años 60 cuando estas comenzaron a compartir intereses comunes en diferentes disciplinas académicas como la economía, las ciencias políticas, la sociología, la teoría de las organizaciones y la administración internacional (Reger & Zafrane-Bravo, 2002) y se necesitaba un lugar para dar salida a los diferentes retos que planteaba el mundo empresarial y dominar el mercado en cada una de sus áreas.

Según Walker y Christenson (2015), los COE surgen como una evolución de las oficinas de proyectos, ya que las organizaciones comenzaron a requerir

competencias muy avanzadas al interior de los equipos de trabajo y necesitaban que se generaran productos o servicios nuevos que apalancaran el crecimiento sostenible de las organizaciones. Para otros autores como Moore y Birkinshaw (1998), los COE nacen como una necesidad para poder satisfacer las demandas específicas del mercado que requerían un alto grado de competencias especializadas, que no se encuentran disponibles y, por ende, se deben desarrollar por la organización que quiera poseer esas competencias y así poder satisfacer las necesidades de los clientes externos e internos. Por eso la palabra excelencia, que en su definición significa que alguien o algo poseen características excelsas que rayan con la perfección, son las encargadas de denotar este tipo de centros (Forsgren, Johanson, & Sharma, 2000).

### 1.1.2. Definición de los Centros de Excelencia

Después de hacer una búsqueda detallada en bases de datos reconocidas y de identificar los autores más representativos en la materia, se presenta en la tabla 1 el siguiente compendio de las definiciones de un COE:

**Tabla 1.** Definiciones Centro de Excelencia

Definiciones Centro de Excelencia (COE)	
Autor	Definición
(Instruments, 1997)	Es una agrupación lógica de habilidades o disciplinas, enfocadas en el bienestar y desarrollo de las personas, permitiendo a los individuos aprender nuevas habilidades y compartir el conocimiento a lo largo de fronteras funcionales.
(Birkinshaw & Hood, 1998)	Es un área de experiencia reconocida por la corporación, y en la cual se apoyan otras partes de esta.

Definiciones Centro de Excelencia (COE)	
Autor	Definición
(Moore & Birkinshaw, 1998)	Es un pequeño grupo de individuos, reconocido por estar a la vanguardia, por poseer conocimiento estratégicamente valioso, y ser el área encargada de hacer disponible y diseminar el conocimiento a lo largo y ancho de toda la organización.
(Frost, Birkinshaw, & Ensign, 2002)	Es un conjunto de habilidades adquiridas por un área específica de la empresa y que ha sido reconocida de forma explícita por la empresa como una fuente importante para crear valor, con la intención de que esas habilidades sean compartidas al interior de la organización.
(Frost et al., 2002)	Es una concentración de excelencia en una multinacional y una fuente de excelencia para toda o gran parte de la organización, en su búsqueda permanente de obtener una excelencia generalizada.
(Frost et al., 2002)	Es un conjunto de actividades que son reconocidas por la organización por sus capacidades superiores, con la intención de que esas capacidades se puedan compartir y diseminar en toda la organización.
(Guido Reger, 2004)	Es una unidad especial de la organización con un conjunto de competencias superiores en investigación y tecnología, que pueden ser transferidas al resto de la organización; adicionalmente, esta unidad es reconocida de forma explícita como una fuente importante de creación de conocimiento.
(Ambos & Reitsperger, 2004)	Son los líderes corporativos encargados de crear o aumentar las capacidades de la empresa con la finalidad de asegurar la sostenibilidad de esta.

Definiciones Centro de Excelencia (COE)	
Autor	Definición
(Guido Reger, 2004)	Es un equipo que promueve la colaboración y el uso de las mejores prácticas alrededor de un área específica para generar nuevos productos o servicios valiosos para el cliente.
(Craig et al., 2009)	Es una organización de primer nivel que brinda un producto o servicio excepcional dentro de un campo específico de tecnología, para la empresa o gobierno, en consonancia con los requisitos y capacidades únicos de la organización COE.
(Sherman, 2015)	Es un lugar donde se reúnen individuos con habilidades e intereses únicos para aplicar los más altos estándares en la búsqueda de un tema particular.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Luego de tener el compendio de las principales definiciones de un COE a la luz de la academia, es bueno entender también que NO es un COE. “No se considera un COE si los servicios o productos que ofrecen se pueden comprar en el mercado, debido a que ese servicio o producto no representa ninguna ventaja competitiva para la compañía que tiene el centro” (Forsgren et al., 2000, p. 9).

### 1.1.3. Características de los Centros de Excelencia

- De acuerdo con el compendio de definiciones de la tabla 1, se evidencia que los COE son áreas formalmente establecidas con una finalidad específica donde se le asignan recursos tangibles tales como un espacio de trabajo presupuesto y, lo más importante, los recursos humanos. También se empiezan a vislumbrar diferentes categorías a partir de las diferentes definiciones más importantes de la academia, en las que por un lado se evidencian los COE que se dedican a desarrollar productos y servicios para estar a la vanguardia y, por otro, están los COE que se encargan de transferir

nuevo conocimiento en toda la organización, con la finalidad de aumentar las capacidades de cada uno de los individuos que trabajan en esta y, por ende, del colectivo al que se pertenece y, finalmente, los centros que permiten a la organización introducir un nuevo concepto en el negocio como, por ejemplo, la gestión de procesos de negocio (BPM) (Lyle & Zawacki, 1997). Pero lo que es claro es que, indiferente del tipo de COE, estos deben tener unas características mínimas:

Contar con un reconocimiento entre las áreas de la empresa por su capacidad de generar, incorporar y diseminar conocimiento. Es un lugar con individuos que destacan por sus altas capacidades y conocimientos del tema en específico en el que se enfoque el COE (Reger & Zafrane-Bravo, 2002).

Si bien estas características podrían ser atribuidas a otras áreas de la corporación como una oficina de proyectos, una comunidad de práctica o una comunidad de interés, hay habilidades más específicas con las que un COE debe contar. Por eso a continuación se examinarán las características necesarias y alternativas que se deben tener en cuenta para tener un COE.

- Características necesarias de los Centros de Excelencia:

En el interior de las organizaciones se encuentran una gran diversidad de áreas que están articuladas de diferente manera para la obtención de los resultados esperados. Como los COE son un área de la que se esperan obtener resultados sobresalientes, su conformación también lo debe ser. A continuación, se enuncia un listado de las características necesarias que deben tener los COE, planteadas por Walker y Christenson (2015):

- Dimensión estructural: es cuando está formalmente definido un espacio físico y una estructura organizacional donde se asignan responsabilidades en pro de conseguir un objetivo común (Walker & Christenson, 2015).

- Dimensión relacional: es la forma en que se relacionan los miembros de un equipo de trabajo. En esta dimensión se deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales para poder garantizar un adecuado relacionamiento. Esos aspectos son: la confianza que se da al saber que cada miembro del equipo cumple con sus obligaciones; también las normas explícitas e implícitas que marcan el devenir de un grupo de personas y finalmente el proceso de identificación donde cada miembro del equipo siente que pertenece a un grupo (Walker & Christenson, 2015). Estas características son el punto de partida para la conformación de un grupo de alto rendimiento que se basa en la reciprocidad y la confianza (Global, 2018).
  
- Dimensión cognitiva: en este aspecto se habla del bagaje cognitivo previo con el que debe contar cada uno de los integrantes del grupo para poder hacer parte de la comunidad en cuestión; esta dimensión tiene una gran importancia para los COE, dado que estos lugares deben contar con el personal más experto en el tema escogido por cada centro.
  
- Nivel de aprendizaje dominante: esta dimensión es el grado de difusión, socialización e integración del conocimiento que se tiene en el grupo. Que va desde un nivel donde solo se presenta conocimiento individual por parte de los miembros de la comunidad, pasando por un nivel intermedio de conocimiento grupal, hasta llegar al punto de tener un conocimiento organizacional elevado. Poder tener una comunidad con los tres niveles de aprendizaje dominante permitirá que haya una generación y transferencia de conocimiento mucho más elevada, incrementando el rendimiento del equipo y generando resultados de forma eficiente y eficaz.
  
- Grado de jerarquía: es la organización subordinante que se da al interior de cada comunidad, que dependiendo del grado de formalidad será baja o alta.

- Conocimiento organizacional apropiado: es cuando los individuos y los grupos interactúan entre sí, a través de un sistema de relaciones y conexiones, produciendo los flujos de conocimiento en la organización (Henao, 2017). Esta característica tiene una directa correlación con el nivel de aprendizaje dominante.
- Nivel potencial de generación de sabiduría: la sabiduría en el contexto organizacional se define como el mejor uso del conocimiento enfocado en alcanzar los objetivos planteados por la institución (Standards Australia International, 2001). El poder contar con un nivel alto de generación de sabiduría ayudará a que los miembros de cada comunidad sepan cuándo y cómo tomar las mejores decisiones en cada momento, aumentando el desempeño colectivo (Walker & Christenson, 2015).
- Soporte de los recursos corporativos: cada una de las áreas de una organización necesita en mayor o menor cuantía un soporte de diferente índole, ya sea económico, de disponibilidad de recurso humano o de un espacio físico para poder obtener los resultados esperados por la organización, pero definitivamente contar con ese soporte es vital para el adecuado funcionamiento de cada una de las áreas.

Luego de enunciar las características esenciales para un COE es importante establecer cómo se diferencian estos centros de las otras áreas de la organización, que se encargan comúnmente del desarrollo de nuevos productos y servicios, de la transferencia de conocimiento y de la ejecución de proyectos. Por eso en la tabla 2 se hace una comparación de los diferentes niveles de apropiación de cada una de las características listadas anteriormente en siete diferentes áreas, que comúnmente se encuentran en una organización.

**Tabla 2.** Comunidades de conocimiento en relación con las dimensiones del aprendizaje organizacional

Tipo de Comunidad	Dimensión Estructural	Dimensión relacional	Dimensión Cognitiva	Nivel de Aprendizaje dominante	Grado de Jerarquía	Conocimiento organizacional apropiado	Nivel potencial de generación de sabiduría	Soporte de los recursos corporativos
Comunidad de interés (COI)	NO	SÍ	Tal Vez	AI*	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo-Medio	Nulo
Comunidad de práctica (CoP)	SÍ/ Tal Vez	SÍ	SÍ	AI/AG*	Bajo	Bajo/Medio	Medio-Alto	Nulo-Moderado
Equipo de Proyectos	SÍ	SÍ	SÍ	AI/AG*	Alto	Bajo/Medio	Bajo	Moderado
Oficina administración de proyectos (PMO)	SÍ	SÍ	SÍ	AI/AG*	Alto	Bajo/Medio	Bajo	Moderado
Oficina de soporte de proyectos (PSO)	SÍ	SÍ	SÍ	AI/AG*	Alto	Alto	Medio	Alto
Oficina corporativa de administración de proyectos (CPO)	SÍ	SÍ	SÍ	AI/AG/AO*	Muy Alto	Muy Alto	Medio-Alto	Muy Alto
Centros de Excelencia (CoE)	SÍ	SÍ	SÍ	AI/AG/AO*	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto

Fuente: Walker & Christenson (2015).

\*Nota: AI= Aprendizaje Individual. AG= Aprendizaje Grupal. AO= Aprendizaje Organizacional.

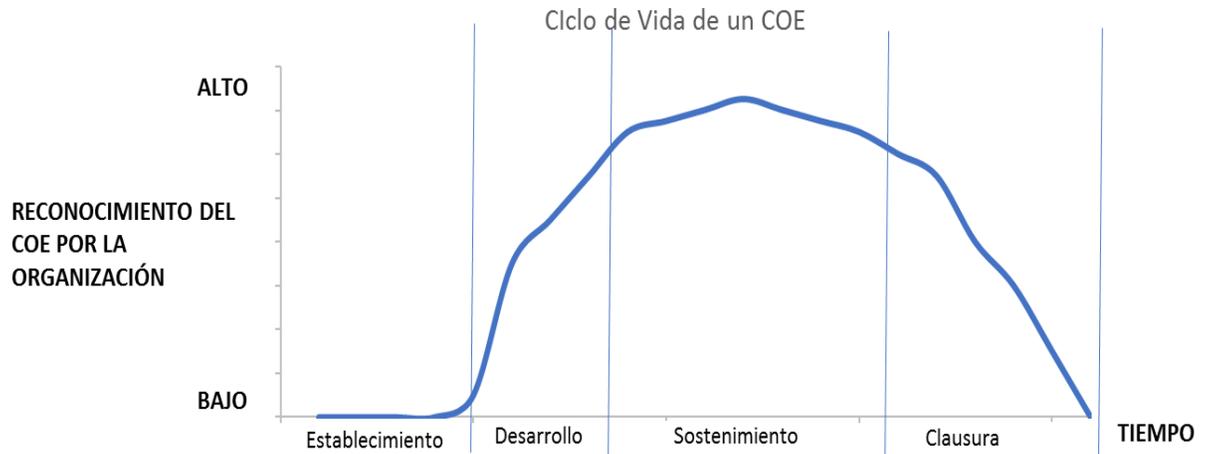
La tabla 2 demuestra porqué los COE son las áreas que más demandan recursos en una organización, pero a su vez, estos tienen la estructura para apropiarse de herramientas y tecnologías de última generación, con la finalidad de incrementar el nivel de conocimiento organizacional, razón por la cual es el área que está en toda la capacidad de liderar procesos de transformación y así garantizar la sostenibilidad de la organización.

- Características alternativas de los Centros de Excelencia

Después de identificar las características necesarias que debe tener un centro corporativo para ser y catalogarse como un COE, hay que referenciar otra serie de características que sirven para mejorar el funcionamiento y optimizar los recursos de los centros:

- Temporalidad: la principal característica de un COE es ser el mejor, el pionero o el más competente en el tema que se está inmerso y el principal insumo para garantizar esto, es siempre estar a la vanguardia y mantener vigente el conocimiento, ya que si éste no se renueva y se actualiza conforme el contexto global cambia, indudablemente llegará el momento que será obsoleto y sin ninguna utilidad. Por eso es importante que se tenga muy presente el objetivo con el que fue concebido el COE para poder determinar en cuál de las cuatro etapas del tiempo que se plantean en la Ilustración 1 se encuentra el centro y así poder tomar las mejores decisiones respecto a la continuidad de éste (Walker & Christenson, 2015), puesto que como lo señalan Moore y Birkinshaw (1998), “los COE deben ser vistos como organismos vivos que emergen para solucionar o satisfacer una necesidad específica y que algún día pueden evolucionar o simplemente ser clausurado” (p. 10). Dicho lo anterior, se hará una descripción de las principales etapas por las que puede pasar un COE durante su ciclo de vida.

## Ilustración 1. Administrando el ciclo de vida del COE



Fuente: Reger & Zafrane-Bravo (2002).

- Establecimiento: es cuando se decide qué tipo de COE se quiere tener al interior de la organización y se comienzan a desarrollar las competencias especializadas. En este momento el centro aún no es reconocido en la organización como una fuente generadora de productos, servicios o conocimiento que generen una ventaja competitiva relevante para la organización.
- Desarrollo: en esta etapa se consolida el equipo de trabajo del COE y se comienzan a dar avances del producto, servicio o entregable para el que fue creado el centro; en esta etapa el centro comienza a ser reconocido al interior de la organización debido a que aumenta su visibilidad.
- Sostenimiento: es la etapa culmen donde se espera obtener los resultados para el que fue creado el COE, donde se comparte con toda la organización los resultados obtenidos en todo el proceso previo, por lo tanto, es aquí donde goza de mayor distinción dentro de la organización.

- Clausura: esta etapa es uno de los puntos de inflexión donde la organización debe tomar una decisión trascendental respecto al futuro del COE. Esa decisión se puede tomar evaluando diferentes criterios, uno de ellos es que los objetivos con el que fue creado el centro ya fueron cumplidos; otro criterio es que se pierda la ventaja competitiva que generaba tener el centro enfocado en una temática especial, o también debido a que el conocimiento que tenía única y exclusivamente el COE ya fue diseminado en la organización de forma satisfactoria. Hay que resaltar que en muchas ocasiones es más difícil tomar la decisión de cerrar el centro que de establecerlo (Moore & Birkinshaw, 1998); por eso, una alternativa que siempre está presente para los equipos directivos es la de renovar los objetivos para dar continuidad al centro.
  
- Administración del personal del COE: la organización que tenga incorporado un COE en su estructura debe tener claro que la persona que esté a la cabeza del centro debe tener competencias especiales en el manejo del personal, puesto que los miembros de un COE, en su gran mayoría, es gente con habilidades excepcionales y por lo tanto deben ser tratados de la misma manera. Adicionalmente, hay que tener en cuenta que el personal que trabaja en el COE puede estarse desempeñando simultáneamente en otras áreas de la organización, por lo tanto, se debe tener un manejo diferencial con estas personas puesto que pueden llegar a contar con múltiples jefes. Para Reger y Zafrane-Bravo (2002), el modelo de trabajo al interior de un COE se basa en los siguientes cuatro pilares que se comunican de forma mancomunada y se ve representado en la ilustración 2:
  - Liderazgo: es la habilidad de resolver problemas de coordinación mediante la influencia en las creencias. Esta habilidad es muy importante en los altos mandos de los COE, puesto que en reiteradas oportunidades

los equipos de trabajo se encontrarán con problemas y situaciones desconocidas por tratarse de un tema nuevo o poco estudiado; por eso es vital que cada gerente de un COE cuente con esta característica (Yasinsac & Burmester, 2005).

- Motivación: siempre se debe procurar que el personal del COE tenga un objetivo a conseguir y sentir que sus necesidades están cubiertas. Al ser personas con conocimiento en un área muy específica, siempre se debe estar procurando la manera de potenciar y llevar al siguiente nivel a cada uno de los miembros del equipo; esto se puede lograr ofreciendo formación en nuevos saberes complementarios, generando proyectos retadores para los miembros del equipo y ofreciendo salarios atractivos (Lyle & Zawacki, 1997).
- Trabajo en equipo: en un COE no se puede trabajar de forma aislada, por el contrario, se debe trabajar en equipo y es acá donde juega un rol muy importante las tecnologías disponibles en la industria 4.0, que se convierten en habilitadoras de la difusión rápida de la información, aumentando la interacción de los equipos porque hay mayor disponibilidad para compartir los datos, la información y los proyectos, entre otros productos que son generados al interior del COE.
- Comunicación: finalmente y no menos importante, la comunicación asertiva es una habilidad que el líder del COE debe tener incorporada, para poder identificar los posibles problemas y así anticiparse a ellos y poder darles salida de forma clara y concisa. Reger y Zafrane-Bravo (2002) mencionan que los problemas de comunicación más frecuentes al interior de un equipo se dan, debido a las diferentes habilidades técnicas de los miembros de éste, a la vez cuando se trata de un equipo

pluricultural se deben prever los posibles problemas, por hablar idiomas diferentes o por pertenecer a culturas diferentes; por eso se hace obligatorio para el líder del COE generar mecanismos de comunicación eficientes para poder solventar cualquier eventualidad y solucionarla de forma efectiva.

**Ilustración 2.** Administración de personas en los COE



Fuente: Reger & Zafrane-Bravo (2002).

#### 1.1.4. Tipos de Centros de Excelencia

Ahora bien, como se encontraron características comunes, también hay tipologías diferenciadoras que permiten categorizar los COE, dependiendo de la forma en que fueron concebidos, por ejemplo, para Moore y Birkinshaw, (1998) los Centros de Excelencia a nivel corporativo se dividen en tres tipos de centros: carismático, focalizado y virtual. A continuación, se presentan las características generales de cada uno:

**Tabla 3.** Características de tres tipos de Centros de Excelencia

<b>Características de tres tipos de Centros de Excelencia</b>			
	<b>Centro Carismático</b>	<b>Centro Focalizado</b>	<b>Centro Virtual</b>
Naturaleza del conocimiento.	Un experto internacional reconocido por su conocimiento.	Desarrollo de una práctica de vanguardia por parte de un pequeño equipo en un solo lugar.	Desarrollo de una práctica de vanguardia por parte de un equipo grande en varios lugares.
Manifestación del centro.	Una persona con soporte administrativo ubicada en un solo lugar.	Grupos de 3 a 10 personas ubicados en un solo lugar y viaja con frecuencia.	Un grupo grande de personas con facilidad de acceso a la última tecnología disponible.
Principal propósito del centro.	Aprovechar el conocimiento experto para ser transferido a la organización.	Identificar tecnologías emergentes y hacerlas disponibles para la organización.	Se crea con la finalidad de ubicar a la vanguardia en determinado sector a la organización.
¿Cómo se forma el centro?	Contratación de un experto en el sector específico.	Se crea a partir de un proyecto definido.	Es creado por instrucción del ápice estratégico de la organización.

<b>Características de tres tipos de Centros de Excelencia</b>					
	<b>Centro Carismático</b>		<b>Centro Focalizado</b>		<b>Centro Virtual</b>
¿Cómo se utiliza el centro?	El experto se encarga de direccionar el centro y diseminar su conocimiento.	se de el de su	Se transfiere el conocimiento entre los miembros del equipo.	los del	El conocimiento es codificado y transferido a la organización.

Fuente: Moore & Birkinshaw (1998).

En resumidas cuentas, de acuerdo con la tabla 3, se pueden evidenciar tres tipos de COE que tienen tanto factores comunes como diferentes. Entre los factores comunes se destaca que los tres tipos de centros son creados por parte de los directivos de la organización en áreas que tienen una importancia estratégica para la compañía; igualmente, estos centros tienen el rol de diseminar en la organización el conocimiento adquirido al interior de cada centro (Moore & Birkinshaw, 1998). Ahora bien, entre los factores diferenciadores se resalta el grado de codificación y de especificidad del conocimiento que puede alcanzar cada uno de los centros. En un extremo con baja codificación y especificidad se ubica al centro carismático. En un punto intermedio, con alta especificidad pero baja codificación, se encuentra el centro focalizado y en el otro extremo, el centro virtual que es el más completo con alta especificidad y codificación.

Adicionalmente, para autores como Kirchner, Díaz, Henry, Fliss, Culshaw, Gendron y Cawthorne (2015) existen otras categorías para diferenciar los COE y son:

- COE “especializados”: como lo afirma Kirchner et al (2015), estos centros se caracterizan por ser de primer nivel en su sector específico y hacer parte de organizaciones, gobiernos o instituciones educativas que están siempre a la

vanguardia y ofrecen productos o servicios excepcionales en determinados sectores del mercado. Los COE de innovación desarrollan o explotan la industria con enfoques nuevos e innovadores, para generar continuamente nuevos productos y servicios que permitan garantizar la sostenibilidad de la organización. Para Forsgren, Johanson y Sharma (2000) estos COE no se pueden generar de forma deliberada, de un momento para otro por una decisión estratégica, sino que deben venir acompañados de un proceso previo que venga respaldado de diferentes interacciones que se generan a través del tiempo en la organización y permiten determinar cuándo un área tiene capacidades especiales, que le permitirán a esa área convertirse en un centro distinguido por su alto desempeño en la organización. Algunas de las medidas simples de éxito incluyen la cantidad de productos o servicios nuevos lanzados de forma exitosa al mercado (Kirchner et al., 2015).

- COE de mejores prácticas: el principal propósito de este tipo de COE es tomar un semillero de las ideas que han sido exitosas tanto dentro de la organización como por fuera de esta y madurarla al interior, con la finalidad de obtener réditos a nivel corporativo sin pasar por las fases de ensayo y error (Forsgren et al., 2000). Este tipo de centros tienen la responsabilidad de hacer la adaptación necesaria de esa buena práctica para que pueda ser funcional en el área que se desea implantar (Lyle & Zawacki, 1997).
- Devops<sup>1</sup> COE: en el contexto global donde la información y tecnología (IT) juegan un papel preponderante al interior de cada una de las organizaciones, el hecho de tener un COE que soporte el desarrollo constante de software, mediante la combinación de metodologías avanzadas de desarrollo de proyectos digitales con las competencias personales, integrando a los desarrolladores de software y administradores de los diferentes sistemas,

---

<sup>1</sup> Devops es un acrónimo inglés de development (desarrollo) y operations (operaciones).

hacen que este tipo de COEs tomen más vigencia y sean cada vez más atractivos para las organizaciones, debido a que son COE que pueden incorporar las tecnologías disruptivas que han surgido con la Cuarta Revolución Industrial tales como: Internet de las cosas (IoT), Inteligencia Artificial (AI), Automatización Robótica de Procesos (RPA) y Realidad Aumentada, entre otros (Zetlin, 2017).

- COE diseminadores de conocimiento: este tipo de COE adopta y refina procesos que tienen conocimientos muy específicos y se podrían aprovechar en otras áreas de la organización. Estos centros diseminadores de conocimiento generan demanda de sus servicios mediante la consulta, venta de ideas y acompañamiento en la difusión del conocimiento (Hasan, Machado, Tsukamoto, & Umemoto, 2006). A medida que este tipo de COE evoluciona, generalmente se convierte en una mezcla entre un centro de pensamiento y un laboratorio de procesos, que puede llevar al siguiente nivel a la organización. Las medidas simples de éxito incluyen tasas de adopción de procesos y solicitudes de consultoría interna.

Después de identificar los diferentes tipos de COE y sus principales características en el contexto corporativo, según los autores más representativos en la materia, se hará una descripción especial de estos centros en un contexto educativo.

#### **1.1.5. Centros de Excelencia educativos**

Hasta ahora solo se ha mencionado a los COE en un ámbito corporativo, pero estos centros también cuentan con una gran vigencia en el sector académico, debido a que permiten a las instituciones educativas ponerse a la vanguardia en un sector específico y poder generar aportes a la humanidad. A diferencia de los COE en el mundo corporativo, donde estos centros tienden a ser una sola unidad de negocio

en el campo de la ciencia y la academia, se pueden establecer los COE como un proyecto inter organizacional, como un proyecto de trabajo conjunto con el Estado o, en el mejor de los casos, puede ser un proyecto que trabaje con la triple hélice de la innovación (Mohan et al., 2010), es decir, un trabajo de forma colaborativa entre el sector privado, el sector público y la academia. Para entender el funcionamiento de los COE en el sector educativo, se describirán algunos centros tanto en el ámbito internacional como en el ámbito local.

El gobierno japonés entre los años 2002 y 2003 tuvo una iniciativa donde se asignaron a 246 universidades la creación de COE en casi todos los sectores de ciencia y tecnología, en cabeza del ministerio de educación y ciencia. En esta iniciativa el gobierno japonés invirtió aproximadamente 350 millones de dólares, todo esto con la finalidad de que cada COE se volviera el líder en investigación y desarrollo de cada sector asignado y así seguir generando las innovaciones necesarias para mantener a Japón como un referente mundial (Tsukada, Yamakawa, & Yasui, 2004). Los resultados de este programa según el gobierno japonés han sido:

- Establecimiento de bases de investigación y educativas con un alto nivel de calidad.
- Generación de un semillero de jóvenes investigadores, que posteriormente serán los líderes de los COE.
- Estructura administrativa efectiva bajo la dirección del presidente de la universidad que establece el COE.
- Promover la cooperación universidad-industria.

Pero esta dinámica de creación de COE en las universidades no es única y exclusivamente de Japón, es una tendencia a nivel mundial, adquirida por los países más desarrollados como respuesta a la necesidad de ser líderes y estar a la vanguardia en un sector especializado y satisfaciendo diversas necesidades que tienen las universidades de aumentar la capacidad investigativa, haciendo aportes

a la humanidad. Para Helen Grady<sup>2</sup>, (2004) los COE a nivel educativo deben cumplir con las siguientes funciones:

- Promover la excelencia en la enseñanza.
- Proveer una interfaz de generación y difusión de conocimiento entre la pedagogía y la tecnología.
- Llevar a otro nivel la colegialidad entre las instituciones educativas.
- Soportar el crecimiento de las facultades.

Para Palaiologk, Koller & Wierse (2016), un COE al interior de una institución educativa debe estar soportado sobre los siguientes cuatro pilares para poder mantenerse vigente y ser auto sostenible en el tiempo:

- Establecer un sector base específico: se debe escoger con claridad el sector en el que se desea ser el referente y establecer e identificar todo el conocimiento previo existente en el tema; esto incluye identificar plenamente el mercado potencial, los posibles aliados como: empresas, entes gubernamentales e incluso otras universidades.
- Coordinación a través de la cooperación: los COE en ámbitos universitarios deben trabajar en sincronización con otras instituciones educativas y con los eventuales clientes de los desarrollos del COE, debido a que de nada sirve estar a la vanguardia en un determinado tópico si los productos o servicios generados por el COE no son validados por el mercado.
- Liderar la tecnología de vanguardia: la propiedad y el acceso a la tecnología de última generación y el cambio tecnológico cuando está sucediendo, así como la capacidad de evaluarlos o mejorarlos aún más, son aspectos claves. El éxito del negocio dependerá del desarrollo y la prestación de servicios basados en técnicas disruptivas e innovadoras.
- Enfoque centrado en el usuario: integrar el usuario final en el proceso evolutivo de los productos o servicios generados en el COE aumenta la

---

<sup>2</sup> Directora del COE en Ingeniería de la Universidad de Mercer.

probabilidad de tener éxito en el mantenimiento de sus partes interesadas y diferentes miembros.

Ya pasando al ámbito local, las iniciativas para la creación de COE han sido muy incipientes. Esto se ve reflejado en la actualidad donde solo se cuenta con tres COE en el ámbito educativo que son:

- Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IOT).
- Centro de Excelencia y Apropiación en Big Data y Data Analytics – Alianza CAOBA.
- Centro de Excelencia Ceiba.

Estos tres COE han sido creados por el gobierno nacional de Colombia en alianza con universidades y empresas que tienen como sector base la tecnología, con la finalidad de potenciar el desarrollo económico del país, desde el desarrollo tecnológico y la innovación, a través de las tecnologías emergentes, así como la información disponible en internet y bases de datos. Si se habla del funcionamiento, estructura y características de estos COE el resultado es casi nulo, se realizó una búsqueda en las estructuras organizacionales de estos tres COE con la finalidad de encontrar a alguien que pudiera explicar mejor cómo funcionan los COE en el ámbito local. Fue así como se entrevistó al profesor Edwin Montoya,<sup>3</sup> quien describió más a profundidad el funcionamiento de estos COE y dio a conocer cómo se mantiene un centro de estas características en el contexto colombiano y los pasos para crear el COE CAOBA, que serán descritos a continuación:

- Lo primero que se hizo por parte del Gobierno Nacional de la República de Colombia fue establecer el sector base específico para el COE, en este caso Big Data y Data Analytics.
- Establecer los actores estratégicos para el funcionamiento del COE, donde se definieron 3 actores principales que fueron: Universidad (ICESI, EAFIT, los Andes y la Pontificia Universidad Javeriana); Entidades Líderes o Big players

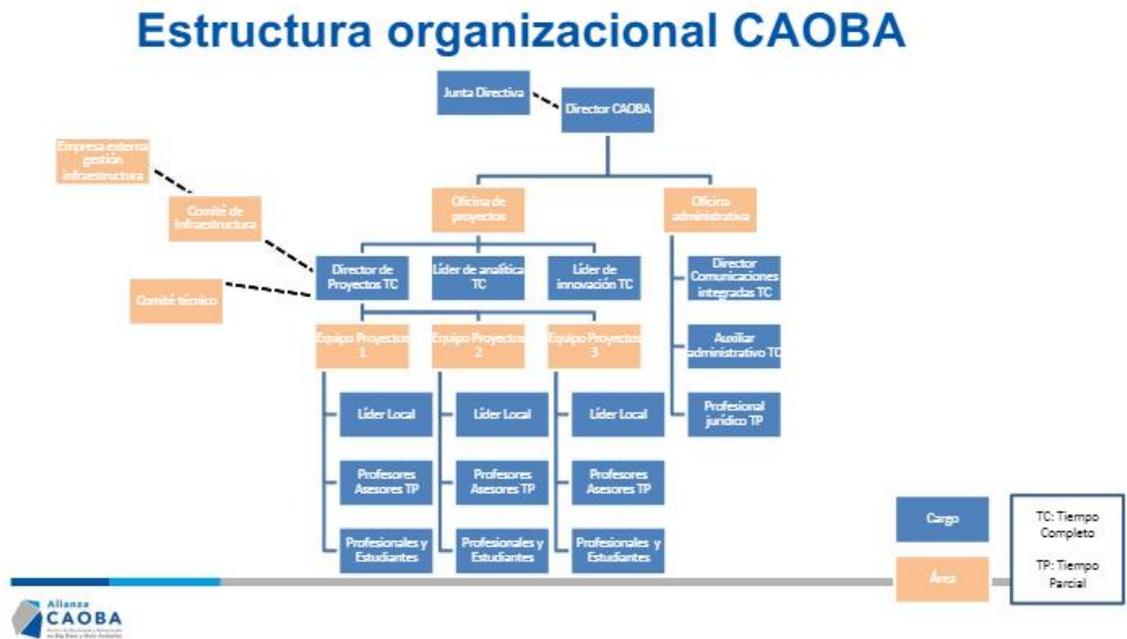
---

<sup>3</sup> Miembro del Comité Técnico en el Centro de Excelencia CAOBA.

(IBM de Colombia, SAS Institute Colombia, EMC Information Systems Colombia) y las entidades ancla (Grupo Bancolombia, Grupo Nutresa y el Departamento Nacional de Planeación).

- Definir los ejes de trabajo y los objetivos del COE de acuerdo con las necesidades de cada uno de los actores. En este caso se definieron la formación del talento humano, la investigación aplicada y el desarrollo de productos.
- A partir de los ejes de trabajo y las necesidades de cada uno de los actores, se define una estructura funcional, la cual se puede ver en la ilustración 3

**Ilustración 3.** Estructura organizacional



Fuente: Montoya (2019).

- Definir la estructura de financiación de CAOBA de acuerdo con la participación y los resultados esperados por cada uno de los actores del COE.

Si se hace una verificación de los cuatro pilares para un COE en ámbitos educativos que proponen Palaiologk, Koller y Wierse (2016), se encuentra que este centro CAOBA cuenta con todas las características esenciales para ser considerado como un COE en el contexto educativo.

Como bien se ha podido describir, los COE siempre buscan estar a la vanguardia del campo en el que se desenvuelven, con la finalidad de poder garantizar y mantener la ventaja competitiva. Deben estar informados de todo lo que pasa en el contexto mundial, por eso la Cuarta Revolución Industrial es una transformación a la que se deben sumar los COE si quieren mantenerse vigentes; como lo dice Klaus Schwab<sup>4</sup> (2017), “Estamos en el comienzo de una revolución que generará cambios esenciales en la forma en que vivimos y nos relacionamos con el entorno, será una revolución diferente a todo lo que el hombre ha experimentado previamente” (p. 7). Por eso se hará una descripción de la Cuarta Revolución Industrial y posteriormente de cómo se han visto impactados los COE por esta nueva era.

## **1.2. Cuarta Revolución Industrial**

Para poder comprender la importancia y el impacto de la Cuarta Revolución Industrial sobre los COE y como estos deben evolucionar e incorporar diversas herramientas para mantenerse vigentes, es indispensable conocer de qué se trata esta revolución. Por lo tanto, esta sección le dará salida a ese requerimiento.

### **1.2.1. ¿Qué es la Cuarta Revolución Industrial?**

Hasta el día de hoy la humanidad había vivido una transición tecnológica marcada por 3 etapas de revoluciones industriales que le han permitido al ser humano

---

<sup>4</sup> Fundador del Foro Económico Mundial (WEF).

mejorar su calidad de vida. Cada una de estas revoluciones ha tenido diferentes características claves que han marcado una época en la humanidad:

- Primera revolución industrial: se dio a mediados del siglo XVIII hasta el siglo XIX y se basó primordialmente en la transformación de la sociedad agraria y rural a una industrial y urbana. Todo esto se logró principalmente por el desarrollo de las máquinas motrices a vapor, del uso de nuevos materiales como el acero y de nuevas fuentes energéticas como el carbón.
- Segunda revolución industrial: esta revolución se dio entre 1870 y 1914 y se caracterizó por una aceleración en el proceso industrial de la época, provocado por la producción en serie, donde de nuevo el uso de nuevas fuentes energéticas juegan un papel fundamental, dado que se empiezan a usar derivados del petróleo y la electricidad.
- Tercera revolución industrial: el comienzo de esta revolución data de los comienzos de los años ochenta y para algunos expertos es una revolución que aún continúa en curso, porque está marcada por la aparición de los ordenadores y la automatización de procesos, que hoy por hoy se siguen utilizando y con gran vigencia; en esta revolución se le ha dado una gran importancia a la tecnología de la información y a las telecomunicaciones, debido a que han propiciado la globalización mundial.

Si bien se habla de que aún la humanidad se encuentra sumergida en la tercera revolución industrial, sin embargo ya en 2011 en la feria de Hannover se comienza a introducir el concepto de industria 4.0 y en 2013 el gobierno alemán hace un anuncio oficial de la nueva estrategia industrial enfocada en la digitalización de la industria, que daría pie para hablar de una nueva revolución industrial (Schwab, 2017), la cual está marcada principalmente por las interacciones entre componentes ciber-físicos a través de la tecnología. Es por lo que esta Cuarta Revolución Industrial representa un cambio fundamental en la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos; definitivamente es un nuevo capítulo en el desarrollo de la humanidad donde se mezclan los mundos físicos, digitales y biológicos, permitiendo

crear una serie de cambios prometedores para la humanidad; pero a su vez, un reto para que estos cambios sean aprovechados en beneficio de la humanidad y no en su detrimento. Una de las principales características de esta revolución es la velocidad con la que se generan los cambios, lo cual ha llevado a los países y organizaciones a tener que repensar los modelos de desarrollo que garanticen la sostenibilidad (World Economic Forum, 2019).

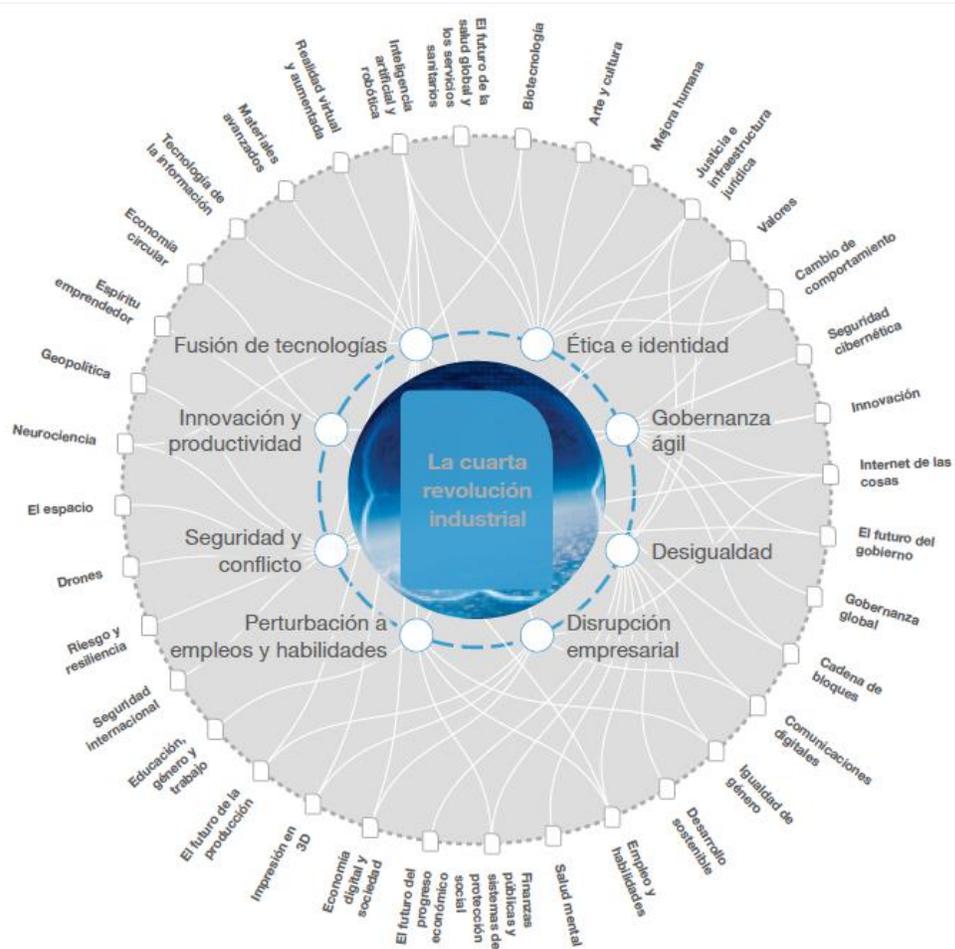
### **1.2.2. Ejes temáticos Cuarta Revolución Industrial**

Los cambios tecnológicos que se han tenido en esta Cuarta Revolución Industrial han generado que millones de personas estén conectadas a redes digitales y tengan fácil acceso a las mejoras tecnológicas originadas en esta revolución, generando un impacto nunca antes visto en las revoluciones industriales anteriores, donde los desarrollos tecnológicos solo llegaban a unos cuantos países, en el momento que eran lanzados y los países en vías de desarrollo debían esperar algún tiempo para contar con la última tecnología. A partir de todas estas evoluciones tecnológicas, el Foro Económico Mundial (WEF)<sup>5</sup> ha planteado una serie de categorías y subcategorías, en las cuales esta Cuarta Revolución Industrial tendrá un gran impacto y que deben ser tenidos en cuenta por todos los países y organizaciones para estar preparados ante los cambios tecnológicos (ver ilustración 4).

---

<sup>5</sup> Siglas de World Economic Forum.

#### Ilustración 4. Tópicos de la Cuarta Revolución Industrial



Fuente: World Economic Forum (2019).

Para efecto de este trabajo de grado se hará un enfoque solamente en las categorías que tienen relación e incidencias en los COE y las tecnologías cognitivas:

- Gobernanza ágil: debido a las nuevas tecnologías disruptivas como blockchain e internet de las cosas, los gobiernos cuentan con nuevas herramientas para gobernar mejor, de una forma más ágil y transparente generando confianza y seguridad en sus ciudadanos. Pero a su vez, estas tecnologías representan un reto importante en la parte regulatoria, en los que los gobiernos tendrán que trabajar de forma mancomunada con empresas y

ciudadanos para poder fomentar la resiliencia ante la incertidumbre de los procesos sociales, económicos y tecnológicos, producto de los cambios tecnológicos (World Economic Forum, 2019).

- Disrupción empresarial: sin lugar a duda esta revolución industrial está obligando a que las empresas se transformen y evolucionen de forma acelerada en la búsqueda de poder garantizar la sostenibilidad, como lo demuestra la esperanza de vida de las empresas listadas en el índice S&P 500<sup>6</sup> que ha pasado de un promedio de 60 años a solo 18 (Schwab, 2017). Esa sostenibilidad en el mercado solo se podrá lograr incorporando las diferentes tecnologías disruptivas de la industria 4.0 como lo es el Internet de las cosas, Blockchain, Impresión y visualización 3D y Automatización Robótica de Procesos, entre otros.
- Perturbaciones a empleos y habilidades: debido a que las empresas se están transformando de forma vertiginosa, se ha generado una demanda diferente de las habilidades que tradicionalmente han necesitado las corporaciones, lo cual ha llevado a que los diferentes países deban replantear sus modelos educativos, en procura de poder dar las herramientas necesarias a sus ciudadanos para ser partícipes activos de la transformación tecnológica que se está dando en la industria (World Economic Forum, 2019). Pero como muchas veces los cambios de los sistemas educativos se dan de forma paquidérmica, las corporaciones están teniendo que replantear la forma en que capacitan a su personal para que adquieran las competencias necesarias en el mundo laboral actual.

---

<sup>6</sup> Es uno de los índices bursátiles más importantes de Estados Unidos. Al S&P 500 se lo considera el índice más representativo de la situación real del mercado.

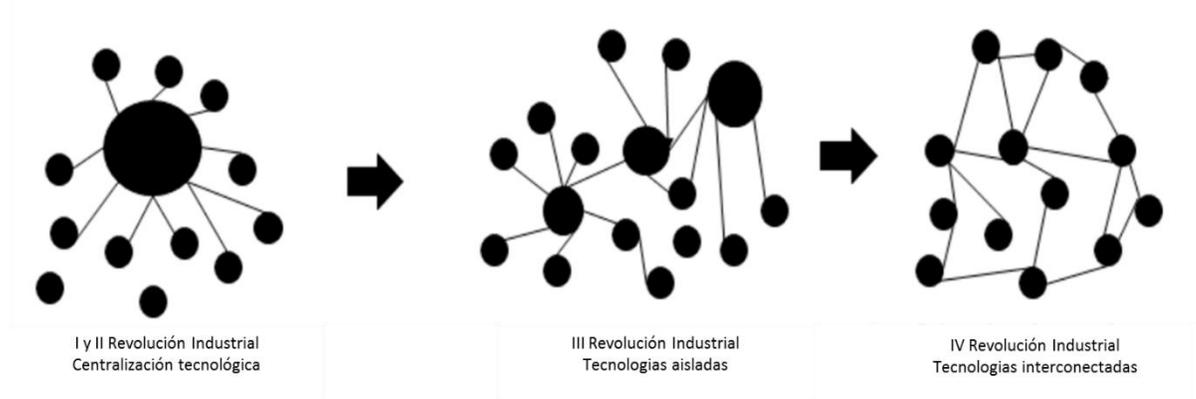
- Innovación y productividad: en el contexto actual muchos de los nuevos bienes y servicios no tienen rivales y se encuentran enmarcados en el mundo digital, donde el costo de generar un nuevo servicio para un cliente tiene un costo muy bajo, llevando a que las industrias tradicionales deban replantear sus modelos de operación. Adicionalmente es conocido cómo las nuevas empresas pueden no tener ningún costo marginal para empezar y pueden utilizar plataformas digitales para bajar los precios en mercados altamente competitivos. Esta dinámica empresarial ha venido generando una serie de cambios a nivel corporativo, donde las empresas tradicionales han tenido que modificar sus estructuras funcionales en pro del dinamismo actual y poder garantizar una sostenibilidad.
- Fusión de tecnologías: como bien lo define el WEF (2017), la Cuarta Revolución Industrial es diferente de las anteriores, ya que se creó a partir de la fusión de tecnologías y de una creciente armonización e integración entre las disciplinas de investigación. Todo esto se logra a través de la fusión de las diferentes tecnologías como IOT, Blockchain, RPA e Inteligencia artificial (IA) con los diferentes dominios como los físicos y digitales, lo que ha permitido que se esté hablando de la Cuarta Revolución Industrial, por eso se hará a continuación una profundización en las tecnologías más relevantes de la industria 4.0.

### **1.2.3. Tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial**

La principal característica de esta Cuarta Revolución Industrial es que todas las tecnologías están interconectadas entre sí, a diferencia de la primera y segunda revolución industrial donde solo una tecnología era la base de todo el desarrollo de la sociedad, o de la tercera revolución industrial donde el desarrollo estaba marcado por unas tecnologías puntuales con bajas interrelaciones (ver Ilustración 5). A

continuación, se hará una descripción de las principales tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial.

### Ilustración 5. Revoluciones industriales y la interrelación tecnológica



Fuente: Elaboración propia a partir de Lee, Yun, Pyka, Won, Kodama, Schiuma, Park, Jeon, Park, Jung, Yan, Lee, Zhao (2018).

- Internet de las cosas (IoT): es una infraestructura de red global dinámica con capacidades de autoconfiguración, basadas en protocolos de comunicación estándar e interoperables donde las "cosas" físicas y virtuales tienen identidades, atributos físicos, personalidades virtuales y utilizan interfases inteligentes, donde se integran a la perfección en la red de información (Xu, Xu, & Li, 2018).
- Computación en la nube: es una tecnología que permite acceso remoto a softwares, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos por medio de Internet, siendo así, una alternativa a la ejecución en una computadora personal o servidor local de forma remota (Salesforce, 2017).
- Sistema ciber-físicos (CPS): es el término definido por la fundación americana NSF (National Science Foundation) que toma nombre del resultado de dotar a los componentes u objetos físicos que se encuentran de forma habitual en

nuestro entorno de trabajo, de capacidades de computación y de comunicación para convertirlos en objetos inteligentes.

- Realidad aumentada: es una tecnología que permite superponer elementos virtuales sobre nuestra visión de la realidad, permitiendo simular un sinnúmero de escenarios hipotéticos a un costo muy bajo y en un corto lapso, si se compara con una simulación real.
  
- Impresión y visualización 3D: es un proceso por el cual se crean objetos físicos colocando un material por capas en base a un modelo digital. Todos los procesos de impresión 3D requieren que el software, el hardware y los materiales trabajen en conjunto (Autodesk, 2019). Esta nueva tecnología cambia de forma disruptiva la forma en que se puede enviar un objeto de un lugar a otro, debido a que solo basta con tener impresoras 3D en el lugar de destino, se le envía el código de impresión y en cuestión de minutos se puede tener el mismo objeto que se produce en un lugar bien distante.
  
- Big data: conjuntos de datos o combinaciones de conjuntos de datos cuyo tamaño (volumen), complejidad (variabilidad) y velocidad de crecimiento (velocidad) dificultan su captura, gestión, procesamiento o análisis mediante tecnologías y herramientas convencionales, tales como bases de datos relacionales y estadísticas convencionales o paquetes de visualización, dentro del tiempo necesario para que sean útiles (Data, 2019).
  
- Blockchain: es una base de datos compartida que funciona como un libro para el registro de operaciones de compraventa o cualquier otra transacción donde una red de ordenadores se encarga de verificar colectivamente que la transacción es registrada y posteriormente aprobada (Schwab, 2017).

Estas tecnologías no solo han permeado el ámbito corporativo, sino que han logrado estar presentes en todos los ámbitos de la humanidad, generando una transformación disruptiva en la forma en que vivimos, debido a que la gran mayoría de las tecnologías de esta Cuarta Revolución Industrial se han incorporado en el diario vivir de las personas, generando una alta dependencia y, por ende, una gran oportunidad para las industrias que están incorporando estas tecnologías en la creación de bienes y servicios relacionadas con la industria 4.0 (Xu et al., 2018).

Como afirma Klaus Schwab (2017), aún muchas de estas tecnologías están en sus primeros desarrollos y arrojando sus primeros resultados, pero el impacto potencial que tienen es enorme y en un principio es un plus muy grande para las diversas organizaciones que tienen en su estructura algún COE que incorpora en su funcionamiento alguna de las tecnologías mencionadas anteriormente. En muy poco tiempo será mandatorio para todas las organizaciones incorporar y apropiarse las tecnologías de esta revolución, si se quieren mantener vigentes en el mercado (Deloitte, 2018).

Ahora bien, es importante hacer la salvedad que de las tecnologías que se acaban de describir hay varias que pertenecen a una categoría especial conocida como tecnologías cognitivas, las cuales serán sujeto de profundización en la siguiente sección.

### **1.3. Tecnologías Cognitivas**

Este tipo de tecnologías merece una distinción especial porque son las que están permitiendo a la humanidad alcanzar objetivos que eran impensados hace unos pocos años. Si bien son tecnologías que se vienen desarrollando desde hace más de 60 años es en la última década que se han tenido unos desarrollos exponenciales. Por estas razones es que se hará una profundización en el origen, que son y cuáles son las tecnologías cognitivas.

#### **1.3.1. Origen tecnologías cognitivas**

Si bien el término de tecnologías cognitivas pareciera un concepto relativamente nuevo debido a su constante uso en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial, esto no es así. Este concepto está arraigado a la ciencia cognitiva que a su vez es la que se encarga del estudio científico de la mente de forma integral y que tiene su origen como ciencia en la década del 50. Para poder garantizar que se abarque el estudio de la mente en su totalidad, la ciencia cognitiva incluye los siguientes seis campos de estudio: lingüística, neurociencia, inteligencia artificial o tecnologías cognitivas, filosofía, antropología y psicología (Wilson & Keil, 2000). Siendo las tecnologías cognitivas el objeto de estudio de esta investigación.

Por otro lado el origen de las tecnologías cognitivas se remonta al año de 1956 cuando John McCarthy, Marvin Minsky, Allen Newell y Herbert Simon en la conferencia de Dartmouth acuñó el término de Inteligencia Artificial y la definió como “la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligentes” (McCarthy, 1981). Desde ese momento y especialmente en los últimos años donde ha habido un desarrollo tecnológico de forma exponencial han venido surgiendo otras tecnologías de carácter cognitivo tales como el aprendizaje profundo (Deep learning), el aprendizaje de máquina (machine learning) y el RPA. El uso de estas tecnologías viene siendo cada vez mayor debido a que son una ventaja competitiva para los negocios que la tienen incorporada y adicionalmente porque tienen el potencial de mejorar el bienestar social de la humanidad (Renner, Abbattista, & Guszcza, 2018). Estas TC serán descritas en los siguientes puntos de esta sección.

### **1.3.2. ¿Qué son las tecnologías cognitivas?**

Lo primero que se debe tener claro es que no existe una definición única de TC, por lo tanto, se hizo una extensa búsqueda bibliográfica con la finalidad de poder establecer diferentes definiciones de las TC que den una completa comprensión del término.

**Tabla 4** Definiciones de Tecnologías Cognitiva

Definiciones Tecnología Cognitiva (TC)	
Autor	Definición
(Dascal & Dror, 2005)	Son aquellos sistemas informáticos creados por humanos y utilizados por ellos para el logro total o parcial de objetivos cognitivo.
(Bainbridge, 2006)	Son métodos basados en la ciencia para aumentar o complementar el conocimiento humano, el pensamiento y la creatividad.
(Noor, 2015)	Es la rama de las ciencias cognitivas que se encarga de enseñar a las computadoras a pensar como una mente humana.
(Techopedia, 2016)	Es un campo de la informática que imita las funciones del cerebro humano a través de diversos medios, incluido el procesamiento del lenguaje natural, la extracción de datos y el reconocimiento de patrones.
(Renner et al., 2018)	Son las tecnologías que pueden desempeñar y/o aumentar tareas, ayudar a informar mejor las decisiones, y lograr objetivos que tradicionalmente han requerido inteligencia humana, tales como planeación, razonamiento a partir de información parcial o incierta, y aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia (2019).

### 1.3.3. ¿Cuáles son las principales tecnologías cognitivas?

Como se mencionó anteriormente las TC tuvieron su origen hace más de 50 años, pero es en la última década donde han tenido una evolución muy grande respaldada por los grandes avances tecnológicos que viene teniendo la humanidad. Y son precisamente las tecnologías base de la Cuarta Revolución Industrial listadas

anteriormente, las que han llevado a otro nivel las TC que ya existían o que han permitido el surgimiento de nuevas TC. Las principales TC serán descritas a continuación:

- Inteligencia artificial (AI): es la combinación de algoritmos con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano tiene para tomar decisiones inciertas o de razonar como por ejemplo entender un lenguaje natural. (Iberdrola, 2017, Hoeschl & Barcellos, 2006). Esta tecnología se considera como la base de las TC debido a que en su perímetro se encuentran campos de investigación tales como la prueba de teorema mecánico, traducción automática, sistemas expertos, teoría de juegos, reconocimiento de patrones, aprendizaje automático, robótica y control inteligente(Pan, 2016).
- Automatización robótica de procesos (RPA): es toda tecnología orientada al uso de software con el objetivo de disminuir la intervención humana en el uso de aplicaciones informáticas, especialmente en tareas repetitivas(Portal, 2019), automatizando el procesamiento de información con la ventaja que se adapta a medida que se avanza en las iteraciones. (Schatky & Mahidhar, 2014).
- Aprendizaje de Máquina (Machine learning): “Un conjunto de técnicas estadísticas que automatizan la construcción de modelos analíticos usando algoritmos que iterativamente aprenden a partir de los datos sin la necesidad de programación explícita” (Renner et al., 2018). Dentro del campo de aplicación de esta TC también se incluye el aprendizaje profundo (Deep Learning), el aprendizaje supervisado y el no supervisado.
- Visión artificial: “Extracción, análisis y entendimiento automático de información útil a partir de una sola imagen o de una secuencia de imágenes,

en algunos casos llegando a exceder la capacidad de la visión humana, todo esto se logra usando usando software y hardware de computador” (Association, 2018).

Luego de ver la evolución de los últimos años de las TC y de dimensionar las diversas aplicaciones que pueden llegar a tener en todos los ámbitos, se hará en la siguiente sección una profundización en la forma que los COE se han visto impactados por las TC en el contexto actual de la Cuarta Revolución Industrial.

#### **1.4. Centros de Excelencia y las Tecnologías Cognitivas**

Tal vez la característica que más representa lo que es un COE es la de ser los pioneros, los que están a la vanguardia en el tópico de experticia que han elegido para enfocarse; por eso es inevitable que los COE tengan que modificar sus estructuras funcionales para poder incorporar en su operación el uso de las principales TC que se han visto potenciadas por el desarrollo exponencial de otras tecnologías base de la Cuarta Revolución Industrial. El auge en el uso de las TC radica en la capacidad de hacer tareas que solo los humanos éramos capaces de hacer, por tener incorporado un conocimiento previo (Davenport & Dasgupta, 2019; Schatasky, Gurumurthy, & Muraskin, 2015), liberando tiempo valioso a las personas para que se puedan dedicar a otras labores de carácter más estratégico. De igual manera, se deben crear nuevos COE para continuar desarrollando estas tecnologías e incorporarlas en las organizaciones.

De este par de necesidades que se acaban de mencionar es de donde surge una nueva categoría de COE en el marco de esta revolución. Esos nuevos COE son conocidos como Centros de Excelencia Cognitivos (COEC) y se le conoce así porque son áreas que incorporan en su funcionamiento las TC. La incorporación de estas tecnologías por parte de las empresas, gobiernos y universidades no será una opción, será una obligación si estas organizaciones quieren sostenerse en el

tiempo, siendo los COEC la mejor opción para desarrollar y apropiarse de dichas tecnologías (Anagnoste, 2018, Kambayashi, 2004, Davenport & Ronanki, 2018) como lo refleja una encuesta realizada a los CEO de las empresas más grandes de los Estados Unidos, donde un 37% de ellos respondió que ya tienen COEC incorporados en sus estructuras organizacionales (Davenport, 2018).

Se debe resaltar que la organización que decida tener un COEC, debe crear una base tecnológica soportada en cuatro tecnologías que están en el corazón de la Cuarta Revolución Industrial y son las que han permitido el desarrollo exponencial de las TC (Lee et al., 2018; Deloitte, 2018; Xu et al., 2018; Schwab, 2017), esas tecnologías son:

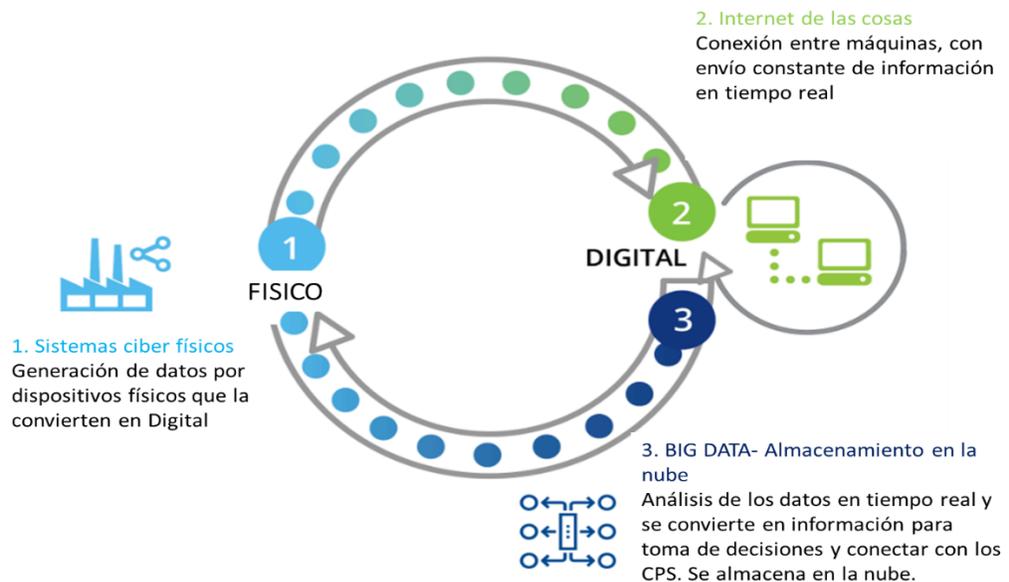
- **Sistemas ciber-físicos:** son los dispositivos que se encargan de recoger datos a través de sensores y convertirlos en datos digitales. Estos dispositivos están presentes en absolutamente todos los ámbitos laborales y personales, por ejemplo, con el solo hecho de tener un celular ya se cuenta con dispositivo ciber-físico generador de datos digitales.
- **Internet de las cosas:** gracias al Internet de las cosas, estos sistemas ciber-físicos se comunican con otros sistemas ciber-físicos y con seres humanos, dentro de la propia organización, pero también entre organizaciones, proveedores, clientes y usuarios, dando lugar a una cadena de valor absolutamente interconectada en forma de tela de araña (Atzori, Iera, & Morabito, 2010). Debido a los más de 30 mil millones de dispositivos que están interconectados gracias al IOT, el volumen de datos que estos comienzan a generar viene aumentando de forma exponencial.
- **Big data:** esta tecnología es la que permite que todos los datos que está generando el IOT puedan ser tratados, procesados y convertirlos en datos

con el potencial de volverse información, si son correctamente interpretados por la persona adecuada.

- Almacenamiento en la nube: ahora bien, todos los datos e información que son generados por el IoT y la Big Data deben ser almacenados en algún lugar y es precisamente lo que ofrece la computación en la nube, un lugar en el ciberespacio donde se puedan almacenar grandes volúmenes de datos y de fácil acceso.

Como se puede apreciar en la ilustración 6, las cuatro tecnologías descritas previamente están completamente entrelazadas una con la otra y, a su vez, son tecnologías que se encuentran presente en el día a día de las organizaciones y, como se mencionó al principio de este capítulo, los COEC deben contar mínimamente con estas tecnologías para poder pensar en incorporar TC y poder garantizar un funcionamiento óptimo.

**Ilustración 6.** Ciclo relacionamiento de tecnologías cognitivas



Fuente: Cotteleer & Sniderman (2017).

El hecho de contar con estas cuatro tecnologías incorporadas en el COEC garantiza que se pueda incorporar cualquier TC de una forma más sencilla y eficaz, por el lado técnico. Ahora bien, para terminar de adoptar las TC se deben tener en cuenta otros factores de orden administrativos tales como:

- Falta de entendimiento de las TC: Si bien es un concepto cada vez más usado en el mundo organizacional, son muy pocas las personas que comprenden realmente el funcionamiento de estas tecnologías, por lo tanto será vital entender los que se puede lograr y los limitantes de cada una, los datos necesarios para entrenar los algoritmos y el proceso de entrenamiento en si (Renner et al., 2018).
- Personal capacitado: En la actualidad uno de las mayores problemas que tienen las organizaciones es del de encontrar personal capacitado y con las destrezas necesarias para el uso de estas TC, por lo tanto las organizaciones deben pensar en la necesidad de entrenar personas en las destrezas que necesita la organización(Andersen, 2017).
- Incorporación de metodologías ágiles: Utilizar metodologías ágiles, como Scrum y Kanban, es vital para que la implementación de TC tenga éxito. Debido a que muchos de estos proyectos implican un gran esfuerzo para repensar los procesos existentes y es aquí donde los enfoques más iterativos y ágiles son beneficiosos para conseguir el objetivo de la forma mas optima.

Luego de tener identificadas las necesidades técnicas y administrativas para establecer un COEC, se proceden a establecer cuáles son las ventajas que trae incorporar las TC a los COE; para hacer este análisis se toma cada una de las características necesarias de los COE (ver 1.1.3.) y como se podrían ver impactadas por las TC.

**Tabla 5** Comportamiento de un COE con TC

Característica	Centro de Excelencia Cognitivo
Dimensión Estructural	Igual
Dimensión Cognitiva	Hay un potenciamiento por que las TC facilitan los análisis para tomar mejores decisiones
Dimensión Relacional	Mejora porque al automatizar un proceso repetitivo, queda más tiempo que se puede invertir para mejorar el relacionamiento entre el equipo de trabajo
Grado de Jerarquía	Igual
Nivel de Aprendizaje dominante	Se acelera el proceso de generación de conocimiento al tener al personal concentrado labores que generan nuevo conocimiento y no en labores repetitivas que no generan nada nuevo.
Soporte de Recursos corporativos	Reduce los costos de operación y disminuye el tiempo de cumplimiento de los objetivos.
Conocimiento organizacional apropiado	Se aumenta el tiempo disponible para la interacción entre individuos, aumentando la posibilidad de mejorar los flujos de conocimiento
Nivel potencial de generación de sabiduría	Indudablemente mejora ya que las TC generan datos de forma más rápida y precisa, con el potencial de convertirse en información importante para la toma de decisiones.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Luego de analizar cuál podría ser el impacto de incluir las TC en un COE, queda bastante claro que estas tecnologías solo traerían resultados favorables, porque eliminan muchas operaciones que no le agregan valor al objetivo final con el que fue concebido el centro.

## **2. Aspectos metodológicos**

En este capítulo se describe la metodología utilizada para esta investigación, que cuenta con un enfoque metodológico cualitativo y exploratorio, debido a que el tema del estudio ha sido poco explorado o no se ha hecho investigación al respecto en ningún grupo social específico (Hernández et al., 2014). En la primera parte se describen los procedimientos orientados a la búsqueda de entender la naturaleza de los COE, que fueron enfocados principalmente a una minuciosa búsqueda bibliográfica que puede dar salida a los objetivos planteados. Posteriormente se describe la forma en que se selecciona la información relevante de la Cuarta Revolución Industrial y las ciencias cognitivas que tienen relacionamiento con los COE. Finalmente, en la última sección, se detalla el proceso llevado a cabo para correlacionar los COE y las TC en el marco de la Cuarta Revolución Industrial, dando respuesta al objetivo general y a la pregunta de investigación.

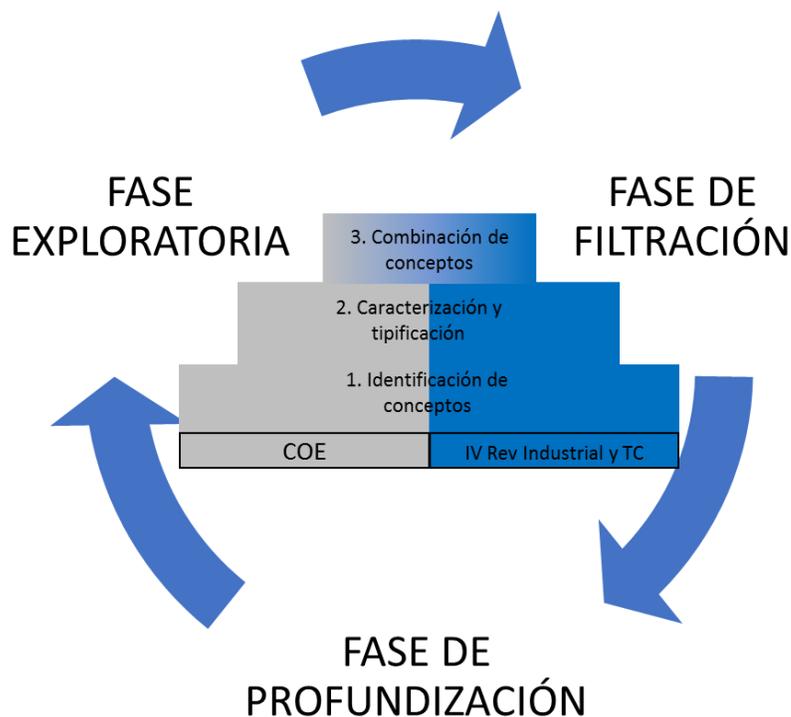
### **2.1. Aspectos metodológicos para la construcción del estado del arte**

Una investigación es un proceso sistemático que sigue una serie de pasos de forma lógica, con la finalidad de poder dar respuesta a los objetivos que se plantean; por eso se hace uso de una metodología para obtener el conocimiento. Por tanto, la metodología de la investigación se entiende como una aproximación a nuestro objeto de estudio, con la finalidad de obtener respuesta a los interrogantes que se habían formulado (Arnau, 2012).

Los resultados de esta investigación tienen un enfoque exploratorio y cualitativo que parten de una amplia búsqueda de la literatura publicada en diversas bases de datos y medios digitales acerca de los COE, la Cuarta Revolución Industrial y las TC entre 1995 y 2019. Debido a que la búsqueda de información fue constante e iterativa, conforme se iba avanzando con la investigación, en cada etapa se fueron anexando artículos a la bibliografía. En el total de esta búsqueda se descargaron 193 referencias bibliográficas con información relevante a los objetivos de la investigación. Luego de hacer una filtración inicial de información, se escogieron 95 artículos y 41 páginas web, basados en la lectura rápida del resumen, introducción y conclusiones para los artículos y en la lectura total para cada una de las páginas web. Finalmente se seleccionaron 67 artículos y 31 páginas web para hacer una lectura y análisis minucioso.

La metodología con la que se afrontó este estudio exploratorio está representada gráficamente en la ilustración 7, la cual constó de tres etapas y tres fases donde se exploraron los conceptos de COE, de Cuarta Revolución Industrial y de TC de forma separada en las dos primeras etapas, buscando a su vez dar salida a dos requerimientos: el primero que era la identificación de conceptos y el segundo que fue la caracterización y tipificación de cada concepto. De esta manera se finalizó con una tercera donde se combinaron los conceptos, dando respuesta al objetivo general y a los objetivos específicos que se plantearon inicialmente. De forma similar, cada una de estas tres etapas pasó por tres fases iterativas, que acompañaron todo el proceso de forma transversal, permitiendo establecer la información que era relevante para esta investigación. Esas fases fueron: la fase exploratoria, de filtración y de profundización.

**Ilustración 7. Metodología para el estudio exploratorio**



Fuente: Elaboración propia (2019).

A continuación, se sintetiza en la tabla 6 los detalles metodológicos más relevantes en este proceso investigativo, siguiendo con el detalle puntual de las tres etapas metodológicas que fueron transversales a cada etapa de la investigación. Se debe aclarar, que cronológicamente, primero se hicieron las etapas uno y dos para los COE, luego la etapa uno y dos para las TC y la Cuarta Revolución Industrial y finalmente se hizo la etapa tres al mismo tiempo.

**Tabla 6.** Síntesis de resultados de metodología de búsqueda

Síntesis de resultados de metodología de búsqueda				
Etapa	Fase Temática	Fase Exploratoria	Fase Filtración	Fase Profundización
Identificación de conceptos	Centro de Excelencia	Búsqueda inicial e identificación de palabras claves para la investigación	Selección de artículos relevantes a partir de la búsqueda segmentada	Selección de material bibliográfico que define a un COE
	Cuarta Revolución Industrial y TC		Se toman dos referentes bibliográficos y se identifican las palabras claves	Identificación de las TC y las tecnologías base de la Cuarta Revolución Industrial
Tipificación y caracterización	Centro de Excelencia	Búsqueda focalizada de referencias bibliográficas en los criterios establecidos en etapa anterior	Evaluación de las referencias bibliográficas a luz de 21 criterios	Refinamiento de criterios y clasificación cuantitativa de referencias bibliográficas
	Cuarta Revolución Industrial y TC	Búsqueda bibliográfica de las tecnologías cognitivas	Clasificación de tecnologías cognitivas en dos categorías, las tecnologías medulares y las complementarias	Identificación de características comunes de las TC
Combinación de Conceptos	Centro de Excelencia, TC y Cuarta Revolución Industrial	Generación de algoritmo de búsqueda de material bibliográfico de COE en TC	Selección de material bibliográfico de acuerdo con los objetivos de la investigación	Fase de validación de conceptos y caracterización de COE con la incorporación de TC

Fuente: Elaboración propia (2019).

## **2.2. Etapa identificación de conceptos**

Como se ha mencionado anteriormente, en un estudio exploratorio hay poca certeza de saber qué es lo que se va a encontrar y cómo se debe afrontar esa búsqueda. Esta fue la constante predominante durante esta primera etapa donde hubo más incertidumbre que verdades. Pero también fue la etapa en la que se definió cómo se iba a abordar la investigación para poder cumplir con el objetivo general y los específicos. Dicho lo anterior, se explicarán las tres fases metodológicas de esta etapa.

### **2.2.1. Fase exploratoria de conceptos**

Cabe destacar que fue en esta fase donde se definió la estrategia de hacer la búsqueda de los términos COE, Cuarta Revolución Industrial y TC de forma separada en las etapas de definición de conceptos, caracterización y tipificación, todo esto debido a que en las primeras búsquedas que estaban alineadas a dar respuesta tanto al objetivo general como a los específicos, fue complejo encontrar artículos que arrojaran información acorde y precisa de lo que se estaba buscando para poder empezar una investigación con buenas bases. Los diferentes algoritmos de búsqueda utilizados en esta primera aproximación fueron: “Center Of Excellence AND Industrial Revolution”, “Center of Excellence AND Industry 4.0”, “Cognitive Center AND Industrial Revolution”, “Center of Excellence AND Cognitive Technologies”, “Center of Excellence NEAR Industrial Revolution”, “Cognitive Center of Excellence”. Esta búsqueda inicial se realizó en las siguientes bases de datos: *Scopus, IEEEXplore, Emerald, Descubridor, Elsevier, Science Direct, Springer Enlace, Taylor y Francis, Wiley Online Library y Google Académico*, con el propósito de poder garantizar una gran cobertura de artículos, revistas y libros disponibles.

El resultado de esta fase fue la selección de los primeros 20 artículos, en los que se establecieron cuáles podrían ser los conceptos relacionados con los COE para hacer

una nueva búsqueda bibliográfica. Por otra parte, se pudo establecer dos fuentes importantes para la bibliografía de la Cuarta Revolución Industrial, debido a que los diversos autores en la materia señalan a Klaus Schwab, fundador del WEF, como la persona que acuñó este término en el marco del Foro Económico Mundial de 2016. Por lo tanto, se tomaron como las bases de esta primera etapa el libro *The Fourth Industrial Revolution* de Klaus Schwab y la página web del WEF, que se dedica única y exclusivamente a la exploración de todos los temas relacionados con esta Cuarta Revolución Industrial, por el lado de las TC se toma como referente la página de la consultora Deloitte por ser la auditora más grande del mundo y un referente en el tema de las TC.

### **2.2.2. Fase de filtración de conceptos**

En esta fase ya se comenzó de forma separada la búsqueda de referencias bibliográficas de los COE y de la Cuarta Revolución Industrial.

Luego de la fase exploratoria de conceptos se establecieron como palabras claves: “center of excellence”, “cognitive center”, “capability center”, “competency center” y “high performance center”, para continuar con la búsqueda de material bibliográfico en las bases de datos mencionadas anteriormente. En esta fase se obtuvieron 90 artículos de los cuales se seleccionaron 38 para hacer una lectura más exhaustiva en procura de responder a los objetivos de la investigación. Los criterios definidos para seleccionar o descartar los referentes bibliográficos que debían ser analizados a profundidad fueron:

- Tener una descripción deliberada del concepto de COE o sus similares.
- Descartar el material bibliográfico que solamente tenía la palabra COE, como el lugar donde se generaron los desarrollos o adónde pertenecía el autor del artículo.

Por el lado de la búsqueda bibliográfica relacionada con la Cuarta Revolución Industrial, se comenzó con la lectura del libro *The Fourth Industrial Revolution* de Klaus Schwab y se identificaron todas las tecnologías soporte de las TC en el contexto de esta revolución, para poder hacer una búsqueda más exhaustiva.

En esta fase se almacenó el material bibliográfico que se seleccionó para la lectura rápida, posteriormente, se realizó una búsqueda exhaustiva en el gestor de referencias bibliográficas *Mendeley*®.

### **2.2.3. Fase de profundización de conceptos**

En esta fase se comienza a hacer la primera selección del material bibliográfico almacenado en *Mendeley*®, mediante la lectura rápida del resumen y la introducción de cada artículo en la búsqueda de la definición de un COE. Es en este momento, donde se hace la primera categorización del material bibliográfico que se encontró inicialmente, y se almacena en una carpeta el material que sí tiene definiciones de los COE y se deja otra con el material sobrante, a la espera de que pueda ser útil en algún momento de la investigación. Al finalizar esta fase, se tiene definido con claridad qué es un COE y cuál es su origen. Se debe agregar que con esta primera categorización de artículos en *Mendeley*®, se empiezan a visualizar cuáles son los autores referentes en este tema, debido a que tienen varios artículos relacionados con los COE.

Por el lado de la Cuarta Revolución Industrial se inicia con la lectura profunda del libro *The Fourth Industrial Revolution*, logrando establecer qué es la Cuarta Revolución Industrial y cuáles son las tecnologías medulares y complementarias de esta nueva revolución, que deben ser sujeto de un análisis más profundo.

Finalmente, con las TC se hace una identificación de cuáles son las tecnologías que se pueden catalogar como cognitivas a partir del hallazgo de los autores más relevantes en la materia.

### **2.3. Etapa de caracterización y tipificación**

En este punto de la investigación ya había comenzado a disminuir la incertidumbre inicial, para dar paso a una búsqueda más focalizada de material bibliográfico, que permitió continuar respondiendo los interrogantes planteados inicialmente. El método que predominó en esta etapa fue la clasificación y segmentación de cada uno de los artículos que se iba encontrando con información relevante. Al final de esta etapa se logran establecer claramente cuáles son las características y los tipos de COE. Adicionalmente, una filtración de tecnologías medulares de la Cuarta Revolución Industrial con sus respectivas características y que cumplen la función de ser tecnologías habilitadoras para las TC, generando el insumo necesario para la tercera y última etapa de esta investigación.

#### **2.3.1. Fase exploratoria de caracterización y tipificación**

Luego de tener seleccionados los artículos que definen un COE, se repite el proceso de lectura del material bibliográfico que no fue categorizado en el proceso anterior de la búsqueda de conceptos. Esta vez se hizo una lectura más exhaustiva en procura de encontrar los artículos que mencionaran las características y los tipos de COE. Como resultado de esta fase, se seleccionan los artículos con información representativa y se ingresan a la carpeta de artículos relevantes. Adicionalmente, se elabora una tabla en *Microsoft Excel*® con 21 variables relacionadas con la información necesaria para caracterizar y tipificar los COE, tales como: título, autor, año de publicación, definición de COE, COE público o privado, si tiene características de un COE, tipo de COE, si tiene componentes de la Cuarta Revolución Industrial y conclusiones, entre otras variables. El resultado de este proceso es tener clasificados 82 artículos que contienen información relevante de los COE.

Con respecto a las tecnologías base de la Cuarta Revolución Industrial y a las TC, en esta fase se reinicia la búsqueda de material bibliográfico en las bases de datos

definidas al inicio de la investigación, con los siguientes criterios de búsqueda: “blockchain”, “internet of things”, “cloud computing”, “cyber-physical systems”, “artificial intelligence”, “robotic process automation”, “big data”, “augmented reality” “3D printing”, “machine learning” y “deep learning”. En este caso la búsqueda es muy fructífera porque se encuentra una gran cantidad de artículos. Se seleccionaron los tres artículos de cada término que más citas tuvieran y que contemplaran la definición de los conceptos buscados.

### **2.3.2. Fase de filtración de categorías y tipos**

Luego de haber construido la tabla para clasificar el material bibliográfico de los COE, se comienza con el proceso de lectura exhaustiva de cada uno de los artículos almacenados en la carpeta de artículos relevantes. Lo que se hizo con esta lectura fue evaluar cada artículo a la luz de los 21 criterios explicados anteriormente. Si el artículo cumplía con un criterio, se ponía un 1 en esa casilla y si no se marcaba con 0. Con esta clasificación se logró adicionar un componente cuantitativo y objetivo que simplificara la segmentación del material bibliográfico.

En cuanto a los artículos seleccionados de las tecnologías más importantes disponibles en la actualidad, se hace una lectura rápida de cada uno, revisando el resumen, la introducción y las conclusiones. Luego de esta lectura se clasificaron las tecnologías en dos categorías: tecnologías base o de soporte y tecnologías cognitivas. Con esta categorización se logran identificar las tecnologías base de la Cuarta Revolución Industrial para que sean analizadas con más profundidad, debido a que son las que han permitido el desarrollo exponencial de las TC. Para hacer esta clasificación se analizaron cuáles tecnologías funcionan de forma independiente y cuáles necesitan de otras tecnologías para poder ser funcionales.

### **2.3.3. Fase de profundización de categorías y tipos**

En esta fase de la investigación se hizo un refinamiento de los 21 criterios que se habían seleccionado inicialmente, para evaluar el material bibliográfico relacionado con los COE, pasando a solo 17 criterios que iban a ser tenidos en cuenta para la construcción del marco teórico. Los criterios que se eliminaron del análisis fueron: roles al interior de un COE, COE como redes de información, COE gubernamentales y ¿cómo identificar un COE? La razón principal para retirar estos criterios de la tabla fue que no tenían respaldo de material bibliográfico. Hay que destacar que con la clasificación cuantitativa que se hizo en esta tabla, se pudo identificar cuáles eran los artículos más completos y relevantes para la construcción del marco teórico.

Luego de tener identificadas las tecnologías más relevantes en el contexto actual de la Cuarta Revolución Industrial, se hizo una profundización en cada una de éstas, identificando cuáles son las características comunes entre ellas y cuáles son los matices que tienen de forma individual y que las hacen indispensables cuando de tecnologías cognitivas se habla. Esto con la finalidad de poder preparar una búsqueda exploratoria final bien focalizada.

#### **2.4. Etapa de combinación de conceptos**

Esta es la etapa culmen del trabajo de grado donde se materializan los resultados del método escogido para hacer la investigación en las fases previas y se prepara la antesala para poder dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Cuál es el rol de las tecnologías cognitivas en los Centros de Excelencia en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial? Se debe agregar que en esta etapa final ya se tienen completamente caracterizados los COE e identificadas cuáles son las tecnologías cognitivas más relevantes en el contexto actual. Lo que se logra con esto es poder tener la información suficiente para completar las últimas tres fases de la investigación, que serán descritas a continuación.

#### **2.4.1. Fase exploratoria de combinación de conceptos**

Durante esta fase se hizo una búsqueda puntual de los COE en diferentes tecnologías tales como: “center of excellence AND internet of things”, “center of excellence AND blockchain”, “center of excellence AND artificial intelligence”, “center of excellence AND big data”, “center of excellence AND devops”, “center of excellence AND RPA”, “center of excellence AND machine learning” . De nuevo esta búsqueda se hizo en las bases de datos mencionadas al inicio de este capítulo. Se debe agregar que esta fase de la investigación fue complementada con una búsqueda en *Google* de los sitios web de los COE en tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial.

El resultado de esta fase la selección de 98 artículos y de 32 sitios web que contenían información relevante para la investigación, como por ejemplo: objetivo del COE, si es un COE público o privado, aliados estratégicos, país de ubicación, estructura funcional y proyectos realizados. Se debe agregar que uno de los hallazgos más importantes de esta fase fue encontrar tres COE en el ámbito local, especializados en big data, internet de las cosas e inteligencia artificial, siendo el último un COE especializado en TC.

#### **2.4.2. Fase filtración de combinación de conceptos**

Luego de tener suficiente material bibliográfico para poder determinar cuáles son las tecnologías cognitivas con las que debe contar un COE, en el marco de la Cuarta Revolución Industrial, se procede a hacer una clasificación con una tabla en *Microsoft Excel*® donde en las columnas se agruparon los COE en cada una de las tecnologías seleccionadas previamente y en las filas se establecieron características relevantes de cada COE, con el propósito de poder extraer información común y relevante para esta investigación. El resultado de esta fase fue una propuesta de las tecnologías cognitivas que deben tener los COE en el contexto actual, todo esto a la luz de los factores comunes entre los centros analizados.

### **2.4.3. Fase de profundización de conceptos combinados**

Es en esta fase final donde se recogen los frutos de toda la investigación bibliográfica previa. Los resultados se ven plasmados en una propuesta que determina exactamente qué debe tener un COEC en el contexto actual y cuáles son los beneficios potenciales que tienen estos centros al incorporar las TC. Adicionalmente, se hace una validación de conceptos, con una fuente primaria como lo es el PhD Edwin Montoya, miembro del comité técnico del Centro de Excelencia en Big Data y Analítica. Toda esta validación se hizo mediante una entrevista presencial realizada en la Universidad EAFIT. El producto de esta entrevista es el refinamiento de la propuesta final que da salida al objetivo general de este trabajo de grado.

### **3. Estado del arte de Centros de Excelencia, Cuarta Revolución Industrial y Tecnologías Cognitivas**

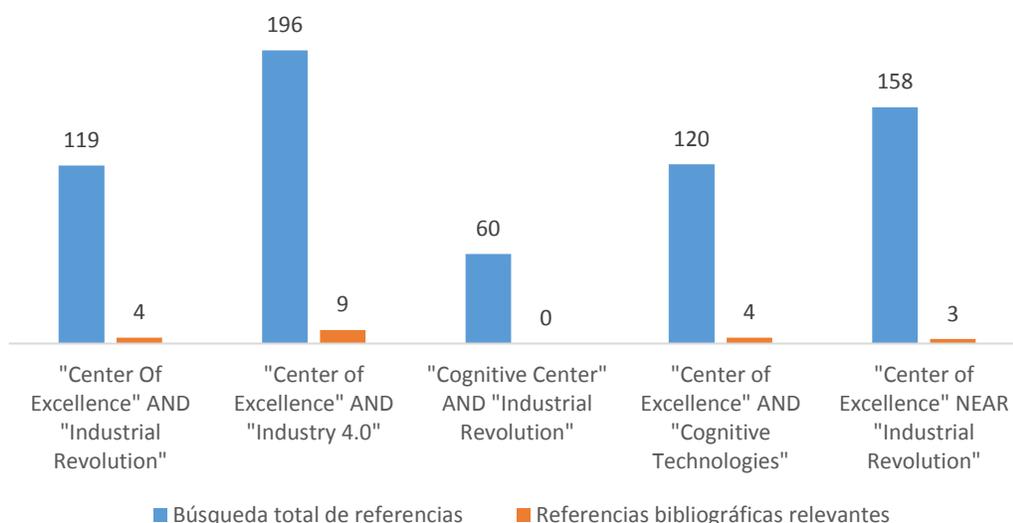
En este capítulo se hace un análisis de carácter cuantitativo del material bibliográfico utilizado para dar respuesta a la pregunta de investigación, el objetivo general y los específicos, que fueron planteados para llevar a cabo esta investigación.

En cuanto al estado del arte, se debe agregar que quedarán justificadas de forma cuantitativa las razones por las cuales se tuvo que separar la búsqueda de los conceptos “Centros de Excelencia, Cuarta Revolución Industrial y tecnologías cognitivas” en un inicio y cómo se lograron juntar estos términos en una fase final.

Cuando se decide hacer un estudio exploratorio es porque se ha confirmado que es un campo que cuenta con escasos antecedentes bibliográficos y poder hallar esa poca bibliografía será fundamental para poder compilar y trascender el conocimiento en el tópico de estudio puntual. Por lo explicado anteriormente, la fase exploratoria en la etapa de identificación de conceptos fue la etapa más importante para esta investigación, en cuanto a la metodología se refiere, debido a que fue la que obligó a generar una estrategia de búsqueda del material bibliográfico, en procura de poder tener información relevante para cumplir con los objetivos de esta investigación.

Ahora se examinará el análisis cuantitativo de las diferentes fases de búsqueda del material bibliográfico:

### Ilustración 8. Resultados de búsqueda inicial



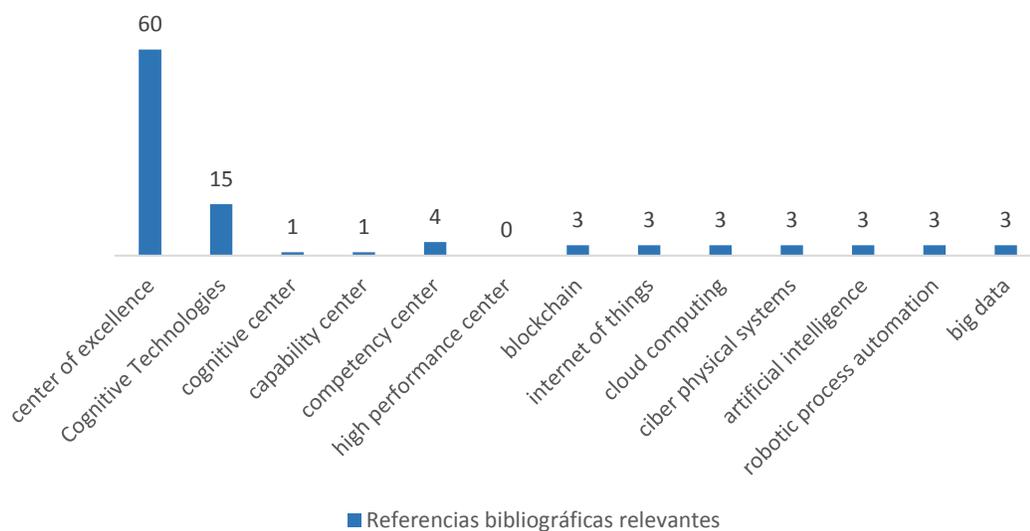
Fuente: Elaboración propia (2019).

En la ilustración 8 se aprecia cómo la búsqueda inicial, donde se combinaron diferentes algoritmos de búsqueda basados en las palabras claves de la pregunta de investigación, el objetivo específico y los generales, fue muy poco productiva, pues, de un total de 376 referencias bibliográficas, solo 20 se consideraron relevantes en esta investigación, para ser estudiadas a profundidad, con base a los criterios mencionados en la fase de filtración de conceptos de la etapa inicial.

Con miras a poder contar con una cantidad relevante de referencias bibliográficas que permitieran hacer un análisis concienzudo del objeto de estudio, se inicia la segunda fase de búsqueda con las palabras claves, pero esta vez de forma separada. Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la ilustración 9, en la cual se consideraron relevantes un total de 90 referencias bibliográficas, a partir de los criterios establecidos previamente. Esto representa un aumento del 450% en el número de referencias bibliográficas con relevancia para la investigación, respecto a la primera búsqueda. Se debe resaltar que en esta búsqueda se pudo establecer el término "Center of Excellence" como el conjunto de palabras base para elaborar los algoritmos de búsqueda de la fase final.

También es importante destacar que la búsqueda individual de las tecnologías cognitivas en las bases de datos, refleja que es un tema que está siendo ampliamente estudiado, porque se encontraron más de 5 millones de artículos que se relacionan con estas tecnologías. En este caso, se seleccionaron los tres artículos más citados por cada tecnología y que tuvieran la definición de cada una, como criterio de selección.

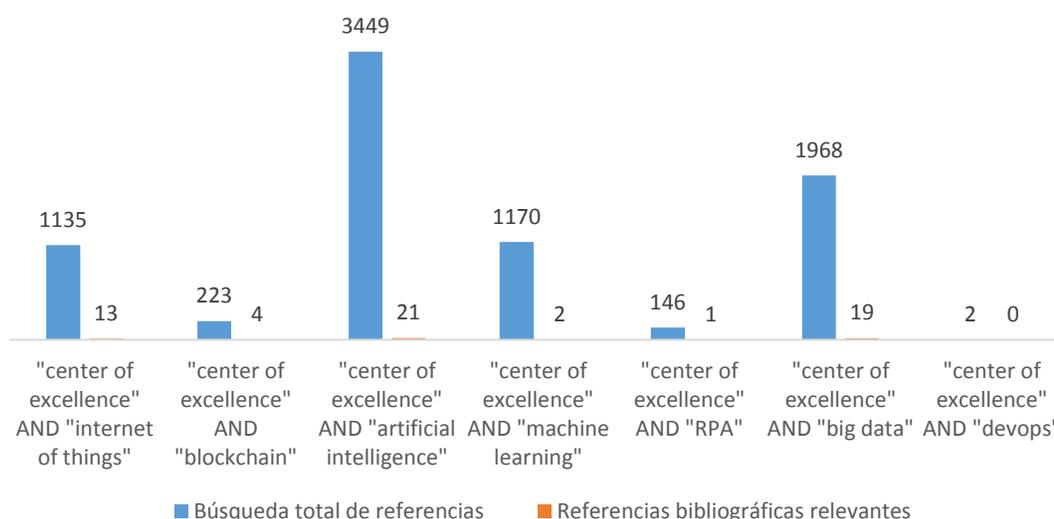
**Ilustración 9.** Resultados búsqueda bibliográfica separada



Fuente: Elaboración propia (2019).

Como resultado de las búsquedas previas, se terminan conformando los algoritmos para hacer la exploración final en las bases de datos, que sirvan para responder el objetivo general de la investigación. En esta búsqueda se destaca que se seleccionaron 64 artículos para ser analizados con más profundidad, debido a que estaban dentro de los criterios de selección establecidos, luego de las dos primeras búsquedas. Los resultados de esta tercera fase de investigación se ven reflejados en la ilustración 10.

**Ilustración 10.** Resultados búsqueda bibliográfica final

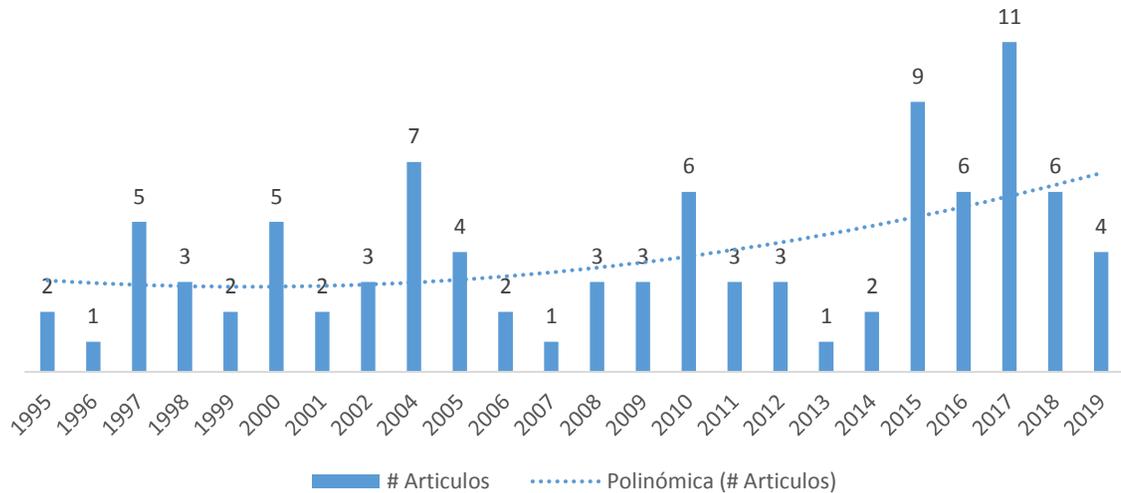


Fuente: Elaboración propia (2019).

Todos los 193 documentos que fueron seleccionados, después de las extensas fases de búsqueda, fueron almacenados en el gestor bibliográfico *Mendeley*®, el cual tiene un módulo que sirve para exportar la información más relevante de cada documento, tal como: título del artículo, nombre del o los autores, fecha de publicación, palabras claves, resumen y las notas personales que se hacen de cada artículo. Esta información fue explorada y analizada. Luego de este proceso, se encontraron varios patrones que son pertinentes destacar, por ejemplo, se puede identificar una tendencia marcada al aumento de publicaciones referentes a los COE con el paso de los años, confirmando la tendencia mundial creciente de incorporar este tipo de centros en las organizaciones públicas y privadas. Esta tendencia se ve reflejada en la ilustración 11, donde están plasmadas las fechas de publicación de las referencias bibliográficas seleccionadas, para llevar a cabo esta investigación. Habría que decir también que los artículos seleccionados solo son una pequeña muestra de lo que es el universo de todos los artículos. Lo que se hizo fue una validación que confirmara este patrón de comportamiento con la herramienta de análisis de resultados de Scopus®, donde se ingresó en el buscador el algoritmo “Center of Excellence” y se seleccionaron las fechas de publicación de

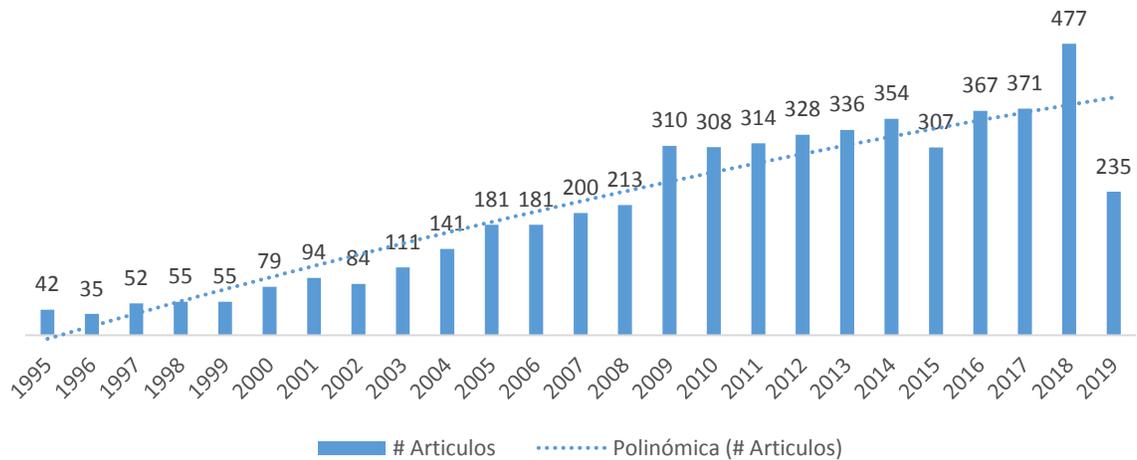
los artículos desde 1995, confirmando la tendencia creciente de publicación de documentos relacionados con COE. Estos resultados se ven reflejados en la ilustración 12.

**Ilustración 11.** Año de publicación referencias bibliográficas seleccionadas



Fuente: Elaboración propia (2019).

**Ilustración 12.** Año de publicación referencias bibliográficas de COE en Scopus®



Fuente: Scopus® (2019).

De la misma forma, las publicaciones relacionadas con las tecnologías cognitivas han venido aumentando en los últimos años, lo cual es completamente lógico, ya que son tecnologías que se encuentran en pleno desarrollo y son la base de la Cuarta Revolución Industrial, tendencia que se puede ver reflejada en la ilustración 13.

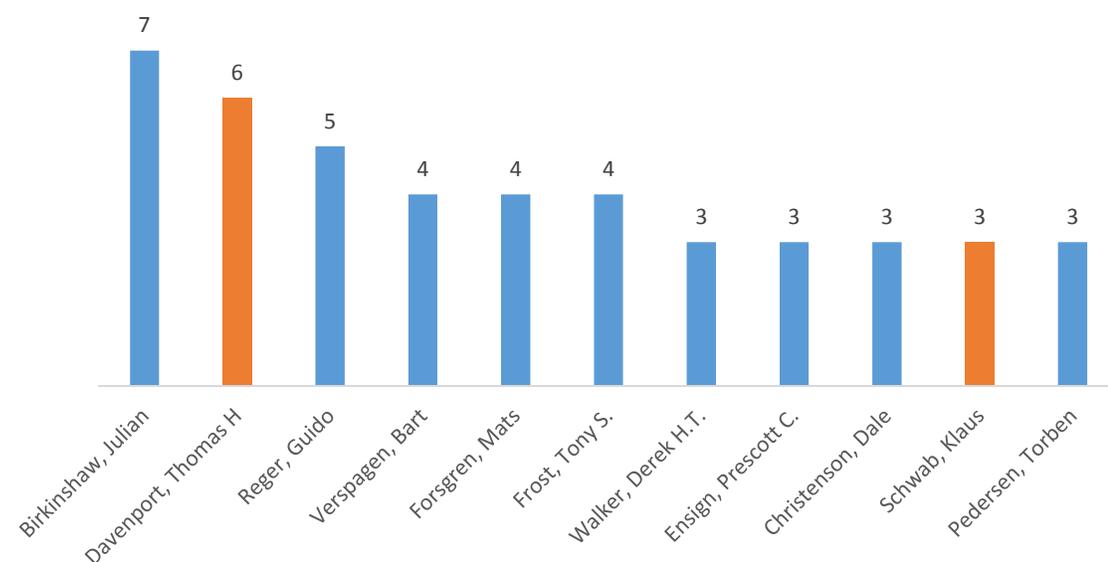
**Ilustración 13.** Año publicación referencias bibliográficas de tecnologías cognitivas



Fuente: Elaboración propia (2019).

En lo concerniente a la identificación de los autores más relevantes para la investigación, se hizo una tabulación que permitió clasificar cuáles eran los diez autores con más artículos dentro de las 167 referencias bibliográficas seleccionadas, para llevar a cabo esta identificación. Este resultado se puede ver reflejado en la ilustración 14, donde los autores con la barra en color naranja, son los que desarrollaron temáticas relacionadas con las tecnologías cognitivas y los que tienen la barra en color azul, desarrollaron temáticas de los COE.

### Ilustración 14. Autores más representativos de referencias bibliográficas



Fuente: Elaboración propia (2019).

En cuanto a los autores más relevantes para la investigación, se examinó el número de citaciones en la base de datos *Google Académico*. A continuación, se relacionan en la tabla 7, las 9 referencias bibliográficas más citadas por cada uno de los autores más relevantes.

**Tabla 7.** Principales autores por número de citaciones

Principales autores por número de citaciones			
Obra	Autor(es)	Número de citaciones	Temática
The fourth industrial revolution	K. Schwab (2017)	3356	Tecnologías cognitivas
Centers of excellence in multinational corporations	T. Frost, J. Birkinshaw y P. Ensign (2002)	973	COE
The geographic sources of foreign subsidiaries' innovations	T. Frost (2000)	963	COE
Globalization of R&D: recent changes in the management of innovation in transnational corporations	A. Gerybadze y G. Reger (1999)	721	COE

Principales autores por número de citas			
Obra	Autor(es)	Número de citas	Temática
In search of centre of excellence: Network embeddedness and subsidiary roles in multinational corporations	U. Andersson y M. Forsgren (2000)	484	COE
The Emergence and Impact of MNC Centres of Excellence	T. Pedersen (2000)	432	COE
Innovation and Economic Development	B. Verspagen (2010)	291	COE
Knowledge wisdom and networks: a project management centre of excellence example	D. Walker y D. Christenson (2005)	68	COE
Artificial intelligence for the real world	T. Davenport (2013)	48	Tecnologías cognitivas

Fuente: Google Académico (2019).

Por otro lado, cuando se hace el análisis del país de origen de la institución a la cual están adscritos los escritores del material bibliográfico seleccionado, en cada una de las tres fases de búsqueda, se puede apreciar que los Estados Unidos es el país que lidera en materia de investigación de los COE y las tecnologías cognitivas, tanto de forma individual como de forma conjunta. Así mismo, hay que resaltar que dentro del top 8 de las tres categorías hay otros cuatro países que tienen presencia en cada una de ellas. Esos países son: Reino Unido, Alemania, Canadá e Italia, indicando una clara tendencia por parte de las potencias mundiales a propiciar la creación de estos COE en las tecnologías cognitivas en las diferentes organizaciones presentes en cada país. Este análisis se puede ver plasmado en la tabla 8.

**Tabla 8.** Distribución porcentual de los países de origen de la publicación de la referencia bibliográfica

Distribución porcentual de los países de origen de la publicación de la referencia bibliográfica					
Centros de Excelencia	Porcentaje	Tecnologías cognitivas	Porcentaje	COE y tecnologías cognitivas	Porcentaje
Estados Unidos	31%	Estados Unidos	23%	Estados Unidos	24%
Irán	11%	Alemania	10%	Reino Unido	21%
Reino Unido	8%	Reino Unido	9%	Australia	7%
Alemania	5%	Francia	5%	Países bajos	4%
Canadá	5%	Rusia	4%	Canadá	4%
India	4%	Italia	4%	Alemania	4%
Australia	4%	China	4%	España	3%
Italia	3%	Canadá	3%	Italia	3%

Fuente: Elaboración propia (2019).

En esta sección se dio un enfoque cuantitativo de las referencias bibliográficas seleccionadas para el estado del arte. Este enfoque permitió determinar cuáles son las tendencias globales en materia de los COE y las tecnologías cognitivas; adicionalmente, se pudo demostrar cuantitativamente porqué se tuvo que replantear la forma de afrontar la búsqueda, para poder alcanzar los objetivos planteados inicialmente.

#### **4. Conclusiones y trabajos futuros**

##### **Conclusiones sobre los objetivos de la investigación**

Cuando se planteó esta investigación se propusieron cuatro objetivos específicos y un objetivo general, para dar respuesta a la pregunta de investigación:

El primer objetivo específico fue:

- **Reconocer las tecnologías cognitivas necesarias para tener un Centro de Excelencia Cognitivo**

Si bien la cantidad de tecnologías cognitivas no está definida exactamente, debido a la gran cantidad de tecnologías que emergen constantemente en el contexto cambiante de la Cuarta Revolución Industrial, sí se puede determinar cuáles son las tecnologías base y las cognitivas que debe incorporar un COE. Esas tecnologías base son: big data, internet de las cosas, los sistemas ciber-físicos y el almacenamiento en la nube, por el lado de las TC deben ser la Inteligencia artificial y el RPA , si definitivamente un COE quiere tener la connotación de Centro de Excelencia Cognitivo.

El segundo objetivo específico fue:

- **Comprender la evolución que han tenido las oficinas de investigación y desarrollo para convertirse en los Centros de Excelencia**

En este caso, con la investigación realizada, se puede determinar que los COEC más que una evolución de las oficinas de proyectos únicamente, son el surgimiento de una solución a una necesidad puntual que tienen las organizaciones de tener un

área que reúna en un lugar lo mejor de las diferentes áreas de una organización, como la de investigación y desarrollo, comunidad de práctica, comunidad de interés, entre otras, que se encargan de garantizar el crecimiento sostenible de las organizaciones.

El tercer objetivo específico fue:

- **Establecer un análisis comparativo entre los diferentes Centros de Excelencia**

La diferenciación de los COEC se logró establecer a partir de la finalidad que tiene cada uno de estos centros al interior de la organización a la que pertenecen, pudiéndose identificar tres grandes categorías de COEC. La primera son los centros especializados que como característica principal deben ser los encargados de generar los productos y servicios de vanguardia, es decir, el área designada para generar la innovación. El segundo tipo de centro son los de mejores prácticas, que tienen como función principal implementar procesos que han sido exitosos tanto al interior como al exterior de la organización, sin pasar por el proceso de ensayo y error. Finalmente, el tercer tipo de centro es el diseminador de conocimiento, cuyo principal propósito es el de esparcir el conocimiento a lo largo y ancho de toda la organización.

El cuarto y último objetivo específico fue:

- **Proponer las características necesarias con las que debe contar un Centro de Excelencia Cognitivo**

Este último objetivo también se logró cumplir a cabalidad, puesto que se lograron identificar tanto las características obligatorias como opcionales que debe tener un COE, para ser catalogado como tal y se establecieron cuáles son las tecnologías cognitivas que se le deben agregar en la parte funcional a estos centros, para poder ser llamados Centros de Excelencia Cognitivos.

Una vez se les ha dado salida a los objetivos específicos, se procede a dar cumplimiento al objetivo general que fue:

- **Caracterizar los Centros de Excelencia Cognitivos en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial**

Y a la pregunta de investigación:

**¿Cuál es el rol de las tecnologías cognitivas en los Centros de Excelencia en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial?**

El hecho de no encontrar en ninguna referencia bibliográfica una definición específica de un Centro de Excelencia cognitivo, confirma porqué esta investigación fue de carácter exploratoria y se debía afrontar con un paso a paso que permitiera identificar primero las características de forma separada, para luego hacerlo de forma conjunta, pudiendo determinar con suficiente seguridad, cuáles son las diferentes características que debe tener un COEC.

Como punto a resaltar de esta investigación es no haber encontrado diferencia alguna entre los COEC de los diferentes países. Las diferencias están dadas por el objetivo que se pretende lograr con cada centro.

Se pudo evidenciar una tendencia creciente en las publicaciones bibliográficas, tanto de COE como de tecnologías cognitivas, lo que demuestra la relevancia y pertinencia de haber realizado esta investigación al analizar estos dos temas de forma conjunta en el contexto actual de la Cuarta Revolución Industrial.

También conviene destacar que, si bien la búsqueda de los COEC no se hizo de forma predeterminada en las principales potencias del mundo, el análisis de los resultados de la investigación demostró que los COEC están presente en los países más influyentes del orbe, como son Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Canadá e Italia.

Si bien las TC se comenzaron a desarrollar hace más de 60 años es el contexto actual de la Cuarta Revolución Industrial y sus tecnologías bases, las que han permitido el desarrollo exponencial de estas tecnologías en los últimos años. Confirmando que hoy en día todas las tecnologías están interconectadas entre si y que no se puede dar ninguna tecnología sin el apoyo de las otras.

En definitiva, es bastante claro que las TC son herramientas fundamentales para eliminar operaciones repetitivas que no aportan valor en la búsqueda de la obtención del objetivo final, por lo tanto, incorporar estas tecnologías es más que mandatorio para este tipo de áreas tan especializadas como lo son los Centros de Excelencia en procura de seguir siendo los referentes en cada una de sus áreas de experticia.

### **Conclusiones sobre la metodología**

Cuando se decide empezar un estudio exploratorio es porque hay pocos antecedentes bibliográficos respecto al tema de investigación, lo cual aumenta el nivel de dificultad para poder encontrar información relevante al tema, debido a que no existe un derrotero puntual para la búsqueda. Por eso, la decisión de cambiar la búsqueda de los conceptos de estudio de forma conjunta a una búsqueda de carácter individual, para ser analizados posteriormente de la misma forma y ser combinados al final, fue un gran acierto. Esto lo confirma la cantidad de referencias bibliográficas que fueron encontradas en cada una de las fases de exploración que se llevaron a cabo.

El poder contar con un gestor de referencias bibliográficas como *Mendeley*® simplificó ostensiblemente el análisis cuantitativo de estas, debido a que cuenta con un módulo que facilita exportar las principales características de las referencias bibliográficas para su posterior análisis.

## **Trabajos futuros**

Se propone hacer una validación de las afirmaciones que se hacen en este trabajo de grado en un Centro de Excelencia cognitivo, comparando el funcionamiento de centros que tengan las cuatro tecnologías cognitivas base en su funcionamiento, con centros que no las tengan.

## Referencias

- Ambos, B., & Reitsperger, W. D. (2004). Offshore Centers of Excellence: Social Control and Success, *51*(5), 665–696. <https://doi.org/10.1097/00004583-199405000-00013>
- Anagnoste, S. (2018). Setting Up a Robotic Process Automation Center of Excellence. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, *6*(2), 307–322. <https://doi.org/10.25019/mdke/6.2.07>
- Andersen, A. (2017). Building a Cognitive Center of Excellence - IPsoft. Retrieved September 24, 2019, from <https://www.ipsoft.com/2017/02/09/building-a-cognitive-center-of-excellence/>
- Arnau, J. (2012). Estudio Exploratorio de la Humanización en la Atención Perinatal de la Mujer del Área I de Salud de la Región de Murcia. *Universidad de Murcia*, 557. Retrieved from <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/37001/1/TJAS.pdf>
- Association, B. M. V. (2018). What is computer vision? Retrieved September 23, 2019, from <https://britishmachinevisionassociation.github.io/>
- 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>
- Autodesk. (2019). ¿Qué es la impresión 3D? | Tecnología de impresión 3D | Autodesk. Retrieved August 7, 2019, from <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>
- Bainbridge, W. S. (2006). Cognitive Technologies. *Converging Technologies in*

*Society*, 203–226.

Balestrini Acuña, M. (2006). Como se elabora el proyecto de investigación. *Consultores Asociados*, 3(Juni 2011), 265.

Birkinshaw, J., & Hood, N. (1998). *Multinational Corporate Evolution and Subsidiary Development*. (J. Birkinshaw & N. Hood, Eds.), *Journal of Experimental Psychology: General* (Vol. 136). London: Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-26467-4>

Cotteleer, M., & Sniderman, B. (2017). Industry 4.0 overview | Deloitte Insights. Retrieved August 7, 2019, from <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/overview.html>

Craig, W., Fisher, M., Garcia-Miller, S., Kaylor, C., Porter, J., & Reed, L. S. (2009). Generalized Criteria and Evaluation Method for Center of Excellence: A Preliminary Report. *International Journal of Wildland Fire*, 24(3), 37. <https://doi.org/10.1071/WF14040>

Dascal, M., & Dror, I. E. (2005). The impact of cognitive technologies: Towards a pragmatic approach. *Pragmatics & Cognition*, 13(3), 451–457. <https://doi.org/10.1075/pc.13.3.03das>

Data, P. (2019). Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad. Retrieved August 7, 2019, from <https://www.powerdata.es/big-data>

Davenport, T., & Dasgupta, S. (2019). How to Set Up an AI Center of Excellence. *Harvard Business Review*, 6. Retrieved from <https://hbr.org/2019/01/how-to-set-up-an-ai-center-of-excellence>

Davenport, T. H. (2018). From analytics to artificial intelligence. <https://doi.org/10.1080/2573234X.2018.1543535>

Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). *ARTICLE TECHNOLOGY Artificial Intelligence for the Real World*. Retrieved from <https://www.kungfu.ai/wp-content/uploads/2019/01/R1801H-PDF-ENG.pdf>

- Deloitte. (2018). The Industry 4 . 0 paradox Overcoming disconnects on the path to digital transformation. *Deloitte Insights*.
- Farmer, P. (2001). The Major Infectious Diseases in the World — To Treat or Not to Treat? *New England Journal of Medicine*, *345*(3), 208–210.  
<https://doi.org/10.1056/NEJM200107193450310>
- Forsgren, M., Johanson, J., & Sharma, D. (2000). Development of MNC Centres of Excellence. In U. H. Torben Pedersen (Ed.) (pp. 45–67). Basingstoke, United Kingdom: Palgrave Macmillan.
- Frost, T. S., Birkinshaw, J. M., & Ensign, P. C. (2002). Centers of excellence in multinational corporations. *Strategic Management Journal*, *23*(11), 997–1018.  
<https://doi.org/10.1002/smj.273>
- Global, I. (2018). What is Relational Dimension | IGI Global. Retrieved August 7, 2019, from <https://www.igi-global.com/dictionary/relational-dimension/24946>
- Google Académico. (2019). Retrieved September 3, 2019, from <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- Grady, H. M. (2004). Centers for excellence in engineering education: A case study. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, *3*, 1–5.  
 Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-21644441266&partnerID=tZOtx3y1>
- Hasan, Q., Machado, M., Tsukamoto, M., & Umemoto, K. (2006). Knowledge creation for science and technology in academic laboratories: A pilot study. *Knowledge Management Research and Practice*, *4*(2), 162–169.  
<https://doi.org/10.1057/palgrave.kmrp.8500096>
- Henao, M. (2017). Administración Conocimiento e Innovación Parte 2. *Universidad Eafit, Medellín*(c), 46.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (I. Editores, Ed.). Santa Fe Mexico: McGraw Hill.

- Hoeschl, H. C., & Barcellos, V. (2006). ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND KNOWLEDGE MANAGEMENT. *Springer*. Retrieved from <http://www.ijuris.org>
- Iberdrola. (2017). ¿Qué es la Inteligencia Artificial? Retrieved August 7, 2019, from <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial>
- Instruments, T. (1997). Case study Centres of excellence at Placing employees where they are most. *Management Development Review*, 10(6), 268–270.
- Kambayashi, Y. (2004). Overview of the COE program. In *International Conference on Informatics Research for Development of Knowledge Society Infrastructure, 2004. ICKS 2004*. (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICKS.2004.1313402>
- Kirchner, J., Diaz, J., Henry, G., Fliss, S., Culshaw, J., Gendron, H., & Cawthorne, J. E. (2015). *Center of Excellence Model for Information Services Council on library and information resources*. Washington: Council on Library And Information Resources. Retrieved from <http://www.clir.org/pubs/reports/pub163/pub163.pdf>
- Lee, M., Yun, J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., ... Zhao, X. (2018). How to Respond to the Fourth Industrial Revolution, or the Second Information Technology Revolution? Dynamic New Combinations between Technology, Market, and Society through Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3), 21. <https://doi.org/10.3390/joitmc4030021>
- Lyle, S. W., & Zawacki, R. A. (1997). Centers of excellence: Empowering people to manage change. *Information Systems Management*, 14(1), 26–29. <https://doi.org/10.1080/10580539708907026>
- McCarthy, J. (1981). EPISTEMOLOGICAL PROBLEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE. *Readings in Artificial Intelligence*, 459–465. <https://doi.org/10.1016/B978-0-934613-03-3.50035-0>
- Mohan, S., Bhat, N., Pratap, R., Jamadagni, H. S., Shivashankar, S. A., Ananthasuresh, G. K., ... Contractor, A. Q. (2010). Centers of Excellence in

- Nanoelectronics in India. *Biennial University/Government/Industry Microelectronics Symposium - Proceedings*.  
<https://doi.org/10.1109/UGIM.2010.5508944>
- Montoya, E. (2019a). CAOBA: Centro de Excelencia en Big Data y Analítica - Escuela de Ingeniería - Universidad EAFIT (p. 33). Medellín: Universidad Eafit. Retrieved from  
<http://www.eafit.edu.co/escuelas/ingenieria/Paginas/caoba.aspx>
- Montoya, E. (2019b). Entrevista Profesor Edwin Montoya. Medellín, Colombia: Universidad Eafit.
- Moore, K., & Birkinshaw, J. (1998). Managing knowledge in global service firms: Centers of excellence. *Academy of Management Perspectives*, 12(4), 81–92.  
<https://doi.org/10.5465/AME.1998.1333973>
- Noor, A. K. (2015). Potential of cognitive computing and cognitive systems. *Open Engineering*, 5(1), 75–88. <https://doi.org/10.1515/eng-2015-0008>
- Palaiologk, A., Koller, B., & Wierse, A. (2016). Centre of excellence for HPC and engineering: Concept development. *EChallenges E-2015 Conference Proceedings*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/eCHALLENGES.2015.7441081>
- Pan, Y. (2016). Heading toward Artificial Intelligence 2.0. *Engineering*, 2(4), 409–413. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.04.018>
- Portal, A. (2019). RPA: Robotic Process Automation - Qué es y cómo nos ayuda • AuraPortal. Retrieved August 7, 2019, from  
<https://www.auraportal.com/es/rpa-robotic-process-automation-que-es/>
- Reger, G, & Zafrane-Bravo, C.-E. (2002). Managerial Implications of the Research on Centers of Excellence - A Conceptual View. *Engineering Management Conference 2002; IEMC '02*, (13), 178–183.
- Reger, Guido. (2004). Coordinating globally dispersed research centres of excellence—the case of Philips Electronics. *Journal of International Management*, 10(1), 51–76. <https://doi.org/10.1016/J.INTMAN.2003.12.004>

- Renner, R., Abbattista, J., & Guszczca, A. (2018). Tecnologías cognitivas. Una cartilla técnica. *Insights, Deloitte*, 1–12.
- Salesforce. (2017). ¿Qué es Cloud Computing? | Salesforce. Retrieved August 7, 2019, from <https://www.salesforce.com/mx/cloud-computing/>
- Schatasky, D., Gorumurthy, R., & Muraskin, C. (2015). Cognitive technologies: The real opportunities for business. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 22(1), 166–178. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2014-002887>
- Schatky, D., & Mahidhar, V. (2014). Intelligent automation: A new era of innovation | Deloitte Insights. Retrieved September 23, 2019, from <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/signals-for-strategists/intelligent-automation-a-new-era-of-innovation.html>
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Retrieved from [https://books.google.es/books?id=ST\\_FDAAAQBAJ&dq=the+fourth+industrial+revolution+klauss&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.es/books?id=ST_FDAAAQBAJ&dq=the+fourth+industrial+revolution+klauss&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Scopus - Analyze search results. (2019). Retrieved September 3, 2019, from <https://www-scopus-com.ezproxy.eafit.edu.co/term/analyzer.uri?sid=d8e8eba38e2f43b41616316b27decc68&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28%22center+of+excellence%22%29&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=37&count=5526&analyzeResults=Analyze+results&txGid=f72486>
- Sherman, R. (2015). Centers of Excellence. *Business Intelligence Guidebook*, (April), 493–512. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411461-6.00019-8>
- Standards Australia International. (2001). *Knowledge management : a framework for succeeding in the knowledge era*. Standards Australia International.
- Techopedia. (2016). What is Cognitive Technology? - Definition from Techopedia. Retrieved September 22, 2019, from <https://www.techopedia.com/definition/32482/cognitive-technology>

- Tsukada, M., Yamakawa, T., & Yasui, S. (2004). Two COE ' s for Brain Science / Technology Life / Society Integrative Human Science Program Neurophysiology , MRI, 381–386.
- Walker, D. H. T., & Christenson, D. (2015). Knowledge wisdom and networks: a project management centre of excellence example. *The Learning Organization*, 22(1), 14–39. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/TLO-05-2013-0024>
- Wilson, R. A., & Keil, F. C. (2000). *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. (R. A. Wilson & F. C. Keil, Eds.), *Choice Reviews Online* (Vol. 37). London: MIT. <https://doi.org/10.5860/choice.37sup-408>
- World Economic Forum. (2019, August 6). La Cuarta Revolución Industrial. Retrieved August 7, 2019, from <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000001RIhBEAW?tab=publications>
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Yasinsac, A., & Burmester, M. (2005). Centers of academic excellence: A case study. *IEEE Security and Privacy*, 3(1), 62–65. <https://doi.org/10.1109/MSP.2005.8>
- Zetlin, M. (2017). How to build a DevOps center of excellence: 4 steps | The Enterprisers Project. Retrieved August 7, 2019, from <https://enterpriseproject.com/article/2017/7/how-build-devops-center-excellence-4-steps>