

Prospectiva UN

Agendas de Conocimiento



12

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICA- CIONES (TIC)

PLAN GLOBAL DE DESARROLLO 2010-2012
Prospectiva UN - Agendas de Conocimiento

Agenda:
**TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Y LAS COMUNICACIONES, TIC**

PLAN GLOBAL DE DESARROLLO 2010-2012
Prospectiva UN - Agendas de Conocimiento

Agenda: TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES, TIC

Autores:

Profesores - Grupo de expertos participantes
Germán Castellanos Domínguez
Óscar Germán Duarte Velasco
Néstor Darío Duque Méndez
Juan Bernardo Gómez Mendoza
Fabio Augusto González Osorio
Gloria Lucía Giraldo Gómez
Alcides de Jesús Montoya Cañola
Flavio Augusto Prieto Ortiz
Pablo Enrique Rodríguez Espinosa
Gerard Olivar Tost

Coordinación metodológica:

Profesores

Jenny Marcela Sánchez Torres, asesora VRI
Carlos Alberto Rodríguez Romero, grupo Griego



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN

Bogotá, 2013

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN**

RECTORÍA

Ignacio Mantilla Prada (2012-2014)
Moisés Wasserman Lerner (2006-2012)

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN

Alexánder Gómez Mejía (2012-2014)
Rafael Alberto Molina Gallego (2008-2012)

**Coordinación General Proyecto
Agendas de Conocimiento**

Profesor Rafael Molina Gallego

Coordinación metodológica del proyecto

Profesores facilitadores:

Jenny Marcela Sánchez Torres, asesora VRI
Carlos Alberto Rodríguez Romero, grupo Griego

Grupo de apoyo conceptual

Profesor José Javier Aguilar Zambrano
Grupo Innovación y Gestión Tecnológica

Profesional de apoyo

Adriana del Pilar Sánchez Vargas

Vigías

Ivonne Astrid Albán Gómez
Javier Roa Afflak

Corrección de estilo

Martha Elena Reyes

Diseño y diagramación

Andrés Camilo Gantiva - Diseñador Gráfico
Unidad de Publicaciones Facultad de Ingeniería

Primera edición, 2013

© Universidad Nacional de Colombia
Vicerrectoría de Investigación

© Autores:

Profesores - Grupo de expertos participantes
Germán Castellanos Domínguez
Óscar Germán Duarte Velasco
Néstor Darío Duque Méndez
Juan Bernardo Gómez Mendoza
Fabio Augusto González Osorio
Gloria Lucía Giraldo Gómez
Alcides de Jesús Montoya Cañola
Flavio Augusto Prieto Ortiz
Pablo Enrique Rodríguez Espinosa
Gerard Olivar Tost

ISBN: 978-958-761-684-2 (rústico)

ISBN: 978-958-761-685-9 (e-book)

ISBN: 978-958-761-686-6 (impresión bajo demanda)

Impreso y hecho en Bogotá, Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Vicerrectoría de Investigación

Avenida El Dorado # 44A - 40
Hemeroteca Nacional – Oficina 403
Teléfono: 57-1-316 5000 Ext. 20077
Correo electrónico: vicinvest_nal@unal.edu.co
www.unal.edu.co

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABLAS	13
PRESENTACIÓN	15
INTRODUCCIÓN	21
1. DIAGNÓSTICO GENERAL E INSTITUCIONAL	25
1.1 Panorama internacional de investigación en TIC	25
1.2 Panorama nacional de la investigación en TIC	30
1.3 Apuestas gubernamentales en la última década	34
1.4 Esfuerzos institucionales en la definición de agendas de investigación	40
1.5 Capacidades de investigación del entorno nacional e institucional en TIC	41
1.5.1 Capacidades de investigación del ámbito nacional	42
1.5.1.1 Capital humano	42
1.5.1.2 Capital estructural	50
1.5.2 Capacidades de investigación institucionales	52
1.5.2.1 Capital humano	52
1.5.2.2 Capital estructural	55
2. VISIÓN DE FUTURO: LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS PROPUESTOS	59
2.1 Objetivo de la Agenda	59
2.2 Objetivos específicos	59
2.3 Alcance	60
2.4 Potenciadores e inhibidores	60
2.5 Propuesta inicial de temas existentes y emergentes	61
2.5.1 Desarrollo endógeno de las TIC	61
2.5.1.1 Priorización subtemas de desarrollo endógeno de las TIC	63
2.6 Determinación de énfasis institucionales	64
2.7 Elementos vinculantes	65

3.	ANÁLISIS PROSPECTIVO PARA CONSOLIDAR UNA VISIÓN DE FUTURO DE TIC	67
3.1	Resumen ejecutivo de los resultados de las encuestas prospectivas	67
3.2	Resumen de las realimentaciones en las jornadas de discusión con la comunidad académica	85
3.3	Proyectos propuestos por el equipo de expertos Agenda TIC y la comunidad académica	85
	BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXO 1.	METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA AGENDA TIC	97
1.	Consideraciones para la elaboración del panorama de la investigación	98
1.1	Panorama internacional de investigación	99
1.2	Panorama nacional de investigación	101
1.3	Capacidades de investigación entorno nacional	104
1.4	Capacidades de la Universidad Nacional de Colombia	104
1.5	Formas de interacción de las Agendas antecedentes del ajuste institucional	107
1.6	Consolidación de la visión de futuro	108
2.	Estructuración del documento final	112
ANEXO 2.	EXPERTOS AGENDA DE CONOCIMIENTO TIC	113
ANEXO 3.	EQUIPOS DE TRABAJO QUE APOYAN LA AGENDA TIC	114
ANEXO 4.	MACROTENDENCIAS EN TIC	115
1.	Temas propios de las TIC	115
1.1	Software y procesamiento del conocimiento	115
1.2	Telecomunicaciones y redes	117
1.3	Electrónica, microsistemas y hardware	121
1.4	Seguridad	123
2.	Temas de aplicación	124
2.1	Transporte y logística	124
2.2	Salud	127
2.3	Educación	130
2.4	Automatización y control industrial	131

ANEXO 5.	OTRAS POLÍTICAS EN TORNO A LAS TIC	133
1.	Planes y políticas sectoriales	133
1.1	Planes y políticas en el ámbito regional	136
1.2	Principales líneas de acción en el ámbito regional	138
ANEXO 6.	CENTRO DE INVESTIGACIÓN APLICADA E INNOVACIÓN EN TIC - INTICOLOMBIA	139
1.	Objetivo	
2.	Las líneas estratégicas: una oportunidad en el mercado mundial	140
3.	Siguientes etapas	144
ANEXO 7.	PRIORIZACIÓN DE SUBTEMAS DE DESARROLLO ENDÓGENO DE LAS TIC	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Componentes de las Agendas de Conocimiento PDG 2010-2012	18
Figura 2.	Esquema general del sistema integrado de las Agendas de Conocimiento	19
Figura 3.	Temas internacionales globales de investigación en TIC	26
Figura 4.	Programas y proyectos asociados a los elementos del ecosistema digital	36
Figura 5.	Mapa normativo del sector TIC y del ecosistema digital	37
Figura 6.	Histórico de la creación de grupos de investigación en TIC	43
Figura 7.	Instituciones con mayor número de grupos de investigación	46
Figura 8.	Clasificación grupos de investigación TIC para las principales universidades	46
Figura 9.	Clasificación grupos de investigación en TIC	47
Figura 10.	Participación grupos de investigación TIC categorías A y A1 en universidades	47
Figura 11.	Participación de investigadores por género	48
Figura 12.	Grupos de investigación en TIC por departamento	48
Figura 13.	Sectores de aplicación grupos de investigación TIC	49
Figura 14.	Afiliación programa nacional principal y secundario de los grupos de investigación TIC	49
Figura 15.	Grupos de investigación en TIC, Universidad Nacional de Colombia 2003-2010	52
Figura 16.	Integrantes Agenda TIC de la Universidad Nacional de Colombia, 2003-2010	53
Figura 17.	Tipo de vinculación de los docentes asociados a la Agenda TIC, 2003-2010	54
Figura 18.	Formación docente de la Agenda TIC, 2003-2010	54
Figura 19.	Clasificación de los grupos de investigación de la Agenda TIC - UN, 2003-2010	55
Figura 20.	Productos de nuevo conocimiento, Agenda TIC - UN, 2003-2010	56
Figura 21.	Productos de formación, Agenda TIC - UN, 2003-2010	56
Figura 22.	Proyectos de investigación y extensión relacionados con la Agenda TIC - UN, 2003-2010	57
Figura 23.	Árbol de conocimiento TIC - Desarrollo endógeno de las TIC	62
Figura 24.	Énfasis institucional Agenda TIC - UN, 2003-2010	64

Figura 25.	Árbol de temas TIC - Aplicaciones: elementos vinculantes	66
Figura 26.	Resumen gráfico encuesta prospectiva genérica líderes de grupos de investigación, investigadores y docentes de la UN	69
Figura 27.	Resumen gráfico encuesta prospectiva de aplicación líderes de grupos de investigación, investigadores y docentes de la UN	70
Figura 28.	Valoración del grado de acuerdo de los objetivos propuestos en la Agenda TIC	71
Figura 29.	Valoración del grado de acuerdo del alcance propuesto en la Agenda TIC	72
Figura 30.	Promedio de importancia de investigación para el desarrollo de temas TIC	74
Figura 31.	Promedio de importancia de investigación para el desarrollo de temas de aplicación TIC	76
Figura 32.	Promedio de importancia de la aplicabilidad industrial y social de los temas genéricos TIC	77
Figura 33.	Promedio de importancia de la aplicabilidad industrial y social de los temas TIC	78
Figura 34.	Capacidades de la UN para desarrollar investigación en los temas de la Agenda TIC	79
Figura 35.	Capacidades UN para desarrollar investigación en temas de aplicación de la Agenda TIC	80
Figura 36.	Índice de importancia de investigación en TIC	84
Figura 37.	Líneas de acción de la Agenda TIC - UN (por validar)	86
Figura 38.	Componentes de las agendas de conocimiento PGD 2010-2012	99
Figura 39.	Procedimiento para la elaboración del documento de macro tendencias para la Agenda TIC	100
Figura 40.	Componentes considerados para el análisis de las capacidades de investigación de la UN	105
Figura 41.	Extracto de la encuesta implementada en la Agenda TIC	111
Figura 42.	Convergencia tecnológica entre las telecomunicaciones, las tecnologías de la información y los “media”	120
Figura 43.	Modelo de sistema I+D+i en TIC	136
Figura 44.	Líneas estratégicas de InTIColombia	140
Figura 45.	Comportamiento de los sectores de contenidos digitales	141
Figura 46.	Estructura jerárquica. Agenda de Conocimiento TIC - UN	146

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Macrotendencias TIC para el área genérica	27
Tabla 2.	Macrotendencias TIC para el área de aplicación	28
Tabla 3.	Síntesis de las tendencias nacionales de las TIC	31
Tabla 4.	Políticas macro y su incidencia en las TIC	35
Tabla 5.	Normatividad asociada al ecosistema digital	38
Tabla 6.	Programas priorizados por región a partir de discusiones de Colciencias en el marco de la asignación de regalías 2011	39
Tabla 7.	Grupos de investigación en TIC por área de conocimiento nacionales y de la UN	45
Tabla 8.	Oferta de programas de formación en TIC	50
Tabla 9.	Instituciones de educación superior que ofrecen programas de posgrado en TIC	51
Tabla 10.	Potenciadores e inhibidores Agenda de Conocimiento TIC	60
Tabla 11.	Subtemas priorizados Agenda TIC	63
Tabla 12.	Ficha técnica de la encuesta prospectiva área genérica de las TIC	68
Tabla 13.	Ficha técnica de la encuesta prospectiva área de aplicación de las TIC	68
Tabla 14.	Grado de desarrollo de la tecnología en el tiempo	82
Tabla 15.	Programas y proyectos TIC en salud	87
Tabla 16.	Programas y proyectos TIC en educación	88
Tabla 17.	Expertos participantes en la construcción de la Agenda TIC	113
Tabla 18.	Integrantes del equipo facilitador de la Agenda TIC	114
Tabla 19.	Integrantes equipo de apoyo logístico y coordinación	114
Tabla 20.	Integrantes equipo técnico de gestión de la información VRI	114
Tabla 21.	Macrotendencias - Software y procesamiento del conocimiento	116
Tabla 22.	Macrotendencias - Telecomunicaciones y redes	117
Tabla 23.	Macrotendencias - Telecomunicaciones y redes (aplicaciones)	119
Tabla 24.	Macrotendencias - Electrónica, microsistemas y hardware	122
Tabla 25.	Macrotendencias - Seguridad	123
Tabla 26.	Macrotendencias - Transporte y logística	126
Tabla 27.	Macrotendencias - Salud	128
Tabla 28.	Macrotendencias - Educación	130
Tabla 29.	Macrotendencias - Automatización y control industrial	131

Tabla 30.	Asignación presupuestal sector TIC en los Planes de Desarrollo Regional	137
Tabla 31.	Definición de criterios	147
Tabla 32.	Priorización de criterios	149
Tabla 33.	Pesos recalculados para la nueva estructura jerárquica	150
Tabla 34.	Matriz de decisión – Software	151
Tabla 35.	Orden de prioridad – Software	152
Tabla 36.	Orden de prioridad – Infraestructura	152
Tabla 37.	Orden de prioridad – Hardware	153
Tabla 38.	Orden de prioridad – Gestión de la información	153

PRESENTACIÓN¹

El presente libro hace parte de una serie de documentos producto del proceso llevado a cabo dentro del Plan Global de Desarrollo, PGD, 2010-2012 de la Universidad Nacional de Colombia, UN, bajo la rectoría del profesor Moisés Wasserman y en el marco del Proyecto Agendas de Conocimiento, coordinado por la Vicerrectoría de Investigación, VRI. En esta ocasión se presenta el resultado del proceso en la Agenda Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC. Con el fin de contextualizar al lector, a continuación se describen brevemente algunos de los principales aspectos que fueron fundamentales para el desarrollo del proyecto en su conjunto.

Una lectura global de los distintos sistemas de investigación, bien sea de bloques de países (ej., Comunidad Europea), de países desarrollados o de universidades o institutos de investigación de reputación internacional, refleja cómo el proceso para construir las denominadas sociedades del conocimiento ha requerido instrumentos diversos que permiten contar con formas distintas de mapas conceptuales claros, que identifican sus propias capacidades en investigación, sus temáticas de interés, y facilita el monitoreo permanente de los nuevos desarrollos y tendencias, lo cual, en su conjunto, permite revisar, replantear o generar políticas en materia de investigación, haciendo cada vez más eficientes los sistemas de ciencia, tecnología e innovación, CTI. A diferencia de lo que ocurre en las latitudes mencionadas, Colombia y sus instituciones académicas en general cuentan aún con muy precarios sistemas de información y estrategias de investigación (nacional, regional o institucionales) que puedan servir como instrumento de definición de política en CTI, de toma de decisiones objetiva basada en información validada y en tiempo real o como escenario de pensamiento y gestión permanente del conocimiento que permita estructurar prospectivas a corto, mediano y largo plazo articuladas con el futuro del país en la dinámica del mundo globalizado.

Lo anterior no desconoce algunos ejercicios e intentos del ámbito nacional que se han realizado, particularmente en las últimas tres décadas. Entre ellos se cuenta el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, SNCTI, en cabeza de Colciencias y su plataforma ScienTi, que ha generado diversas experiencias y particularmente ha

1 La presente reflexión es parcialmente tomada del libro *Agendas de Conocimiento: metodología para su construcción colectiva. Hacia un sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación*. (2012), y replicada, como eje articulador, en la presentación de todas y cada una de las agendas específicas.

puesto de manifiesto, aunque en forma empírica, la evolución de los grupos de investigación en cada uno de los Programas Nacionales de CTI definidos por dicha entidad. De otro lado, y por iniciativas privadas o públicas, algunos ejercicios de prospectiva se han desarrollado para unas temáticas específicas y limitadas a algunos ministerios, institutos o centros de investigación, especialmente en el periodo 2003-2008. La UN ha intentado en otras épocas generar sistemas que identifiquen las áreas de conocimiento que desarrolla, proponiendo Programas Universitarios de Investigación, PUI (1990-1993) o posteriormente los denominados Campos de Acción Institucional, CAI, soportados en Programas Estratégicos, PRE (1999-2003) o consecutivamente, para el PGD de la Universidad (2007-2009) se definieron los Programas Estratégicos de Investigación mediante el fortalecimiento de redes académicas. Infortunadamente, ninguna de estas iniciativas en la UN trascendió la administración que las generó; si bien en estas acciones se identificaban áreas estratégicas, no se contaba con el soporte de una base de información estructurada, sistemática y continua que diera sustento a las mismas. Detalles de estas apuestas se encuentran reseñados en distintos documentos tales como: UN (1998, 1999a), Rodríguez (1999), Brijalbo y Campos (2001), Duque, Brijalbo y Molina (2001), Universidad Nacional de Colombia (2007). Por lo anterior, tanto el país como la UN requieren un sistema integrado de áreas del conocimiento que permita, de manera sistemática, reflexionar sobre el estado actual de la dinámica de la investigación y la innovación, las capacidades consolidadas y aquellas por crear o consolidar que permitan pensar y proyectar el futuro a largo plazo de la CTI en sus relaciones con la sociedad y el desarrollo del país.

Conscientes del reto y de la urgencia por generar un sólido sistema institucional de proyección nacional con visión internacional, la Universidad Nacional de Colombia, a través de la VRI asume, en el año 2009, el desafío planteado y logra incluir en el Plan de Desarrollo Institucional 2010-2012 el Proyecto Agendas de Conocimiento, como una primera fase para crear un modelo institucional del sistema de investigación y su articulación con la extensión y con la formación. Esta iniciativa, si no pionera en la finalidad de la misma, sí en el desarrollo metodológico que implicó la planeación estructurada inicial, la construcción de insumos propios y el desarrollo del proyecto de agendas que se proyectó más allá de una administración. Esto es, se diseñó un proceso de construcción colectiva con visión compartida de futuro cuyo protagonista principal fuera la comunidad académica, de tal forma que permitiera convertir el proyecto en una tarea institucional que trasciende administraciones o directivas que son generalmente temporales o de periodos fijos muy cortos.

En tal sentido, lo colectivo contempla, entre otros aspectos, los siguientes: **i)** reconocer la esencia del mundo académico cuya fuente principal de riqueza es la diversidad, heterogeneidad, pluralismo en pensamiento, visiones, metas y formas de concebir la generación de conocimiento, su aplicación y su articulación con la formación y la extensión; **ii)** promover procesos de apropiación directa de la comunidad académica como pilar principal para generar un sistema con mayor probabili-

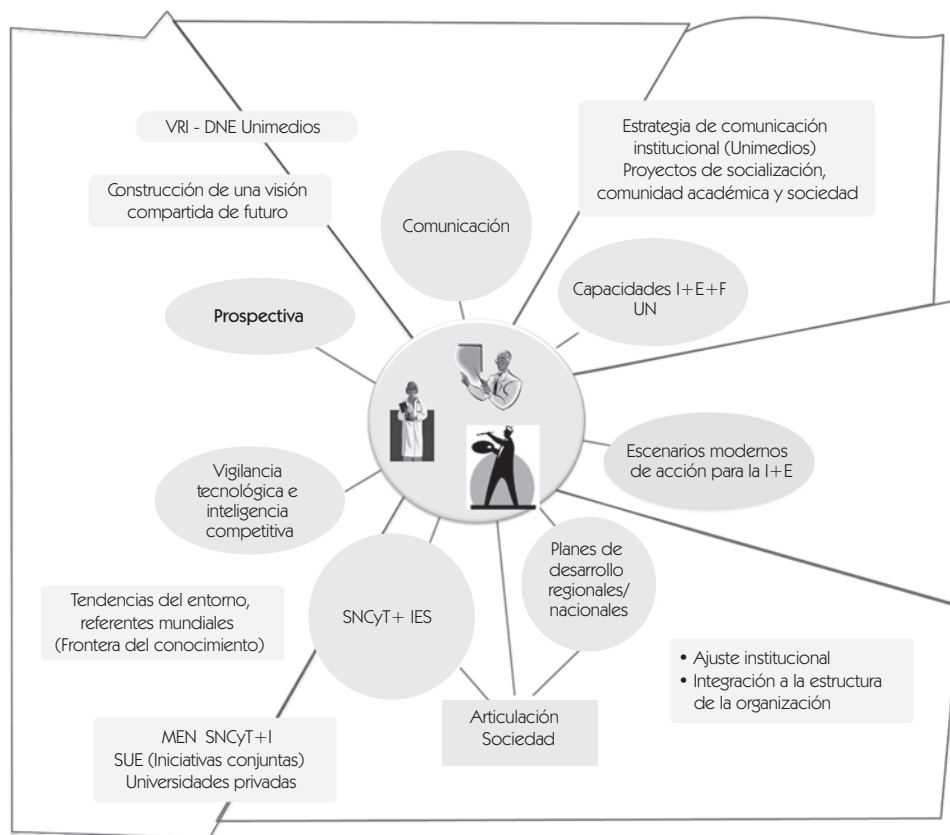
dad de sostenibilidad y fortalecimiento permanente hacia el futuro; **iii)** provocar los debates académicos necesarios para crear aproximaciones compartidas del futuro; **iv)** propiciar reflexiones sobre la relación en doble sentido universidad-sociedad en toda su magnitud, pero con el mayor número de elementos e información posible que permita pensar desde y hacia la sociedad el potencial de interacción y beneficio mutuo, y **v)** asegurar etapas de construcción abiertas, donde se pudiera prever una amplia participación de toda la comunidad académica así como de la sociedad externa a la institución.

Todo lo anterior, es claro, permitió pronosticar desde un comienzo que el principio de lo colectivo representaría la mayor complejidad del proceso, pero también reflejaría la seguridad y confianza de contar con el mejor insumo de la Universidad, que es el talento humano y su capacidad de pensar, disentir y admitir nuevos argumentos y visiones. El proceso cuenta con registros de participación directa y permanente, durante los últimos dos años, de más de 130 profesores (expertos, facilitadores, escenaristas, articuladores sociedad, etc.) y de participación indirecta de cerca de 1000 profesores (a través de asistencia a encuentros, a jornadas de divulgación y discusión, consultas, cruce de correspondencia, etc.), además de cerca de 40 estudiantes tanto de pregrado como de posgrado que participaron como vigías soporte de los expertos y de los facilitadores. Otro ángulo de la complejidad puede dimensionarse contando las ocho sedes, las 21 facultades, los 30 institutos, los 17 centros, un observatorio, así como los 94 programas disciplinares, las 141 maestrías, los 51 doctorados y los hoy más de 900 grupos de investigación. Por tanto, la apuesta fue entender la complejidad y su naturaleza para construir un sistema desde la base misma de la academia que garantice su calidad, sostenibilidad y evolución en el tiempo, superando así el formalismo de un simple acuerdo normativo que podrá llegar a producirse, pero como consecuencia de un proceso cimentado, madurado y asumido por la comunidad académica.

Los insumos utilizados, particularmente el modelo de medida de capacidades institucional, el proceso de conceptualización, diseño, definición temática, herramientas y desarrollo metodológico del proyecto, han sido divulgados y documentados en diferentes fases del proceso². Las figuras 1 y 2 ilustran el esquema general de insumos necesarios para la construcción de las agendas y el sistema básico de las grandes áreas definidas, respectivamente. Se resalta la permanente articulación entre las agendas como principio de un futuro sistema que responda a la complejidad de la Universidad y de manera más eficiente. Aunque es obvio, no sobra recalcar que el sistema, de manera integral, está soportado en la generación de conocimiento originado de la investigación fundamental en todas las áreas, como una apuesta desde lo misional de la Universidad, lo que garantiza la coexistencia de lo pertinente e impertinente (Wasserman, 2010).

2 Ver: VRI (2009a, 2010, 2010a, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b).

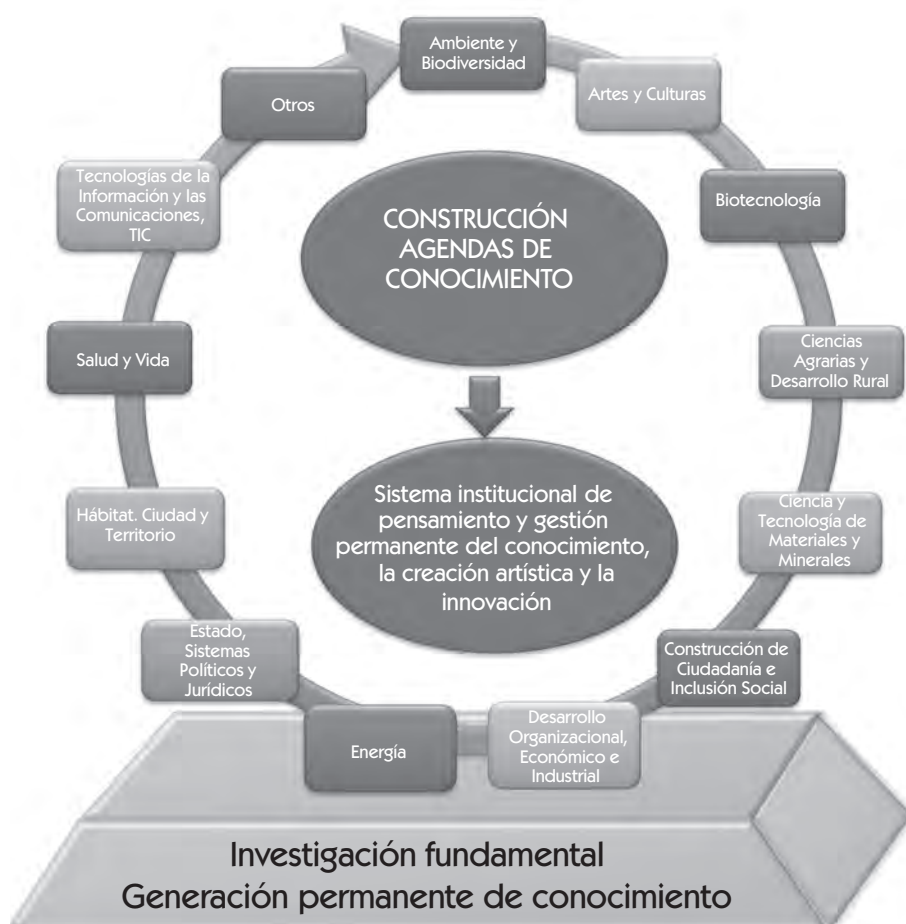
Figura 1. Componentes de las Agendas de Conocimiento PGD 2010-2012



Fuente: adaptado de VRI (2011).

En dicho contexto, lo avanzado en el Proyecto de Agendas de Conocimiento dentro del actual PDG 2010-2012 permite dejar la base estructural para la siguiente fase de construcción de un Sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación que se detalla en el libro *Agendas de Conocimiento: metodología para su construcción colectiva. Hacia un sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación* (VRI et al., 2012). Este sistema proporcionaría a la Universidad un instrumento de vigilancia científico-tecnológica de innovación y de prospectiva como soporte para la reflexión de toda su actual y futura política académica, para la toma de decisiones y para apoyar en forma estructural los ejercicios de planeación estratégica en función del tiempo, con pensamiento de largo plazo, orientados no solamente al propio desarrollo de la institución, sino cuyas apuestas van incondicionalmente comprometidas en toda su dimensión con el futuro del país, desde una visión global e integral del conocimiento en el ámbito mundial.

Figura 2. Esquema general del sistema integrado de las Agendas de Conocimiento



Fuente: Adaptado de VRI (2011).

Así, se espera que el modelo de sistema propuesto no solo sea de utilidad para la UN sino que, como se hizo durante el proceso de construcción de las agendas de conocimiento, se continúe compartiendo con el país como parte de las propuestas que la institución deja a consideración de la sociedad y, particularmente, del SNCTI para su posible fortalecimiento. Cada una de las agendas, que se presenta en documentos separados, podrá ser un importante insumo para generar una agenda nacional que involucre todos los actores del SNCTI y de la sociedad en general.

Finalmente es de resaltar, con gran orgullo institucional, la encomiable labor llevada a cabo en forma articulada entre los autores (profesores expertos de la Agenda TIC) y el equipo metodológico (facilitadores y vigías), quienes acompañaron y generaron

insumos para todo el proceso, así como con los equipos de trabajo articuladores con la sociedad, y con los escenaristas, quienes también generaron insumos generales y específicos. Igualmente es de destacar la activa participación de los profesores interesados en esta agenda, quienes con sus críticas constructivas, sus propuestas e inquietudes permitieron enriquecer el contenido de la misma.

Es de resaltar también el arduo y excelente trabajo llevado a cabo por el grupo de editores y el grupo logístico del proyecto. Todo el esfuerzo conjunto, permanente trabajo, persistencia y compromiso institucional hacen que sean ellos parte esencial del resultado que se entrega hoy. Seguramente serán también el motor que permita, en el futuro inmediato, la evolución y consolidación de cada una de las agendas y del sistema de pensamiento en general.

Rafael Alberto Molina Gallego
Bogotá, 29 de marzo de 2012

INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Colombia, UN, ha venido presentando en los últimos años un proceso de evolución, en la medida en que el proceso de enseñanza se ve acompañado por procesos de investigación y tercera misión³, como respuesta a las necesidades de generación y uso de tecnología para el posicionamiento económico y social del país (UN - VRI, 2009a).

Asimismo, el Estado, como parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, SNCTI, reconoce “la necesidad de dinamizar los procesos de ciencia, tecnología e innovación, CTI, como se evidencia en documentos como Colombia Visión 2019, la Estrategia de competitividad a 2032, la Ley 29 de 1990 de Ciencia y Tecnología y su reformulación a través de la Ley 1286 de 2009 en la que se constituye el Fondo Francisco José de Caldas para la financiación de actividades de ciencia y tecnología, y convierte a Colciencias en Departamento Administrativo, y el documento Conpes 3852 de 2009 en el cual se define la Política nacional de fomento a la investigación y la innovación” (UN - VRI, 2009a).

De igual forma, la UN, como uno de los actores del SNCTI, y en el marco de la evolución política en torno a la CTI, “asume la investigación como parte esencial de sus procesos misionales” (UN - VRI, 2009a) y se convierte en una universidad de investigación⁴, de tal manera que a través de su historia ha consolidado una institucionalidad alrededor de la investigación mediante la creación del Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico, Cindéc (1977-1998), la Dirección de Investigación Nacional, Dinain (1998-2004) y la Vicerrectoría de Investigación, VRI (2005- hoy), la cual se enmarca en el Sistema Nacional de Investigación, SNIUN (UN - VRI, 2009a).

Por tanto, la VRI, bajo esta institucionalidad que la soporta, plantea el fortalecimiento de los procesos de investigación y tercera misión a través del Plan Global de Desarrollo 2010-2012, el cual establece “construir e implementar agendas de conocimiento para la UN a corto, mediano y largo plazo, a partir de una visión com-

3 “La tercera misión hace referencia a todas las actividades concernientes con la generación, uso, aplicación y explotación de conocimiento y otras capacidades universitarias fuera del ambiente universitario” (Molas-Gallart y Castro-Martínez, 2007).

4 “Se define como aquella que tiene la capacidad para desarrollar cuatro componentes, que son: a) énfasis en la formación doctoral en estudiantes y profesores; b) alto nivel de inversión en investigación, basado en su capacidad para movilizar recursos financieros externos; c) extensa red de grupos de investigación o investigadores de alta calidad; d) alta producción científica, medida en términos de artículos en revistas internacionales indexadas” (UN - VRI, 2009a).

partida de futuro, en ejes temáticos en los cuales la Institución cuente con potencial o capacidades consolidadas que le permitan i) la inserción de investigadores y creadores artísticos en comunidades académicas internacionales; ii) la consolidación de la comunidad de investigadores y creadores artísticos en el ámbito nacional; iii) la articulación con agentes del SNCyT⁵; y iv) el impulso de la gestión de la investigación” (UN - VRI, 2009a).

Es por ello que en la actualidad la VRI de la UN adelanta la construcción de trece (13) agendas de conocimiento, que se consolidarán en los lineamientos de investigación y extensión futuros de la Universidad. Entre las agendas previstas se encuentra la Agenda Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC, la cual cuenta con un grupo de expertos en la temática de las TIC⁶, que se enuncia en el anexo 2, y un equipo facilitador liderado por el grupo de investigación en Bionegocios.

El presente documento determina la apuesta futura de investigación y extensión en torno a las TIC por parte de la UN, de acuerdo con las tendencias internacionales en el tema de estudio, las capacidades de investigación y extensión acumuladas, las necesidades de la sociedad colombiana y el marco político dispuesto para el fomento de las TIC en el ámbito nacional, regional y sectorial.

A pesar de la creciente importancia de las TIC, aún no existe una definición única sobre las mismas, razón por la cual existen diferentes interpretaciones. En el contexto de la presente agenda se concibe a las TIC como el conjunto de herramientas, soportes y canales tales como equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios para el tratamiento y la transmisión de la información en formato de voz, datos, texto, video e imágenes, definición que ha sido construida a partir de autores como Paiho *et al.* (2008), ISTE (2010), Fontalvo y Cendrós (2009), Mincomunicaciones (2008) y OECD (2009) (citado por Turlea *et al.*, 2010).

La Agenda Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC, tiene como objetivo “construir capacidades nacionales para el desarrollo, implementación, transferencia y uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones”, y se ha definido de acuerdo con dos áreas básicas: a) desarrollo endógeno de las TIC, y b) su aplicación. Estas a su vez se caracterizan según los temas y subtemas que las componen. El área de desarrollo endógeno de las TIC requiere los siguientes temas: software, infraestructura, hardware y gestión de la información. Sin embargo, el número de los subtemas –entendidos estos como las tendencias de desarrollo

5 El entonces Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, hoy denominado Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

6 El grupo de expertos en cada agenda fueron propuestos por la VRI a partir de los siguientes criterios de selección: producción académica y trayectoria en términos de co-referenciación, reconocimiento y productos de formación, así como representatividad de sedes, facultades y grupos. Aquellos que aceptaron ser parte del proceso tuvieron la responsabilidad de “perfilar y definir la temática de los ejercicios, analizar y validar los resultados que se obtienen en forma progresiva y, lo más importante: extraer el valor agregado para obtener las implicaciones de la información y conocimiento obtenidos” (UN - VRI, 2009b).

de cada uno de los temas definidos— es muy alto, por lo cual, con el propósito de focalizar las apuestas de investigación y extensión de la Agenda TIC fue necesario limitarlos y priorizarlos⁷. Los resultados de estas acciones fueron validados por el equipo de expertos de la Agenda, lográndose finalmente reducir en número los subtemas del área Desarrollo endógeno TIC, pasando de un total de 41 a 15, tal como se evidencia en la sección 2.5.

Para el área de aplicación de las TIC se establecieron igualmente tres niveles de priorización de acuerdo con las necesidades de los sectores asociados a las otras doce Agendas de Conocimiento UN, teniendo en cuenta que las TIC se constituyen en motor de desarrollo para la sociedad y los sectores productivos. A partir de la visión actual y futura del equipo de expertos, el primer nivel de prioridad incluye siete de las doce agendas, enmarcadas en las siguientes áreas: salud, educación, gobierno, ambiente, biodiversidad y agroindustria, y desarrollo organizacional e industrial.

Lo anterior se consolida como insumo importante para la construcción de escenarios de futuro en torno al desarrollo en las áreas de la Agenda TIC en la Universidad Nacional de Colombia, que se traducirán en apuestas de investigación para los próximos cinco años. De esta manera, la articulación de los subtemas de desarrollo endógeno de las TIC priorizadas (programas) con los subtemas de aplicación priorizados (líneas de acción) delimita los proyectos de la Agenda, tal como se evidencia en la Figura 37.

El documento presenta en la primera sección el diagnóstico general e institucional de las TIC; allí se describen el panorama nacional e internacional de investigación, las capacidades nacionales e institucionales en TIC, las apuestas gubernamentales asociadas y los esfuerzos institucionales para la definición de agendas de investigación. La segunda sección hace referencia a los lineamientos estratégicos alrededor de la investigación y extensión del área de estudio en la UN, los objetivos, el alcance y la propuesta temática de la Agenda, la cual delimita la visión futura de investigación y extensión de las TIC en la Universidad. La tercera sección relaciona el análisis prospectivo para la consolidación de la visión futura de la Agenda TIC en la UN, que se concreta mediante la definición de los programas y proyectos propuestos para el desarrollo futuro de esta agenda.

7

En este contexto, se utilizaron diversos métodos de decisión, entre los que se destaca el análisis de decisión multicriterio (en inglés *Multi-Criteria Decision Analysis*, MCDA), en particular la matriz de decisión y el proceso analítico jerárquico (en inglés, *Analytic Hierarchy Process*, AHP), técnicas y métodos que “persiguen ayudar a los individuos o grupos a tomar decisiones que implican diferentes puntos de vista en conflicto y múltiples agentes interesados” (Cortés, Melón y Aragonés, 2007).

1. DIAGNÓSTICO GENERAL E INSTITUCIONAL

Este capítulo evidencia la situación actual de las TIC en torno a la investigación en los ámbitos nacional e internacional, desde la perspectiva académica, política y de recursos.

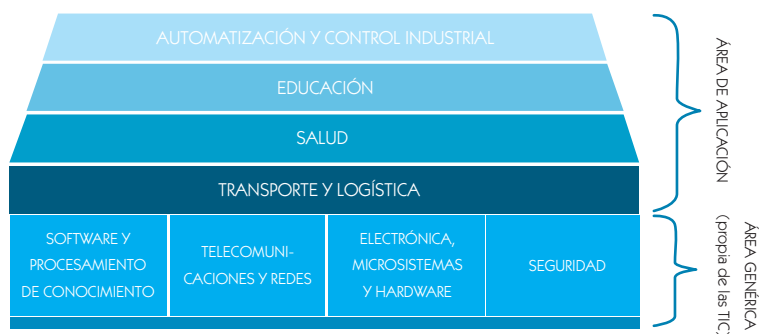
1.1 Panorama internacional de investigación en TIC

El presente aparte tiene como finalidad establecer un marco de referencia de las macro tendencias identificadas en torno al avance de las TIC en regiones como la Unión Europea, los países nórdicos como Noruega, Suecia y Dinamarca, y otros como Alemania, Italia, Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos⁸ (Anexo 4. Macro tendencias en TIC).

Dada la complejidad del estudio de las TIC desde una aproximación temática, el análisis de las tendencias en investigación se construye con base en el análisis de dos grandes categorías: el desarrollo propio o genérico de las TIC, entendido como los pilares o fundamentación del sector, y una aproximación a los campos de aplicación en sectores productivos y sociales que se soportan en dichos pilares, como se ilustra en la figura 3.

Con relación al área genérica, las macro tendencias se orientan (ver tabla 1) en el caso de software y procesamiento de conocimiento a la modularización de arquitecturas de software para desarrollar sistemas orientados al servicio que permiten una mayor precisión, calidad de visualización y velocidad. De igual forma se identifican como tendencias los llamados sistemas multi-naturaleza que posibilitan la comunicación entre los componentes electrónicos y no electrónicos (FMER, 2007), y el desarrollo de software y aplicativos alojados en la “nube” (*cloud computing*), lo que propicia la reducción de costos y equipamiento en el uso de aplicaciones y software, así como mayor ubicuidad, una de las características más buscadas en el desarrollo de las TIC.

Figura 3. Temas internacionales globales de investigación en TIC



Fuente: elaboración propia.

Por su parte, en telecomunicaciones y redes, la investigación se enfoca al desarrollo de redes que permiten el flujo de datos, imagen, audio, video, etc., redes de próxima generación (*Next Generation Network*, NGN) en un mismo canal (convergencia), al igual que una mayor capacidad de transmisión de datos.

Se observan importantes macro tendencias relacionadas con la aplicación de nanotecnología para el desarrollo de hardware orientado cada vez más a la miniaturización y la robótica. En el aparte sobre seguridad se señalan avances en aplicativos en seguridad informática.

De igual forma, debido al amplio espectro de acción y aplicabilidad de las TIC en diferentes áreas de las ciencias y de la vida práctica, se identificaron como los temas más relevantes: transporte y logística, y salud y educación; sin embargo, a partir de los procesos de realimentación con el equipo de expertos de la UN, se sugirió incluir el tema de automatización y control industrial, así como biodiversidad y desarrollo sostenible⁹.

Dentro de la categoría de aplicación de las TIC, las macro tendencias identificadas que se presentan en la tabla 2 se derivan de los desarrollos en los temas genéricos, los cuales se enmarcan en un entorno productivo, social, económico y ambiental que ocasiona mayor especialización en los avances señalados.

En transporte y logística se han suscitado cambios significativos en el área de transporte de mercancías y distribución a partir del desarrollo y la evolución de herramientas, entre otras, como las tecnologías para localización de vehículos, AVL, los sistemas de información geográfica para el seguimiento y la localización, como los

9

En esta temática se identifican estudios alrededor del gasto energético de las TIC como parte de la sostenibilidad (Bio Intelligence Service, 2008), pero no tendencias alrededor de las mismas, por lo cual no se incluye en las macro tendencias presentadas.

Tabla 1. Macrotendencias TIC para el área genérica

Temas genéricos	Definición	Macrotendencias
Software y procesamiento del conocimiento	Comprende el desarrollo de programas que permiten el manejo, procesamiento e interpretación de datos (FMER, 2007).	Cloud Computing
		Software as a service (Cloud Computing)
		Aplicaciones para dispositivos móviles en redes inalámbricas
		Software a la medida
		Herramientas para desarrollar sistemas Web
		Software aplicativo empresarial
		Modularización de arquitecturas de software
Telecomunicaciones y redes	Se consideran en este grupo todas aquellas actividades y tecnologías relacionadas con la transmisión de datos (ICSTI, 1999).	Redes de próxima generación
		IP Video
		Televisión de alta definición (HDTV)
		Banda ancha inalámbrica
		Redes de comunicaciones móviles: 4G
		Tecnologías inalámbricas: WiMAX
		Internet Voice (VoIP)
		Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)
		Redes de pares (P2P)
		Vídeo bajo demanda (VoD)
Electrónica, microsistemas y hardware	En este grupo se integran los sistemas físicos de conectividad, los dispositivos y sistemas de almacenamiento de datos, las centrales y componentes electrónicos, los computadores y todos aquellos sistemas que conforman la interfaz con el hombre. Abarca las tecnologías orientadas a la creación física de los componentes (FMER, 2007).	TV en el móvil
		Mensajería Instantánea sobre Móvil (IMM)
		Servicios convergentes
		Miniaturización
		Wireless
		Supercomputadores
		Robótica
		Nanodispositivos
		Nanomateriales para el almacenamiento de combustibles (pilas)
		Electrónica post CMOS: optoelectrónica y fotónica
Seguridad	Sistemas físicos de conectividad, dispositivos y sistemas de almacenamiento de datos, centrales y componentes electrónicos, computadores y todos aquellos sistemas que conforman la interfaz con el hombre. Abarca las tecnologías orientadas a la creación física de los componentes (FMER, 2007).	Automatización del diseño electrónico para sistemas nanoelectrónicos
		Transistores y memorias
		AMI (inteligencia ambiental)
		Identidad digital (Paiho <i>et al.</i> , 2008)
		Seguridad Informática: Software de seguridad
		Ciberseguridad
		Bioidentificadores – biométrica
		Seguridad en redes móviles heterogéneas
		Criptografía
		Alarmas anti-intrusión
		Sistemas de presencia

Fuente: elaboración propia, con base en Bittman (2010), Fundación OPTI (2010), ISTE (2010), Albán (2009), Castellanos, Fonseca y Fúquene (2009), Vanston y Hodges (2009), Fundación OPTI e IDEA (2008), Fundación OPTI y Fundación Inasmet (2008), Paiho *et al.* (2008), Fundación OPTI e ICT (2007), FMER (2007) y Ahlqvist *et al.* (2007).

Tabla 2. Macro tendencias TIC para el área de aplicación

Temas de aplicación	Incidencia	Macro tendencias
Transporte y logística	El impacto de las TIC en el sector transporte y logística radica en la necesidad de disponer de transferencia de datos en cualquier lugar y en tiempo real (Paiho <i>et al.</i> , 2008).	Sistemas avanzados de ayuda al conductor (ADAS)
		Sistema de información en el vehículo (IVS)
		Comunicación vehicular (V2V o I2V)
		On-Board Unit (OBU)
		Comunicación a través del protocolo WAVE
		Sensores y actuadores
		Localización automática de vehículos
		Sistemas de posicionamiento global
		Identificación por radio frecuencia (RFID)
		e-business
		Sistemas de intercambio de datos electrónicos (EDI)
Salud	"e-salud es uno de los campos de aplicación de las TIC en este sector, y se entiende como la utilización de las TIC con el fin de satisfacer las necesidades de los ciudadanos, pacientes, profesionales sanitarios, proveedores de servicios sanitarios y administraciones públicas" (Fundación OPTI y Fenin, 2006).	Entrenamiento asistido por tecnología
		Tejidos inteligentes
		Bioinformática
		Simulación de sistemas biológicos (ICSTI)
		Visualización de imágenes 3D
		Telemedicina (ICSTI)
		Nanosensores
		Historia clínica compartida (HC3)
		Captura de datos de señales vitales
		Nanodiagnóstico: biosensores, biochips y chips celulares
		Teleasistencia
		Control de errantes y detector de patrones de comportamiento
		Utilización de dispositivos de radiofrecuencia (RFID)
		Biosensores
Educación	Propone el replanteamiento de las actuales metodologías y herramientas utilizadas en los centros educativos para la incorporación de tecnologías emergentes que permiten acceder a la información de una forma más fácil (Hawkins, 2010).	Mobile learning
		Computación uno a uno (one-to-one computing)
		Ubiquitous Learning
		Juegos
		Aprendizaje personalizado
		Teacher-generated open content
		Smart portfolio assessment
		Gerentes mentores o maestros

Continuación tabla 2. Macrotendencias TIC para el área de aplicación.

Temas de aplicación	Incidencia	Macrotendencias
Automatización y control industrial	Conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de diferentes sistemas para operar y controlar procesos productivos de forma autónoma. El ámbito de la automatización está formado por empresas productoras de sistemas, equipos, hardware y software, y también por empresas diseñadoras e integradoras de sistemas para soluciones “llave en mano” (Fundación OPTI y Fundación Ascamm, 2007).	Comunicación M2M
		Enlaces inalámbricos
		Único software
		Miniaturización
		Sistemas de control inteligentes
		Menor cableado
		Sensores MEMS, sensores de visión artificial
		Estandarización de la comunicación
		Sistemas de información integrados
		Sistemas tolerantes a fallos
		Software para interfaz humano-máquina
		Domótica

Fuente: elaboración propia, con base en Hawkins (2010), ISTE (2010), Johnson *et al.* (2009), Omron (2009a, 2009b), Brennan *et al.* (2008), Menéndez *et al.* (2008), Fundación OPTI e IDEA (2008), Fundación OPTI y Fundación Inasmet (2008), Ahlqvist *et al.* (2007), Fundación OPTI y Fundación Ascamm (2007), Fundación OPTI e ITA (2006), Fundación OPTI y Fenin (2006), Omron (2003), ICSTI (1999).

sistemas de posicionamiento global, GPS, y las etiquetas de identificación por radio frecuencia, RFID (Paiho *et al.*, 2008). Además, en la gestión de la cadena de suministros se pueden identificar tres funciones fundamentales en las que están implícitas las TIC (Evangelista, 2004): intercambio de datos e información, transferencia de información e información utilizada para planear la cadena de suministros.

En salud, algunas de las macrotendencias se derivan de una nueva visión del sistema sanitario, “el paciente como centro del sistema sanitario”, “cooperación sanitaria en red” y “sanidad electrónica en los centros sanitarios” (Fundación OPTI y Fenin, 2006). Lo anterior se evidencia a través de desarrollos en torno a la telemedicina, la simulación de sistemas biológicos, nanosensores con aplicaciones en salud, historia clínica compartida, etc.

En educación, el desarrollo de contenidos digitales y el uso de plataformas virtuales para el desarrollo de nuevas metodologías educativas resultan ser los principales avances que se identifican en el contexto mundial. Finalmente, la automatización y el control constituyen una tendencia *per se* en los sectores productivos, mediante el desarrollo de sistemas de información integrados, software para la interfaz humano-máquina, sensores, comunicación M2M (máquina-máquina), entre otros. Sin embargo, se establece una nueva tendencia de automatización y control en el ámbito residencial denominada domótica.

1.2 Panorama nacional de la investigación en TIC

La identificación del panorama nacional de investigación en TIC tomó como referente el Centro de Investigación de las Telecomunicaciones, que “estudia y promueve el uso integral de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC)”¹⁰ en Colombia. A través de sus mesas sectoriales, se identifican entre sus temas de debate para el año 2010: *cloud computing*, contenidos digitales, banda ancha (fija y móvil) e incentivos para fomentar el uso de las TIC. Para el año 2011, los dos primeros temas antes mencionados continúan siendo de interés para los actores relacionados, además de la seguridad, los servicios IT y la infraestructura tecnológica (tabla 3).

De igual forma, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, MCIT, en el Programa de Transformación Productiva identifica como tendencias en software y TI el *offshoring*, la virtualización, el *wireless*, el *cloud computing* y la seguridad (Mincomunicaciones, 2008); de allí que el *cloud computing* y los contenidos digitales se establecen como tendencias importantes en el desarrollo de las TIC en el país.

El *cloud computing*¹¹ “es un modelo para habilitar el acceso a un conjunto de servicios computacionales (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) de manera conveniente y por demanda, que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con un esfuerzo administrativo y una interacción con el proveedor del servicio mínimos” (Cintel, 2010a).

En Colombia, el *cloud computing* se encuentra en la etapa inmadura de adopción, tanto en las grandes empresas como en las pequeñas y medianas empresas, PYME. Entre las oportunidades identificadas en el proceso de adopción de esta tecnología en las grandes empresas se plantea la posibilidad de reducir costos operativos, mayor agilidad para responder a las condiciones del mercado, centrarse en el *core business*, incrementar la capacidad para ser flexible, entre otros; y en la pequeña empresa estas oportunidades se traducen en ganar acceso a las últimas tecnologías, incrementar la capacidad para ser flexibles, reducir los costos de la inversión inicial con el fin de implementar tecnologías de la información, IT, y los costos operativos. El entorno regulatorio resulta ser un tema crítico para el desarrollo de esta tecnología, y aunque se han hecho esfuerzos al respecto, se requiere una constante actualización y re-conceptualización, a medida que la tecnología va madurando en el país (Cintel, 2010a).

10 <http://www.cintel.org.co/>

11 El *cloud computing* posee características esenciales (Cintel, 2010a) como: auto-servicio por demanda, acceso ubicuo a la red, fondo común de recursos, rápida elasticidad y servicio medido; y entre los modelos de servicios desplegados a partir de esta tecnología se encuentra Software como un servicio (SaaS), Plataforma como un servicio (PaaS), Infraestructura como un servicio (IaaS), Almacenamiento de datos como un servicio (DaaS), Comunicaciones como un servicio (CaaS) y Hardware como un servicio (HaaS).

Tabla 3. Síntesis de las tendencias nacionales de las TIC

Cloud Computing	Comercialización Migración PYME nube Economía y beneficios económicos de la nube Nube pública o privada
e-trust y seguridad	Smartphones, tabletas y redes sociales se convertirán en nuevos blancos de ataque Preocupación por la seguridad de la nube La seguridad informática se convierte en parte de los procesos de negocio. Operacionalización de la seguridad Nuevos modelos de identidad y confianza
Contenidos y aplicaciones	Web TV Aplicaciones de valor agregado para sectores transversales In-App purchasing y tiendas de aplicaciones
IT services	Soluciones BI para las compañías Outsourcing se convierte en cloudsourcing Social media e interacción con clientes, servicio web 2.0, texto y video (Proactive Chat) Managed services para empresas
Infraestructura tecnológica	La llegada necesaria de IPv6 Consumo y optimización de energía Masificación de la banda ancha fija y móvil
Móviles	La llegada de los dispositivos móviles con nuevos formatos de visualización y capacidades de procesamiento. Experiencia de los operadores móviles en Colombia Aplicaciones móviles como fuente de ingresos Estado actual de las tecnologías 3G y 4G
m-banking	La red se convertirá en la nueva plataforma de infraestructura de negocios Competidores no tradicionales emergerán Autoservicio en transacciones

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por Cintel en “Mesa de Análisis Sectorial para la discusión de prioridades del sector TIC”. Bogotá, mayo de 2011.

De otra parte, Internet es el medio a través del cual se desarrolla una nueva industria compuesta por un conjunto de empresas provenientes de distintas esferas, tales como: la industria editorial, la televisión, la radio, la industria audiovisual, la industria de videojuegos, entre otras. Estas, aunque generan productos y servicios esencialmente heterogéneos, en la actualidad forman parte de un mismo mercado, en la medida en que se han integrado a una nueva cadena de valor, en la cual además se encuentra involucrado el sector de las telecomunicaciones: la de los contenidos digitales (Tovar y Osorio, 2012).

De acuerdo con las Naciones Unidas, Colombia está entre los países con más exportaciones de bienes creativos de Latinoamérica, región que en el año 2010 aumentó sus exportaciones a cerca de 9 billones de dólares. A pesar de esto, el único país de la región que aparece dentro de los primeros 20 exportadores mundiales es México (Unctad, 2010).

En Colombia el tema de contenidos digitales¹² se desarrolla alrededor de la industria del cine, la televisión y los videojuegos. Aunque en los últimos años se ha fortalecido la infraestructura, el soporte tecnológico y el personal especializado para producir y difundir información y contenidos, se presenta un alto riesgo en la comercialización de los contenidos nacionales frente a los extranjeros, pues “existe aún una brecha entre las expectativas de los consumidores y lo que la industria ofrece, tanto en los productos como en los medios a través de los cuales estos se entregan, lo que conlleva que los consumidores prefieran los productos y servicios generados por la industria extranjera”, y además los contenidos producidos en el país “tienen en general un alto componente local”, lo cual se consolida como una limitante para la internacionalización de esta industria (Cintel, 2010b). Además, esta industria requiere cambios estructurales, sumado a un mayor apoyo del gobierno en cuanto a políticas regulatorias y recursos.

Sin embargo, la industria de animación digital y videojuegos de Bogotá, ciudad que concentra el 70% de las empresas del sector, registró en 2009 una facturación de más de 910 millones de pesos, teniendo en cuenta la producción de contenido propio, servicios y regalías por derechos de autor¹³, un valor modesto en relación con el tamaño del mercado mundial (Tovar y Osorio, 2012).

Para el Ministerio de las TIC, la industria de contenidos digitales es el espacio de convergencia de la producción creativa y las tecnologías de la información y las comunicaciones. Una economía basada en el conocimiento, la creatividad y las TIC supone definir estrategias, encontrar instrumentos y articular políticas que ayuden a transformar el conocimiento en riqueza (Mintic, 2012, citado por Tovar y Osorio, 2012).

Son muchas las posibilidades en las que los contenidos digitales pueden constituir una herramienta fundamental en ámbitos como salud, educación, turismo, etc. En este sentido, la Asociación Multisectorial de Empresas de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Electrónica, Asimelec, ha definido en su agenda estratégica de investigación diferentes líneas para generar nuevas oportunidades para la industria en España (Tovar y Osorio, 2012):

12 “Se entiende por contenido todo tipo de información factible de ser almacenada y transmitida por una red de telecomunicaciones. Se consideran contenidos audiovisuales aquellos correspondientes a imágenes, sonidos, voz, música, imágenes con movimiento y video. Incluyen el cine, la radio, la televisión y los mercados de música, imágenes, video y videojuegos” (Cintel, 2010b).

13 Cámara de Comercio de Bogotá.

Educación: desarrollo de contenidos que potencien modelos de educación constructivistas en torno a las nuevas herramientas de la web 2.0

Salud: herramientas de diagnóstico que permitan evitar la variabilidad en la práctica clínica. Herramientas de formación.

Turismo: contenidos divulgativos interactivos y de realidad aumentada.

Defensa: contenidos de adquisición de competencias ante situaciones extremas. Se engloban dentro de los denominados *serious games*.

Simulación: aplicable a diferentes ámbitos. Se puede separar en dos líneas de trabajo: simuladores para el aprendizaje de equipos complejos (aviones, etc.) y simuladores para la adquisición de nuevas competencias para la gestión de situaciones inusuales (catástrofes, incendios, etc.).

En este sentido, la Universidad Nacional de Colombia, en particular el equipo de formulación del Centro de Investigación Aplicada e Innovación en TIC, InTIColombia, han hecho dos apuestas de investigación, desarrollo e innovación, I+D+i: contenidos digitales para la salud y para la educación.

En el sector salud, el desarrollo de contenidos digitales ha tenido una alta incidencia en diferentes escenarios del sistema, desde el uso de juegos y contenidos de entretenimiento para terapias y servicios de salud mental, el análisis gráfico usado en diagnóstico, planeación de cirugías e investigación (Pagan, Higgs y Cunningham, 2008, tomado de González, Osorio y García, 2011), pasando por el desarrollo de sistemas de información de salud hasta ofrecer los servicios de salud a través de nuevas modalidades como la telemedicina y la salud móvil (González, Osorio y García, 2011).

Actualmente, Colombia cuenta con el Centro de Telemedicina de Colombia, el Centro Nacional de Telemedicina de la Fundación Cardiovascular de Colombia, FCV, el Centro de Telemedicina de la Universidad Nacional de Colombia y el Grupo de Investigación Biogenium de la misma institución, el cual ha desarrollado e implementado un sistema de información médica para satisfacer las necesidades del Centro de Telemedicina, experiencias que han sido exitosas en la implementación de contenidos digitales en el área de la salud (González, Osorio y García, 2011).

Finalmente, los contenidos digitales educativos¹⁴ en el país se han fortalecido a partir de las políticas nacionales lideradas principalmente por el Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Cultura y el Ministerio de Tecnologías de Informa-

14 “Se componen de objetos digitales, entendiendo objeto digital como el ‘conjunto de recursos digitales que pueden ser utilizados en diversos contextos, con un propósito educativo’” (Ministerio de Educación Nacional, tomado de Duarte, Tovar y Osorio, 2011).

ción y Comunicaciones, con experiencias importantes como Colombia Aprende, el Portal Educativo de Medellín, la creación de Centros de Innovación Regionales para el desarrollo de contenidos, y formación en generación de contenidos a profesores, entre otros. Sin embargo hay dispersión y desconocimiento de los estándares de los objetos digitales de aprendizaje, y en el caso de los sistemas de información educativos no existen datos de calidad (Duarte, Tovar y Osorio, 2011).

1.3 Apuestas gubernamentales en la última década

Las apuestas políticas en torno a las TIC en Colombia son claras, en la medida en que cuentan con un ministerio propio, Mintic, y una apuesta de desarrollo del sector, el Plan Vive Digital, que reúne los programas pasados, actuales y futuros, que en general se orientan al desarrollo social derivado de la apropiación de las TIC a través de programas de acceso a servicios y capacitación dirigido a fortalecer la industria nacional y facilitar las acciones gubernamentales y educativas del país. El sector TIC posee una dinámica alta de desarrollo tecnológico, y por esa razón la normatividad en esta área es cada vez más flexible con el fin de ajustarse a los cambios derivados del mismo.

Entre las políticas nacionales generales (tabla 4) que involucran a las TIC como una estrategia para el desarrollo, la competitividad y la innovación está el documento Colombia Visión 2019 y el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para Todos. Este último propuso la construcción de la actual política específica para el desarrollo de las TIC en Colombia, el Plan Vive Digital, el cual entra en vigencia con el actual Gobierno (Mintic, 2011a). Este Plan da continuidad al anterior Plan Nacional de TIC 2008-2019, cuyo objetivo central es lograr que en el año 2019 la población colombiana se encuentre totalmente conectada, informada, y haga uso eficiente y productivo de estas tecnologías (Mincomunicaciones, 2008).

A continuación se presenta la principal apuesta política alrededor del desarrollo de las TIC en Colombia, el Plan Vive Digital, así como las diferentes leyes asociadas al ecosistema digital que este propone. Además, en el anexo 5 se presentan otros lineamientos gubernamentales que complementan esta política.

Plan Vive Digital: A través de la “masificación del uso de Internet, la apropiación de tecnología y de la creación de empleos TIC directos e indirectos”, se espera “reducir la pobreza, aumentar la competitividad del país y dar un salto hacia la Prosperidad Democrática” (Mintic, 2011a).

Tabla 4. Políticas macro y su incidencia en las TIC

Política	Lineamientos políticos en torno a las TIC
Documento Colombia Visión 2019	Formula los lineamientos para las políticas y planes del país en un horizonte de mediano y largo plazo; considera el sector TIC en su primer objetivo “una economía que garantice un mayor nivel de bienestar”, como parte de la estrategia denominada “generar infraestructura adecuada para el desarrollo”, donde se incluye junto a los sectores de transporte, minería y energía. Establece como visión: “En 2019, el sector de telecomunicaciones debe ser uno de los principales impulsores del crecimiento económico y el desarrollo social del país, al contribuir a una sociedad más informada, conectada e integrada al entorno global” (DNP, 2005). Las metas de esta estrategia abarcan los siguientes componentes: a) normatividad e institucionalidad; b) internacionalización del sector; c) acceso a servicios públicos de comunicación; d) cobertura en materia de telefonía e internet; e) infraestructura y televisión pública, y f) servicios postales.
Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014	Se plantean las TIC como “un apoyo transversal a las locomotoras que jalonarán la economía para generar dinámica e innovación en diversos sectores, para aumentar la productividad y para mejorar en competitividad. Así mismo, las TIC contribuyen a generar, transmitir y potenciar la creación de conocimiento –en particular ciencia y tecnología–; de otra parte apoyan la gestión de desastres y las labores de reconstrucción en el largo plazo”. Este PND propone la implementación del Plan Vive Digital Colombia (DNP, 2011).

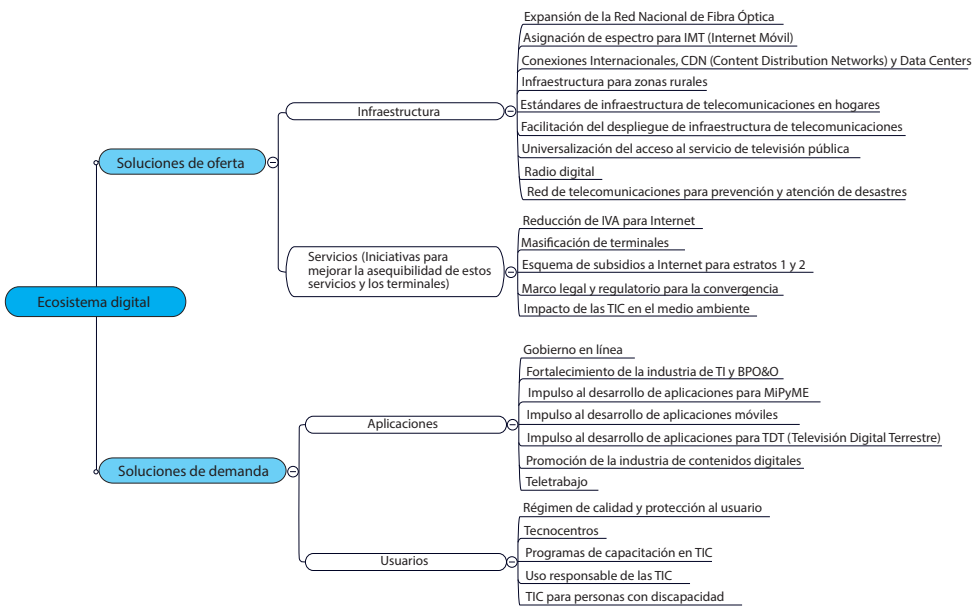
Fuente: elaboración propia con base en DNP (2005 y 2011).

La estrategia que soportará las acciones orientadas a dar cumplimiento al objetivo del Plan es la creación de un ecosistema digital¹⁵. Este modelo de oferta y demanda fue desarrollado por el Banco Mundial “para visualizar los distintos componentes que permiten la masificación del uso de Internet en una sociedad y sus interacciones”, e incentiva de forma integral la oferta y la demanda de servicios de TIC, así como desarrollar la infraestructura de las TIC y promover el desarrollo de la industria local de aplicaciones y contenidos digitales (DNP, 2011).

Los proyectos asociados a cada uno de los componentes del ecosistema digital se presentan en la figura 4. En ella se evidencian la apuesta para el mejoramiento de la infraestructura por considerarse “esencial” para el desarrollo de las TIC, las iniciativas para facilitar la asequibilidad de los servicios, el fomento para el desarrollo de aplicaciones con el fin de fomentar el uso de los mismos y, en esta medida, la necesidad de las TIC por parte de los usuarios; igualmente se muestran los programas y proyectos encaminados a facilitar el uso de las TIC por parte de la sociedad en general.

15 “Los cuatro componentes del ecosistema digital son (Mintic, 2011a): “1. Infraestructura. Elementos físicos que proveen conectividad digital. 2. Servicios. Los servicios ofrecidos por los operadores hacen uso de la infraestructura y permiten desarrollar la conectividad digital. 3. Aplicaciones. Las aplicaciones hacen uso de estos servicios para interactuar con el usuario final. 4. Usuarios. Los usuarios hacen uso de las aplicaciones e, indirectamente, de los servicios e infraestructura para consumir y producir información digital”.

Figura 4. Programas y proyectos asociados a los elementos del ecosistema digital



Fuente: elaboración propia con base en información de Mintic (2011a).

Teniendo como base el ecosistema digital, Cintel (2011) construye su mapa normativo (figura 5). En este se observa la participación de diversas entidades como el Ministerio de Ambiente, el Ministerio de Cultura, el Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Defensa, así como el Ministerio TIC, la Comisión de Regulación de Comunicaciones, CRC, y la Comisión Nacional de Televisión, CNTV, que promueven el uso de las TIC para favorecer el cumplimiento de su misión principal, y además evidencia la articulación de diversas instancias “para dar continuidad a la promoción del acceso, uso y aprovechamiento de las TIC, de manera coordinada” (Gutiérrez Sánchez, 2011).

Entre la normatividad asociada al ecosistema digital se encuentran diversos documentos Conpes, leyes y resoluciones que la sustentan. En la tabla 5 se presentan de manera sucinta algunas de ellas.

Tabla 5. Normatividad asociada al ecosistema digital

Normatividad	Descripción
Conpes 3670 de 2010	Lineamientos de política para la continuidad de los programas de acceso y servicio universal a las tecnologías de la información y las comunicaciones.
Conpes 3650 de 2010	Importancia de la estrategia de Gobierno en Línea.
Conpes 3620 de 2009	Lineamientos de política para el desarrollo e impulso del comercio electrónico en Colombia.
Conpes 3579 de 2009	Lineamientos para implementar el Proyecto satelital de comunicaciones de Colombia.
Conpes 3518 de 2008	Lineamientos de política para el fortalecimiento de la gestión de la radio y televisión pública nacional.
Conpes 3507 de 2008	Concepto para contratar un crédito externo destinado al programa de fortalecimiento del uso, apropiación y formación en TIC para ampliar la cobertura, mejorar la calidad del sistema educativo y fomentar la innovación e investigación.
Conpes 3506 de 2008	Lineamientos de política para el fortalecimiento del servicio comunitario de radiodifusión sonora.
Conpes 3457 de 2007	Lineamientos de política para reformular el Programa Compartel de Telecomunicaciones Sociales.
Conpes 3440 de 2006	Lineamientos de política para reestructurar el sector postal colombiano.
Conpes 3374 de 2005	Estrategia para la sostenibilidad del actual modelo de gestión de los servicios de telecomunicaciones a cargo de la nación.
Conpes 3371 de 2005	Lineamientos de política para la utilización eficiente de tecnologías de banda ancha inalámbricas.
Ley 1419 de 2010	Por el cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de la Telesalud.
Ley 1341 de 2009	Se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones.
Ley 1340 de 2009	Se dictan normas en materia de protección de la competencia.
Ley 1245 de 2008	Se establece la obligación de implementar la portabilidad numérica.
Ley 1221 de 2008	Se establecen normas para promover y regular el teletrabajo.
Ley 1122 de 2007	Promueve servicios de telemedicina en territorio de difícil acceso.
Ley 1065 de 2006	Se define la administración de registros de nombres de dominio.co

Fuente: Lizarazo (2011) y González, Osorio y García (2011)

De otra parte, Colciencias ha priorizado de manera preliminar algunos programas por desarrollar con recursos provenientes de las regalías para el año 2012, en torno a telesalud, conectividad, apropiación social de la ciencia, tecnología e innovación, CTI, educación, entre otros aspectos

Tabla 6. Programas priorizados por región a partir de discusiones de Colciencias en el marco de la asignación de regalías 2011

Programa	Región
Centro de desarrollo tecnológico para el fomento de la CTI, la industria y la educación	Sucre
Desarrollo de la telesalud en el área rural del Caribe colombiano	Bolívar
Diseño e implementación de un centro de metrología	
Diseño y puesta en marcha de un museo interactivo para el Caribe colombiano	
Espacios de apropiación de la CTI (Centros interactivos, sectoriales y Museo de la CTI)	Santander, Norte de Santander, Arauca, Casanare, Boyacá
Programa de Investigación, desarrollo e innovación en tecnologías de información y comunicaciones	
II Programa de desarrollo de servicios tecnológicos de soporte al sector industrial de la región Caribe	Valledupar
Mejoramiento conectividad de la región del Sarare	Centro Oriente
Tecnoparque de comercio exterior	
Parque Caribe de CTI - Cluster agua, biodiversidad, biotecnología, ciencias agropecuarias, TIC	Atlántico
Proyecto nativos digitales	Cesar

Fuente: elaboración propia a partir de Colciencias (2011).

Por último, mediante el análisis de las políticas nacionales y sectoriales, se identifican cuatro áreas de desarrollo prioritario: a) modelos educativos virtuales¹⁶; b) apropiación de las TIC y su aprovechamiento en el ámbito empresarial¹⁷; c) creación

16 El desarrollo de modelos educativos virtuales debe contribuir a mejorar distintos aspectos como la disponibilidad de recursos educativos, estrategias pedagógicas, capacidades comunicativas y habilidades de los estudiantes relacionadas con el tratamiento de información, desarrollo de comunidades de aprendizaje y colaboración (Lizarazo, 2011).

17 La apropiación de las TIC en el ámbito empresarial, especialmente en las PYME, ha sido limitada, lo cual es ocasionado no solamente por una baja capacidad económica sino por el desconocimiento de sus

de un ecosistema digital que promueva la dinámica de la oferta y demanda de los servicios y aplicaciones de las TIC, y d) creación de un sistema de I+D+i de TIC en Colombia¹⁸.

1.4 Esfuerzos institucionales en la definición de agendas de investigación

La Universidad Nacional de Colombia “como uno de los principales actores del SNCTI, asume la investigación como parte esencial de sus procesos misionales” (UN - VRI, 2009a); con este fin ha dedicado esfuerzos para fomentar esta actividad mediante la creación de diversas instancias como el Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico, Cindec, la Dirección de Investigación Nacional, Dinain, la VRI y el Fondo de Investigaciones, entre otros.

En su momento, la Dinain (1998-2004) estableció los lineamientos temáticos de investigación a través de los Campos de Acción Institucional, CAI, y los Programas Estratégicos, PRES, pero ninguno de ellos se orientó de manera explícita al fomento de la investigación en las áreas de conocimiento relacionadas con las TIC. Se identificaron propuestas en torno a la salud, desarrollo rural y seguridad alimentaria, ambiente, cultura y comunicación y educación, siendo estas dos últimas iniciativas las más cercanas a la presente agenda.

El Campo de Acción Institucional de Cultura y Comunicación plantea mediante el ensayo denominado “Cultura y Comunicación en la Universidad Nacional de Colombia: Balance Inicial y Prospectiva”, un acercamiento a los procesos de comunicación desde la perspectiva de la comunicación social y el periodismo, pero no incursionó en la “problemática específica de las telecomunicaciones, tecnologías virtuales, informática y multimedia”, pues en ese momento se consideró “objeto de otra investigación” (López de la Roche, 2002).

Por su parte, la construcción del estado del arte en torno al CAI en Educación en la Universidad incluye un capítulo destinado a las “Nuevas tecnologías de la comunicación y de la información - NTCI”, en el cual se resaltan los cambios en las metodologías de formación y educativas generadas por la incursión de estas nuevas tecnologías en la enseñanza disciplinar, en particular a través de la “producción de

ventajas. En este sentido, el empleo de software libre y el diseño de paquetes ajustables a las necesidades particulares de sus modelos de negocio que permitan tomar decisiones rápidas y oportunas, mejorar la interacción entre agentes internos y externos, así como formar y actualizar su recurso humano, contribuiría a la reducción de sus costos y diferenciación de sus productos (Lizarazo, 2011).

18 La constitución de un sistema I+D+i de TIC en Colombia se convierte en una oportunidad para todos los actores del Sistema Nacional de CTI para generar políticas y desarrollos basados en conocimiento técnico-científico alrededor de temas como: aplicaciones móviles, contenidos digitales, software, bioinformática y biología computacional y *Business Process Outsourcing and Offshoring*, BPO&O (Mintic, 2011b).

software educativo; utilización de medios audiovisuales, digitales, multimediales e hipertextuales; como cursos interactivos y tutoriales” (Espitia Vásquez, 2001), pero no es explícita la evolución de la investigación en esta área de aplicación de las TIC en la Universidad.

En la actualidad, uno de los proyectos de gran envergadura de la Universidad alrededor de la investigación e innovación en TIC es la construcción del Centro de Investigación Aplicada e Innovación en TIC, InTIColombia, que por su alcance propuesto resulta ser estratégico para el desarrollo de la Agenda TIC, en la medida en que reduciría la brecha entre la sociedad y la Universidad al estar orientado a “resolver problemas y mejorar la competitividad de la Industria, con la mirada puesta en alcanzar importantes impactos económicos y sociales, la generación de empleo y riqueza, la dinamización de la Industria TIC, la generación de alianzas estratégicas, una efectiva transferencia tecnológica, la innovación, el fortalecimiento de capacidad científicas y tecnológicas...”. Otros detalles del centro mencionado, se presentan en el anexo 6.

En este sentido, la Universidad Nacional de Colombia pretende, mediante la construcción de una agenda de investigación y extensión en torno a las tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC, reunir esta iniciativa junto con los demás programas y proyectos actuales para plantear, mediante un análisis prospectivo, las líneas de acción prioritarias para el desarrollo social y económico de la sociedad, por ser esta una de las misiones institucionales.

1.5 Capacidades de investigación del entorno nacional e institucional en TIC

En el año 2008, la Vicerrectoría de Investigación, VRI, sólo contaba con información básica de sus actividades de investigación y desarrollo, razón por la cual durante el periodo comprendido entre los años 2008 y 2009 se diseñó e implementó un modelo para la medición de las capacidades¹⁹ de investigación. El modelo propuesto cuenta con dos componentes: el primero, un módulo de medición del capital intelectual que da cuenta de la capacidad de la organización para realizar actividades de investigación de la UN, y de allí, por ende, se obtiene un perfil científico de la organización de carácter más genérico. El segundo módulo corresponde a la identificación de capacidades temáticas, denominado por VRI (2009a) portafolios temáticos, que corresponde a la identificación de capacidades y competencias específicas de la Universidad en cada una de las agendas de

19 En el libro *Capacidades de investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008* se estableció que por capacidad se entiende “lo que se sabe hacer”, que incluye la capacidad personal, las organizativas y las tecnológicas y estructurales, que confieren valor a las actividades de la organización” (Universidad Nacional de Colombia - Vicerrectoría de Investigación, 2009).

conocimiento, de tal forma que se reconoce y construye el perfil científico en cada tema. En ambos módulos el capital intelectual se categoriza en tres tipos: el capital humano²⁰, el capital estructural²¹ y el capital relacional²². Esta sección presenta las capacidades desde el entorno nacional al institucional siguiendo la estructura del modelo propuesto.

1.5.1 Capacidades de investigación del ámbito nacional

El presente análisis inicia con la caracterización del capital humano del sector TIC en el ámbito nacional, a partir de los grupos de investigación registrados en el sistema de información ScienTI-Colombia de Colciencias.

De igual forma se presenta el panorama del capital estructural en términos de programas de formación asociados a las áreas de conocimiento en TIC con base en la plataforma SNIES del Ministerio de Educación, en el cual se identifican los programas de formación relacionados con las TIC; esto incluye el número de programas de formación, discriminado por nivel de formación.

1.5.1.1 Capital humano

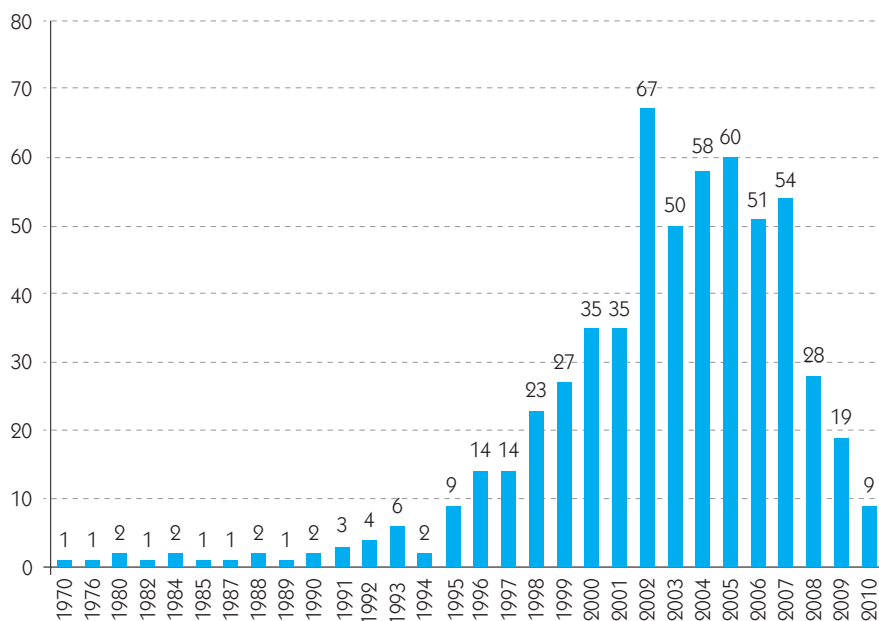
La identificación de las capacidades de investigación nacionales se realizó con apoyo en la plataforma ScienTI-Colombia de Colciencias, y se caracterizó el capital humano en términos del histórico de la creación, ubicación geográfica, sectores de aplicación, la afiliación al programa nacional principal y secundario y las instituciones que reúnen el mayor número de grupos de investigación en TIC, así como la participación por género de los investigadores asociados.

20 El capital humano está integrado por las habilidades, experiencias, formación, conocimientos de las personas que hacen parte de la organización (Jaramillo y Forero, 2001; Meritum, 2002; Roos *et al.*, 1997; Sveiby, 2001).

21 El capital estructural se refiere a “la infraestructura que incorpora, capacita y sostiene el capital humano”. Ello incluye: el conjunto de conocimientos que, básicamente, son propiedad de la organización y que permanecen en ella a pesar de que las personas la abandonen, la capacidad organizacional que se tiene con relación a los aspectos físicos, usados para transmitir y almacenar el material intelectual, por ejemplo los sistemas de información, la planta y equipo, y todo aquello que contribuye a que el capital humano se sienta motivado y en constate creatividad y aporte (CIC, 2003; Edvisson y Malone, 1997; Meritum, 2002).

22 El capital relacional está integrado por las relaciones con el entorno externo a la organización (Meritum, 2002; Roos *et al.*, 1997; Sánchez, 2000).

Figura 6. Histórico de la creación de grupos de investigación en TIC



Fuente: elaboración propia con base en ScienTI-Colombia (2011).

De acuerdo con el número de grupos de investigación en TIC creados por año (figura 6), se evidencia una tendencia de crecimiento exponencial entre 1995 y 2002, sufriendo a partir del año 2003 un descenso en el número de grupos creados hasta la fecha. Este comportamiento coincide curiosamente con el *boom* de Internet o “burbuja punto com” que se generó alrededor de 1995 a 2001. Se entiende entonces que, después del año 2003, los grupos de investigación ya creados se han ido consolidando, y el comportamiento descendiente puede deberse a la especialización de los nuevos grupos de investigación en las diferentes áreas de aplicación, lo cual no necesariamente sugiere una desactualización del tema de estudio.

En lo relativo a las áreas de conocimiento declaradas por los grupos de investigación nacionales en la plataforma ScienTI, estos grupos se concentran en dos áreas: ciencia de la computación e ingeniería eléctrica, con un 29,4% y 33,2%, respectivamente (tabla 7), comportamiento similar en la UN.

Tabla 7. Grupos de investigación en TIC por área de conocimiento nacionales y de la UN

Área de conocimiento	Número de grupos	Grupos de la UN	%
Ciencias Agrarias - Agronomía	2	0	0,3%
Ciencias Biológicas - Biología General	1	1	0,2%
Ciencias Biológicas - Genética	1	1	0,2%
Ciencias de la Salud - Medicina	5	0	0,9%
Ciencias Exactas y de la Tierra - Astronomía	1	0	0,2%
Ciencias Exactas y de la Tierra - Ciencia de la Computación	171	16	29,4%
Ciencias Exactas y de la Tierra - Física	23	5	4,0%
Ciencias Exactas y de la Tierra - Geociencias	6	0	1,0%
Ciencias Exactas y de la Tierra - Matemática	12	2	2,1%
Ciencias Humanas - Educación	22	0	3,8%
Ciencias Humanas - Filosofía	1	1	0,2%
Ciencias Sociales Aplicadas - Administración	2	0	0,3%
Ciencias Sociales Aplicadas - Arquitectura y Urbanismo	1	0	0,2%
Ciencias Sociales Aplicadas - Ciencia de la Información	24	0	4,1%
Ciencias Sociales Aplicadas - Comunicación	2	1	0,3%
Ciencias Sociales Aplicadas - Derecho	3	0	0,5%
Ciencias Sociales Aplicadas - Economía	1	0	0,2%
Ciencias Sociales Aplicadas - Planeamiento Urbano y Regional	1	0	0,2%
Ingenierías - Ingeniería Aeroespacial	1	0	0,2%
Ingenierías - Ingeniería Biomédica	19	1	3,3%
Ingenierías - Ingeniería Civil	6	1	1,0%
Ingenierías - Ingeniería de Materiales y Metalúrgica	1	0	0,2%
Ingenierías - Ingeniería de Minas	2	1	0,3%
Ingenierías - Ingeniería de Producción	24	1	4,1%

Continuación tabla 7. Grupos de investigación en TIC por área de conocimiento nacionales y de la UN

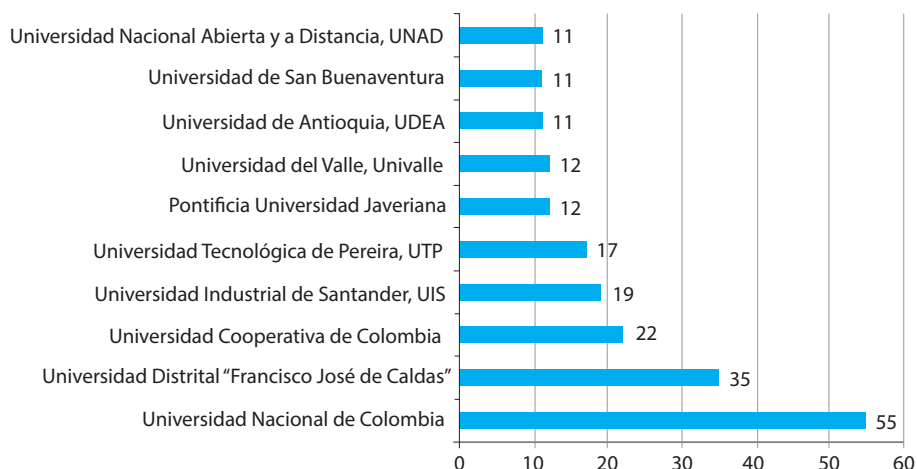
Área de conocimiento	Número de grupos	Grupos de la UN	%
Ingenierías - Ingeniería de Transportes	2	0	0,3%
Ingenierías - Ingeniería Eléctrica	193	15	33,2%
Ingenierías - Ingeniería Mecánica	15	2	2,6%
Ingenierías - Ingeniería Naval y Oceánica	1	0	0,2%
Ingenierías - Ingeniería Química	3	1	0,5%
Ingenierías - Ingeniería Sanitaria	1	0	0,2%
Lingüística, Letras y Artes - Artes	2	0	0,3%
Otros - Administración Hospitalaria	1	0	0,2%
Otros - Ingeniería Cartográfica	1	0	0,2%
Otros - Ingeniería Mecatrónica	3	1	0,5%
Otros - Multidisciplinar	27	4	4,6%
Programa Nacional de Ciencia y Tecnología	1	0	100%

Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2011).

Entre las instituciones con mayor número de grupos de investigación en TIC (figura 7), están la Universidad Nacional de Colombia, UN (55 grupos), la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” (35) y la Universidad Cooperativa de Colombia (22).

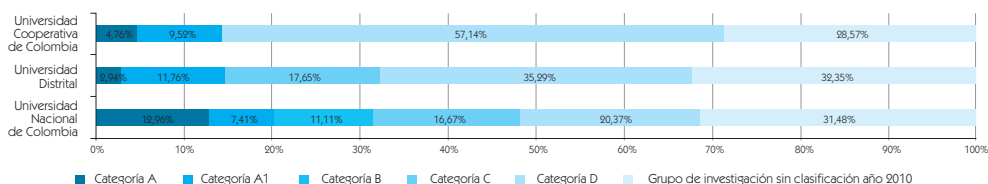
Aunque en cifras la diferencia no resulta ser muy significativa entre las universidades mencionadas, en términos de la producción técnico-científica sí existen grandes brechas. Con relación a los grupos de investigación clasificados en categorías A y A1, la UN tiene el 20,37% del total de los grupos de investigación de la misma Universidad; por su parte, la Universidad Distrital, de los grupos de investigación que posee, sólo el 2,94% se clasifican en A1 o A, y en esa misma vía la Universidad Cooperativa de Colombia no tiene grupos de investigación en esas categorías (figura 8).

Figura 7. Instituciones con mayor número de grupos de investigación



Fuente: elaboración propia con base en COLCIENCIAS (2011).

Figura 8. Clasificación grupos de investigación TIC para las principales universidades

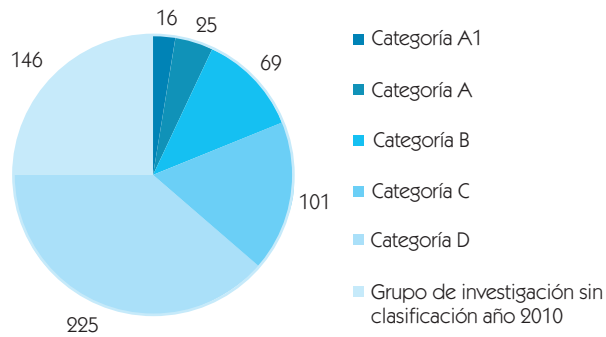


Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2011).

Así entonces, 41 grupos de investigación (figura 9) se clasifican en las categorías A o A1.

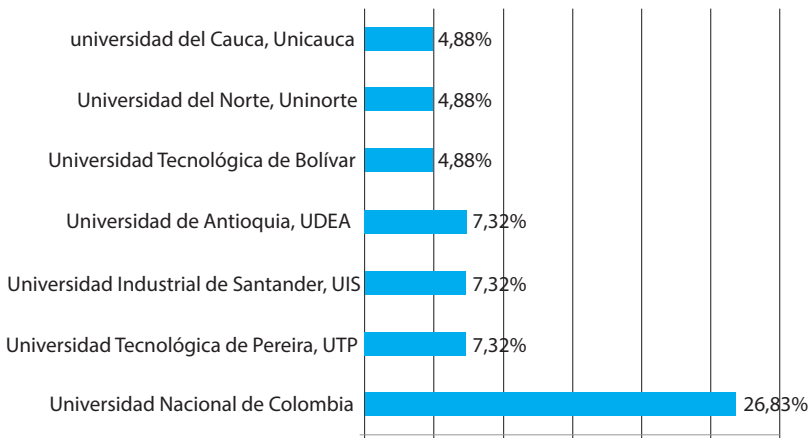
Es la Universidad Nacional de Colombia la institución que lidera, con un 26,83%, el total de los grupos clasificados en este nivel; le siguen la Universidad Tecnológica de Pereira, la Universidad Industrial de Santander y la Universidad de Antioquia, con el 7,32% cada una (figura 10).

Figura 9. Clasificación grupos de investigación en TIC



Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2011).

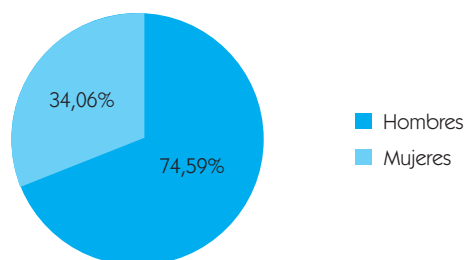
Figura 10. Participación grupos de investigación TIC categorías A y A1 en universidades



Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2011).

En términos de género, los investigadores hombres prevalecen, con el 74,59%; esta tendencia se asocia principalmente a la preferencia de este género por carreras asociadas a la ingeniería, y en particular a las ingenierías electrónica y de sistemas (figura 11).

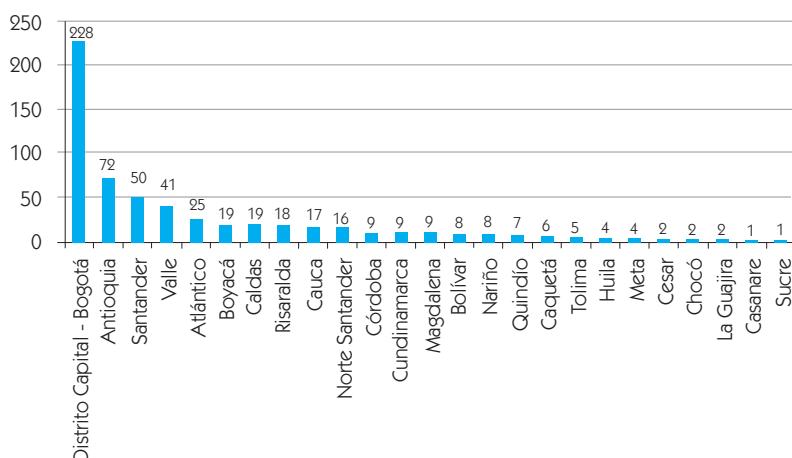
Figura 11. Participación de investigadores por género.



Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2011).

Con relación a su ubicación geográfica (ver figura 12), 228 grupos de investigación desarrollan sus actividades en la capital, seguidos por Antioquia, Santander y Valle, con 72, 50 y 41 grupos, respectivamente. Se concentra en estos cuatro departamentos el 67,18% de los grupos de investigación registrados en ScienTl.

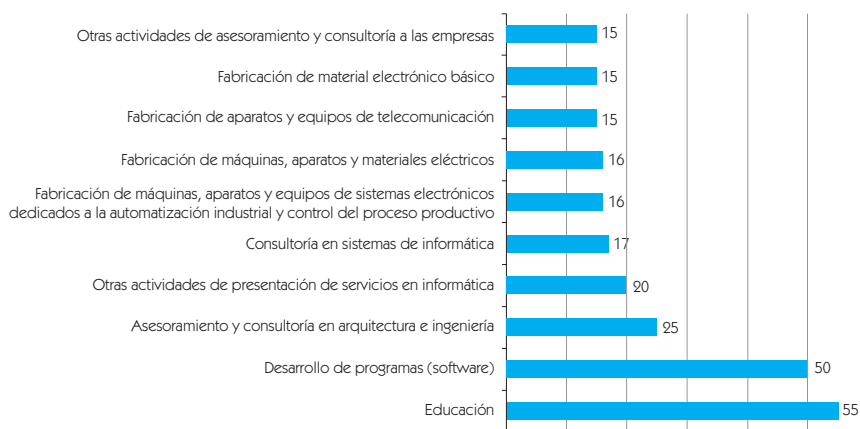
Figura 12. Grupos de investigación en TIC por departamento



Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2011).

La mayoría de los grupos de investigación se orienta al desarrollo propio de las TIC (figura 13), específicamente en relación con el desarrollo de software y consultoría en sistemas de informática; de igual forma, educación resulta ser el mayor sector de aplicación, con un total de 55 grupos de investigación asociados.

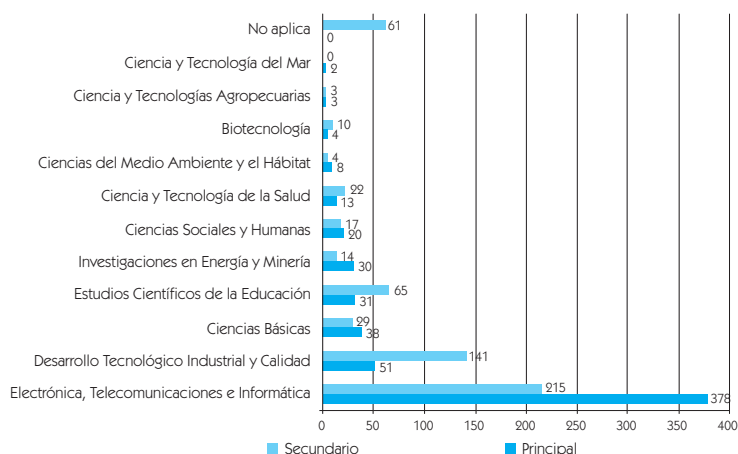
Figura 13. Sectores de aplicación grupos de investigación TIC



Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2011).

Finalmente, en cuanto a las áreas de conocimiento relacionadas con la investigación y el desarrollo de las TIC, los grupos de investigación tienen una mayor participación en el Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática; no obstante, se registran áreas emergentes de aplicación de las TIC, como desarrollo tecnológico industrial, educación, energía y minería, ciencias sociales y humanas, salud, medio ambiente y biotecnología (figura 14).

Figura 14. Afiliación programa nacional principal y secundario de los grupos de investigación TIC



Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2011).

Se concluye entonces que el país se encuentra en un proceso de construcción de capacidades de investigación en TIC, pues aunque existe una dinámica de crecimiento de los grupos de investigación, la mayoría se encuentran clasificados en niveles C y D según la Plataforma ScienTI de Colciencias. Sin embargo, es la Universidad Nacional de Colombia la institución de educación superior que posee las mejores condiciones.

1.5.1.2 Capital estructural

A partir de la plataforma SNIES del Ministerio de Educación, se identifica la oferta de programas de educación superior ofrecidos en el país, relacionados con las TIC. Se evidencia una mayor oferta de programas de formación relacionados con la Ingeniería de Sistemas, dos veces mayor que el número de programas en Ingeniería Electrónica, seis veces mayor que la Ingeniería Eléctrica y cerca de 13 veces con relación a la Ingeniería de Telecomunicaciones (tabla 8).

Tabla 8. Oferta de programas de formación en TIC

Programa	Número total de programas	Programas de pregrado Totales / Presenciales	Programas de maestría y doctorado
Ingeniería Electrónica	99	93 / 92	3
Ingeniería de Telecomunicaciones	15	12 / 10	2
Ingeniería de Sistemas	192	179 / 174	7
Ingeniería Eléctrica	31	24 / 24	5

Fuente: elaboración propia con base en Ministerio de Educación Nacional (2011).

De otra parte, se identifican instituciones que ofertan programas de maestría y doctorado. En primer lugar se percibe una debilidad en el número de programas de maestría y doctorados relacionados con la Ingeniería Eléctrica, Electrónica, de Telecomunicaciones y de Sistemas, 17 programas, lo cual repercute en las capacidades de investigación nacionales en TIC. Sin embargo, en la tabla 9, se indica un total de 32 programas de posgrado.

Tabla 9. Instituciones de educación superior que ofrecen programas de posgrado en TIC

Instituciones	Departamento	Doctorado	Maestría	Total general
Universidad Nacional de Colombia	Antioquia, Bogotá, D.C., Caldas	2	5	7
Universidad del Norte	Atlántico	0	4	4
Universidad Industrial de Santander	Santander	0	3	3
Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB	Santander	0	2	2
Universidad de Antioquia	Antioquia	1	1	2
Instituto Tecnológico Metropolitano	Antioquia	0	1	1
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá, D.C.	0	1	1
Universidad Autónoma de Manizales	Caldas	0	1	1
Universidad de La Sabana	Cundinamarca	0	1	1
Universidad de los Andes	Bogotá, D.C.	0	1	1
Universidad de San Buenaventura	Valle del Cauca	0	1	1
Universidad del Valle	Atlántico	0	1	1
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá, D.C.	0	1	1
Universidad Icesi	Valle del Cauca	0	1	1
Universidad Pedagógica Nacional	Bogotá, D.C.	0	1	1
Universidad Pontificia Bolivariana	Antioquia	0	1	1
Universidad Santiago de Cali	Valle del Cauca	0	1	1
Universidad Simón Bolívar	Atlántico	0	1	1
Universidad Tecnológica de Pereira, UTP	Risaralda	0	1	1
Total general		3	29	32

Fuente: elaboración propia con base en Ministerio de Educación Nacional (2011).

En términos de programas de formación –en particular los programas de posgrados–, en número es muy incipiente en el área de las TIC, con lo cual se podría considerar una débil capacidad estructural, si se tiene en cuenta que los posgrados se concentran principalmente en generar capacidades de investigación en sus estudiantes.

1.5.2 Capacidades de investigación institucionales

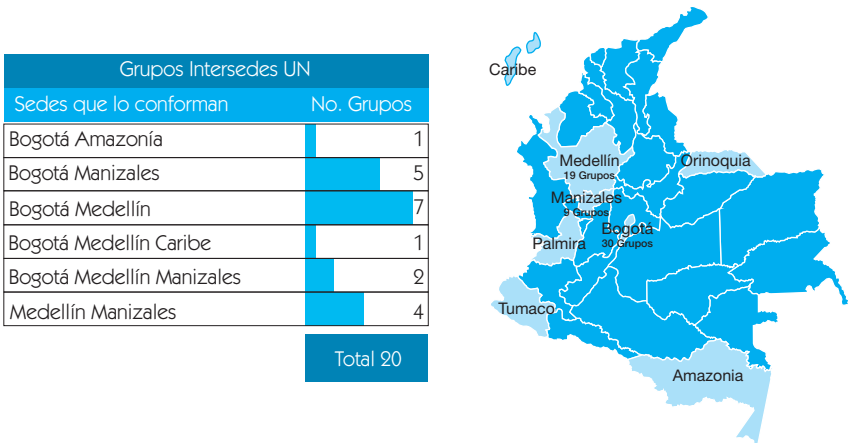
El uso de la metodología propuesta por la Vicerrectoría de Investigación, VRI (anexo 1) para evaluar las capacidades de investigación y extensión de la Universidad Nacional de Colombia supone un novedoso proceso dentro de la Institución para encontrar, procesar, almacenar y difundir, según sea el caso, la información sobre los procesos de investigación y extensión.

La medición de las capacidades de investigación y extensión para la Agenda TIC se aborda desde el capital humano, el capital estructural y el capital relacional.

1.5.2.1 Capital humano

En lo concerniente a los grupos de investigación, la Universidad Nacional de Colombia reporta, entre los años 2003 a 2010, un total de 78 grupos de investigación relacionados con las Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, según se presenta en la figura 15, de los cuales 20 son interse-des.

Figura 15. Grupos de investigación en TIC, Universidad Nacional de Colombia 2003-2010



Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

Bogotá concentra el 38,4% de los grupos de investigación en TIC con un total de 30 grupos, seguido por Medellín con 19 grupos y Manizales con 9. Es importante

resaltar que las sedes de Amazonía, Orinoquía, Palmira, Tumaco y el Caribe no poseen grupos de investigación relacionados.

Por otro lado, se puede observar en la Universidad una notable dinámica de trabajo colaborativo entre grupos de investigación como estrategia para cumplir con sus resultados de investigación, además de representar una oportunidad para obtener resultados de investigación más enriquecedores, para realizar sinergias que permitan explotar las fortalezas de cada una de las sedes en relación con las TIC y también para socializar los avances en una u otra sede. En total son 20 grupos que trabajan intersedes, lo que representa el 26% de los grupos de investigación de la Agenda.

Categoría docentes. El capital humano que perteneció a grupos de investigación en TIC en la UN entre los años 2003 y 2010 lo constituyeron en total 455 personas (figura 16). Cabe señalar que Bogotá presenta la mayor concentración de docentes, con el 45% de participación (180 docentes activos), que contrasta con una minoría en relación con el recurso humano que poseen sedes como la de la Amazonía y la del Caribe, sin mencionar aquellas en las cuales no se detectó ningún participante (grupos de Orinoquía, Palmira y Tumaco). Esta situación evidencia la falta del recurso humano asociado a las TIC, que repercute en un deficiente desarrollo de esta área en esas sedes.

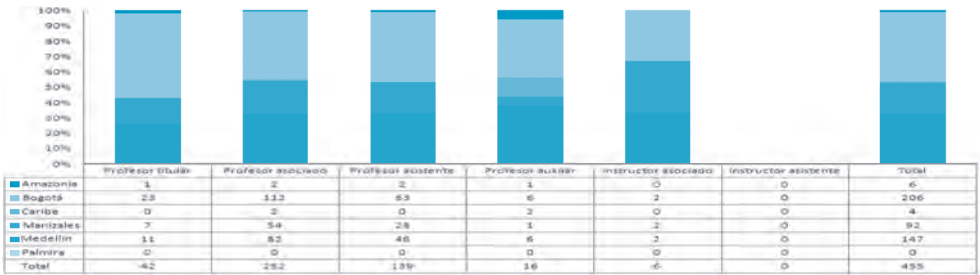
Figura 16. Integrantes Agenda TIC de la Universidad Nacional de Colombia, 2003-2010



Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

Asi mismo, de acuerdo con el tipo de vinculación de los docentes (figura 17), el cargo más importante –o mejor, el de mayor frecuencia– en este grupo es el de profesor asociado, con una participación del 55% (252 docentes), seguido por profesor asistente y profesor titular, con el 30% (139 docentes) y el 9% (42 docentes), respectivamente.

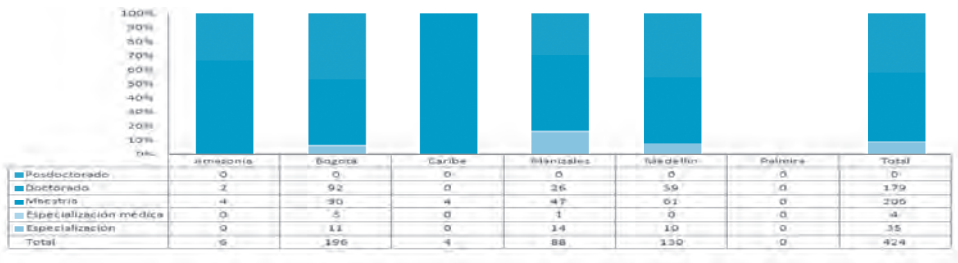
Figura 17. Tipo de vinculación de los docentes asociados a la Agenda TIC, 2003-2010



Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

Nivel de formación docente. En cuanto al nivel de formación (figura 18), los docentes relacionados se ubican en un nivel posgradual con el 49% (206 docentes) en el nivel de maestría y el 42% que ha realizado estudios de doctorado (179 docentes).

Figura 18. Formación docente de la Agenda TIC, 2003-2010



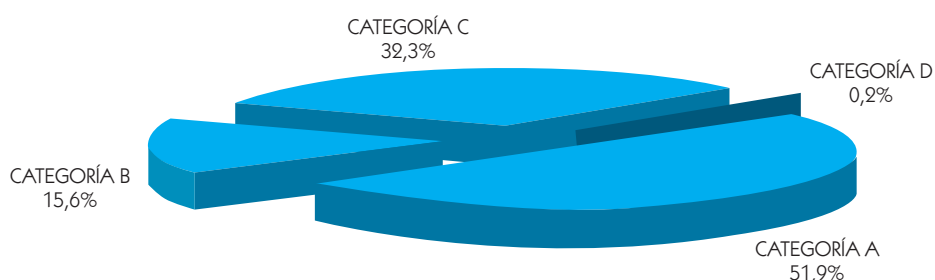
Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

En la ciudad de Bogotá, los docentes con doctorado superan a todos los otros niveles de formación; en Medellín se encuentra equiparada la cantidad de docentes de doctorado con los de maestría, superando también los otros niveles de formación, y en Manizales es la ciudad en donde los docentes con doctorado son superados ampliamente por los docentes con maestría. Esto indica que a través del tiempo se ha venido aumentando el nivel de formación de docentes en la Agenda TIC, lo que supone una fortaleza para las capacidades y competencias que se hacen necesarias para la investigación de calidad.

1.5.2.2 Capital estructural

Productos. Según la clasificación dada por Colciencias a los grupos de investigación conforme con la producción académica e investigativa, el 51,9% de los grupos de investigación relacionados con las TIC fueron clasificados en categoría A; el 15,6% en categoría B; el 32,3% en categoría C, y el 0,2% en categoría D (figura 19). Lo anterior se consolida como un panorama favorable para el desarrollo del área de estudio, ya que el 67,5% de los grupos de investigación de la Universidad se clasifican en categorías A y B, lo cual presupone en principio una dinámica de investigación y divulgación alta.

Figura 19. Clasificación de los grupos de investigación de la Agenda TIC - UN, 2003-2010



Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

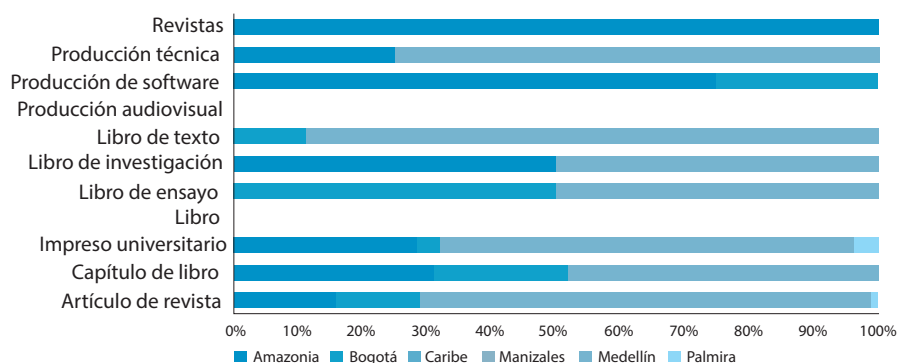
Productos de nuevo conocimiento. En total se identifican 607 productos de nuevo conocimiento, donde se destacan: artículos de revista con el 81,54% (495 artículos); capítulos de libro con el 4,77% (29); impreso universitario con el 8,73% (53); libros de investigación con el 1,6% (10); libro de texto 1,4% (9); libro de ensayo 0,32% (2), entre otros.

Teniendo en cuenta lo anterior, se resalta una concentración mayor de productos orientados a la comunidad académica, como son artículos, capítulos de libros e impresos universitarios, en comparación con productos de carácter técnico como software, producción técnica y audiovisual, lo cual sugiere un bajo nivel de aplicabilidad de los resultados de investigación en el sector productivo, aunque en términos de proyectos de extensión se presenta una dinámica mucho mayor.

Como se aprecia en la figura 20, la sede Medellín es líder en términos de la cantidad de productos de nuevo conocimiento desarrollados entre los años 2003 y 2010; por ejemplo, en los artículos de revista (495), Medellín contribuyó con 346, es decir el 70%, y se presenta la misma tendencia en otras clasificaciones de la categoría

de productos de nuevo conocimiento. En conclusión se puede afirmar que la sede Medellín demuestra mayores fortalezas en las capacidades asociadas al capital estructural relacionadas con las TIC, a pesar de ser la sede Bogotá la que cuenta con una mayor capacidad en términos del capital humano.

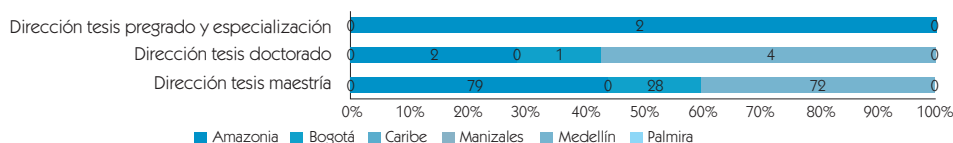
Figura 20. Productos de nuevo conocimiento, Agenda TIC - UN, 2003-2010



Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

Productos de formación. Los productos resultantes de los procesos de formación —como tesis de pregrado y especialización, maestría y doctorado de la UN entre los años 2003 y 2010— son en total 188, teniendo mayor participación la dirección de las tesis de maestría, con un 95,2% de participación; por sedes se puede observar a la sede Bogotá como líder en las tres categorías, seguida por Medellín (figura 21).

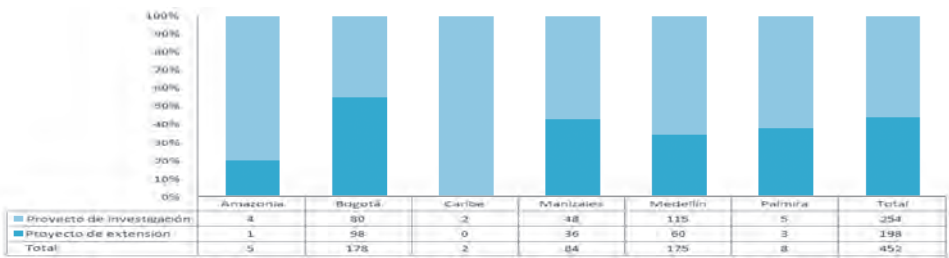
Figura 21. Productos de formación, Agenda TIC - UN, 2003-2010



Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

En lo relativo a la ejecución de proyectos en la UN relacionados con las TIC en el periodo de estudio (figura 22), se reportan 254 proyectos de investigación y 198 proyectos y cursos de extensión. Se concentra en Bogotá el 49,4% (98) de los proyectos de extensión, y en Medellín el 45,2% (115) de los proyectos de investigación.

Figura 22. Proyectos de investigación y extensión relacionados con la Agenda TIC - UN, 2003-2010



Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

2. VISIÓN DE FUTURO: LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS PROPUESTOS

El presente capítulo plantea los lineamientos estratégicos definidos para la Agenda TIC a partir del diagnóstico y de los aportes del grupo de expertos constituido para este fin. Se presentan a continuación los objetivos, el alcance, los potenciadores e inhibidores, los temas existentes y emergentes, el énfasis institucional y los elementos vinculantes de la Agenda, los cuales definen el enfoque de investigación en TIC de la Universidad Nacional de Colombia para los próximos cinco años.

2.1 Objetivo de la Agenda

Construir capacidades nacionales para el desarrollo, implementación, transferencia y uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

2.2 Objetivos específicos

Formar investigadores y capital humano en las áreas TIC.

Contribuir a disminuir la brecha tecnológica nacional relacionada con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Generar espacios para la investigación transdisciplinar.

Apoyar el posicionamiento internacional del sector TIC colombiano.

Impactar a distintos sectores estratégicos en el desarrollo nacional, incluida la Universidad misma.

Brindar soporte a las agendas de investigación de la UN.

2.3 Alcance

La Agenda de Conocimiento Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC, de la Universidad Nacional de Colombia, en un lapso de cinco años fortalecerá las capacidades para el desarrollo, implementación, transferencia y uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en busca de la disminución de la brecha digital existente en el país, el mejoramiento de la calidad de vida de la población mediante el uso de las TIC y el apoyo del posicionamiento del sector en el ámbito internacional, en consonancia con las problemáticas de la realidad nacional.

2.4 Potenciadores e inhibidores

A partir del análisis de los ámbitos interno y externo de la Universidad, el grupo de expertos identifica los siguientes potenciadores²³ e inhibidores²⁴ para el desarrollo de la Agenda TIC (tabla 10).

Tabla 10. Potenciadores e inhibidores Agenda de Conocimiento TIC

POTENCIADORES	
Internos	Externos
• Convocatorias de financiación internas. • Programas de posgrado. • Grupos e institutos de investigación. • Becas de posgrado.	• Convocatorias para la financiación de investigación del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, Ministerio TIC, agencias de cooperación internacional, entre otros. • Becas de posgrado. • Podría ser un gran potenciador un sistema de clasificación de los grupos de investigación de Colciencias coherente con su propia política y consistente a lo largo del tiempo. • Bonanzas sectoriales. • Planes regionales.

23 Se entiende por potenciador el conjunto de todos aquellos factores que facilitan y promueven el desarrollo de la agenda para alcanzar sus objetivos.

24 Se entiende por inhibidor el conjunto de todos aquellos aspectos que retardan y obstaculizan el desarrollo de la Agenda para alcanzar sus objetivos.

Continuación tabla 10. Potenciadores e inhibidores Agendas de Conocimiento TIC

INHIBIDORES	
Internos	Externos
• Marco regulatorio y estructura administrativa de la UN • Dificultad de gestionar proyectos de investigación entre unidades básicas de la UN • No existe una política clara de incentivos para la investigación en la UN • Falta de canales institucionales que favorezcan la interacción con el sector externo en la UN • Debilidades en equipos y recursos tecnológicos • Insuficiencia en la infraestructura física.	• No se favorece la interdisciplinariedad en las convocatorias de Colciencias • Falta de recurso humano altamente calificado en algunas áreas propuestas de la Agenda TIC

Fuente: Grupo de expertos Agenda TIC.

Se observa una mayor incidencia en la oferta de formación de alto nivel del recurso humano y las oportunidades de financiación de proyectos de CTI como parte de los potenciadores; por el contrario, la falta de recurso humano en áreas específicas de la agenda puede convertirse en un inhibidor externo a la Universidad, al igual que la política y la infraestructura desde la visión interna de la misma.

2.5 Propuesta inicial de temas existentes y emergentes

A partir del panorama internacional de investigación (sección 1.1) y las tendencias existentes²⁵, se construye el árbol de temas y subtemas de la Agenda TIC, el cual define las oportunidades de desarrollo de la agenda. Para ello se clasificaron en dos dimensiones o áreas: la primera relacionada con los temas propios de las TIC (desarrollo endógeno) y la segunda orientada a sus aplicaciones en las demás agendas de conocimiento propuestas por la VRI de la Universidad, las cuales se presentan en la sección 2.7.

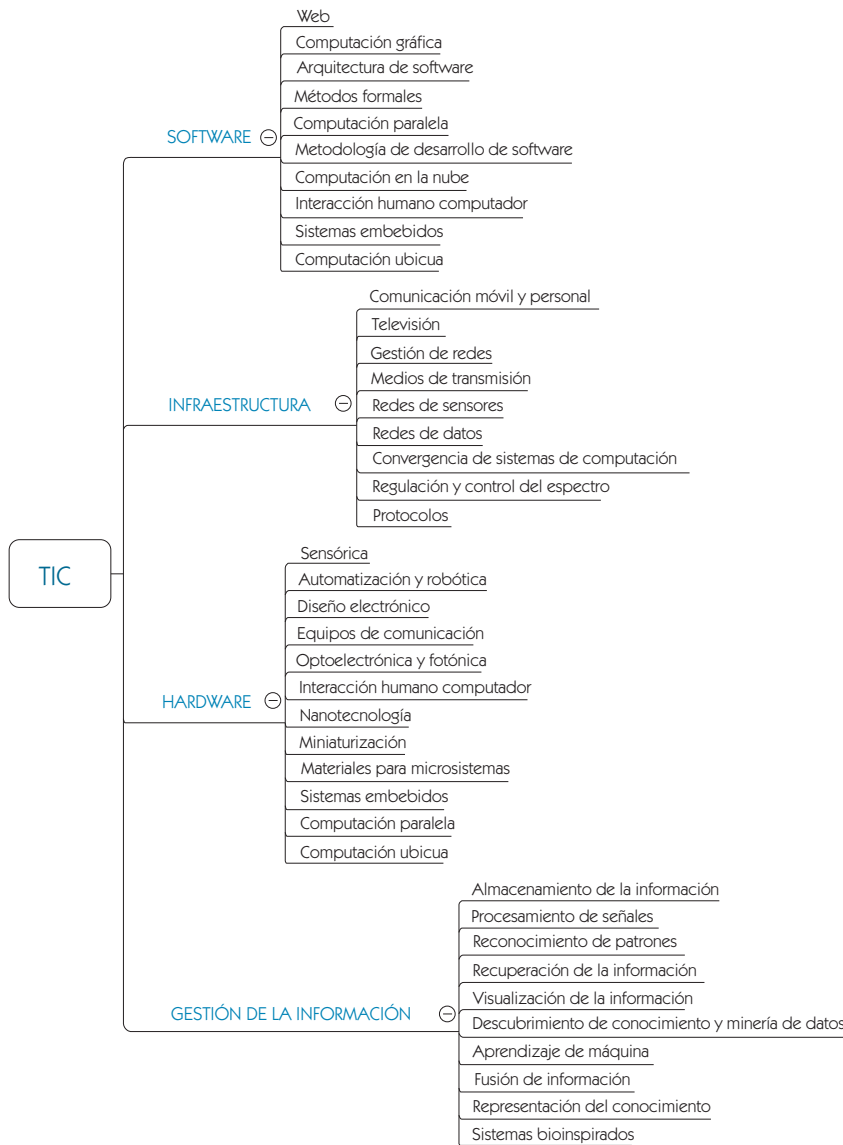
2.5.1 Desarrollo endógeno de las TIC

Esta área de investigación y sus respectivos temas se constituyen en pilares de la Agenda, por enfocarse en el desarrollo endógeno del área de estudio, que permitirá el diseño de aplicaciones en diversos sectores económicos y sociales. En este

25 Estas tendencias existentes fueron evidenciadas por el grupo de expertos participantes en la primera reunión presencial, tercera reunión del equipo de la Agenda TIC en febrero de 2011.

sentido, después de un proceso de validación con los expertos a partir del panorama internacional de investigación o macro tendencias mundiales identificadas, se definen cuatro temas para esta área (figura 23), los cuales son: software, infraestructura, hardware y gestión de la información.

Figura 23. Árbol de conocimiento TIC - Desarrollo endógeno de las TIC



Fuente: elaboración propia. Construido con el grupo de expertos de la Agenda TIC.

Resulta necesario limitar y priorizar el alcance de la agenda en torno a los subtemas de cada área de estudio, para su primera etapa de implementación, de acuerdo con las perspectivas futuras de desarrollo a partir de las tendencias tecnológicas y apuestas políticas nacionales y regionales, así como de las necesidades actuales y futuras de la sociedad en general y, en particular, del sector productivo, las capacidades nacionales y las capacidades de la Universidad.

2.5.1.1 Priorización subtemas de desarrollo endógeno de las TIC

Debido a la complejidad del sistema de estudio, la priorización de los subtemas para cada temática se apoyó en el Análisis de Decisión Multicriterio, MCDA, concretamente en los métodos de Matriz de Decisión y Proceso Analítico Jerárquico, PAJ²⁶. Los resultados de la priorización (anexo 7) fueron validados por el equipo de expertos, concluyéndose en los subtemas que se relacionan en la tabla 11.

Tabla 11. Subtemas priorizados Agenda TIC

Software	Infraestructura
1. Web 2. Interacción humano-computador 3. Computación gráfica 4. Computación paralela 5. Metodología de desarrollo de software	1. Comunicación móvil y personal 2. Convergencia de sistemas de comunicación 3. Medios de transmisión
Hardware	Gestión de la información
1. Sensórica 2. Automatización y robótica 3. Diseño electrónico 4. Sistemas embebidos	1. Representación, recuperación y almacenamiento de la información. 2. Descubrimiento automático de conocimiento, reconocimiento de patrones y minería de datos. 3. Seguridad de la información

Fuente: elaboración propia. Construida con el grupo de expertos de la Agenda TIC.

Según la opinión de los expertos, todos los subtemas asociados a gestión de la información resultan ser importantes, por lo cual se decide reagruparlos en las categorías antes mencionadas.

26 Estos métodos “persiguen ayudar a los individuos o grupos a tomar decisiones que implican diferentes puntos de vista en conflicto y múltiples agentes interesados” (Cortés, Melón y Aragonés, 2007).

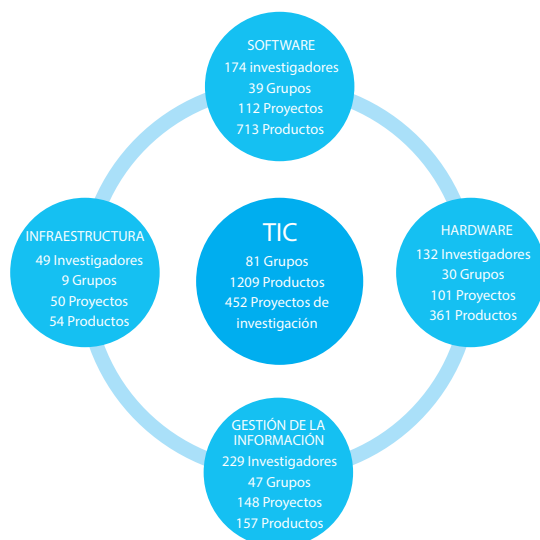
2.6 Determinación de énfasis institucionales

De acuerdo con los temas definidos para el área de investigación desarrollo endógeno de las TIC, la figura 24 las resume según los cuatro temas: software, infraestructura, hardware y gestión de la información. La evaluación de las capacidades para los temas contenidos digitales y servicios de valor agregado está en construcción.

En la figura 24 se clasifican los productos, proyectos, grupos de investigación e investigadores para cada uno de los cuatro temas propuestos. La información se encuentra organizada por áreas, y estas, a su vez, se ubican de mayor a menor, siguiendo el sentido de las manecillas del reloj. El criterio para ordenarlas de mayor a menor corresponde principalmente a la cantidad de productos realizados por cada área, es decir, se empieza con el área de mayores productos y se termina con el área que menos productos desarrolló.

Gestión de la información resulta una temática emergente en la Universidad Nacional de Colombia. Pese a no ser la que más productos desarrolló entre los años 2003 y 2010, es el área que tiene más grupos, investigadores y proyectos, dado que se presenta una fortaleza desde el punto de vista del recurso humano y que es un área de bastante dinámica en el sector productivo, lo que la hace más solicitada. Por su parte, los temas software y hardware resultan ser temas posicionados de investigación en la Universidad, lo cual se refleja en el alto número de grupos y proyectos de investigación y en los mayores niveles de productividad.

Figura 24. Énfasis institucional Agenda TIC - UN, 2003-2010



Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la VRI.

Finalmente, el tema con menor cantidad de productos –además de ser el área de menor cantidad de proyectos, grupos de investigación e investigadores– es infraestructura, lo que refleja una clara deficiencia en esta materia, que puede deberse a varios factores: un recurso humano reducido o no cualificado para impulsar la investigación en la misma; la precaria infraestructura e incluso el bajo campo ocupacional para desempeñarse en estos temas específicamente, problemas que no sólo se presentan dentro de la Universidad, sino en el país en general.

2.7 Elementos vinculantes

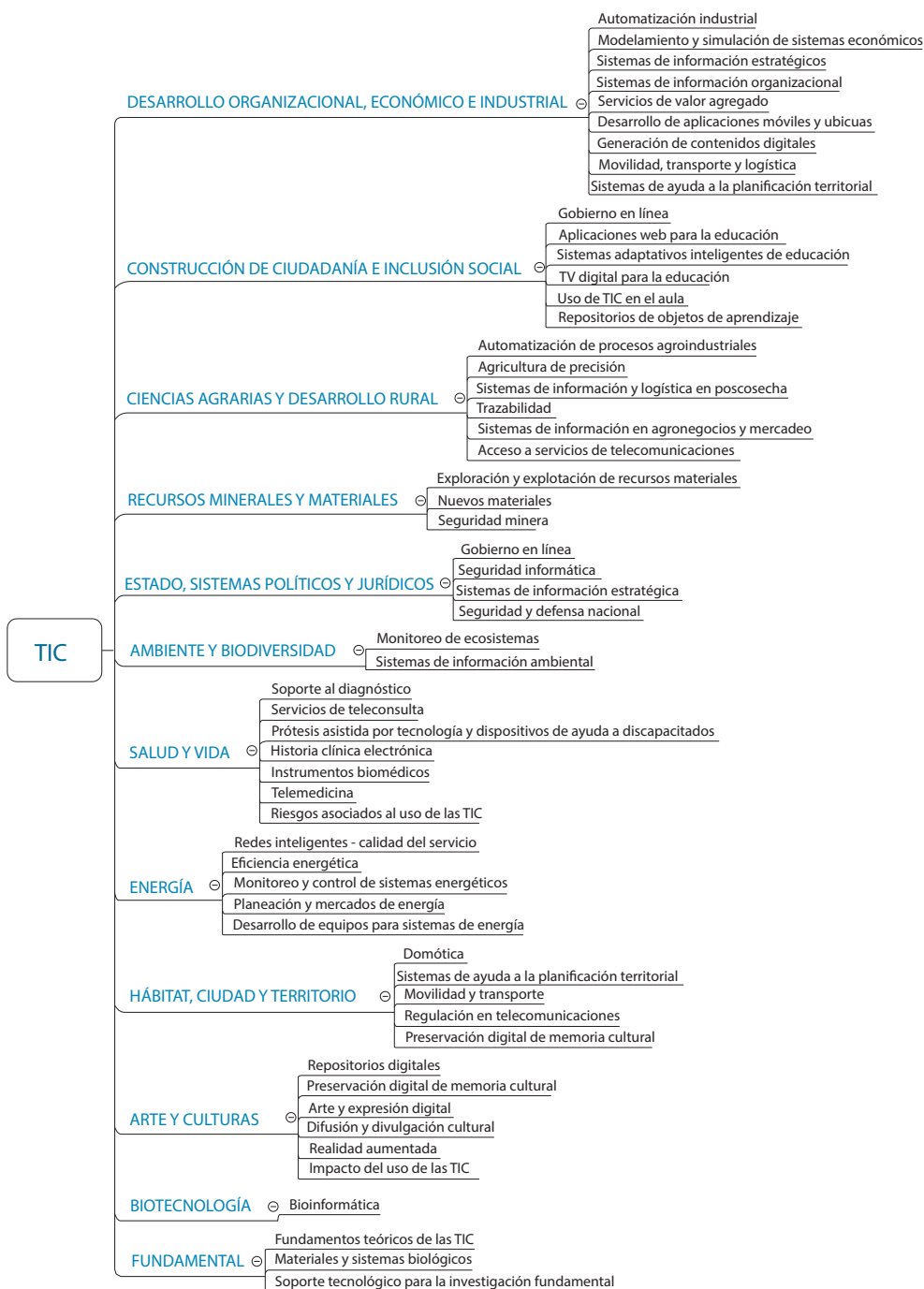
Para la Agenda TIC los elementos vinculantes se definen como un área de investigación, la cual se precisa a partir de los temas de aplicación asociados a cada una de las doce agendas restantes definidas por la VRI de la Universidad (figura 25), dando como resultado un total de 57 subtemas de aplicación. Se presenta la misma limitación que se evidenció con el área de desarrollo endógeno de las TIC, derivado del alto número de alternativas de acción de las TIC en cada una de las agendas.

Por esta razón, se realizó la priorización de los subtemas de aplicación de las TIC usando como criterio de decisión las necesidades y el impacto social y económico en cada una de ellas, desde la visión y experticia del grupo de expertos de la agenda. Se procedió a llevar a cabo una ordenación simple, obteniéndose dos niveles de prioridad de desarrollo de la agenda.

El primer nivel de prioridad relaciona cinco grandes áreas de aplicación asociadas a ocho agendas de conocimiento de la UN, tal como se especifica a continuación:

SALUD	Salud y Vida
EDUCACIÓN	Construcción de Ciudadanía e Inclusión Social
GOBIERNO	Estado, Sistemas Políticos y Jurídicos
AMBIENTE, BIODIVERSIDAD	Ambiente y Biodiversidad
Y AGROINDUSTRIA	Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural
	Ciencia y Tecnología de Minerales y Materiales
MINERÍA Y ENERGÍA	Energía
	Desarrollo Organizacional, Económico e Industrial

Figura 25. Árbol de temas TIC - Aplicaciones: elementos vinculantes



Fuente: elaboración propia. Construido con el grupo de expertos de la Agenda TIC.

3. ANÁLISIS PROSPECTIVO PARA CONSOLIDAR UNA VISIÓN DE FUTURO DE LAS TIC

La visión de futuro de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - TIC, en la Universidad Nacional de Colombia, se establece mediante la integración de la visión de la comunidad académica, percibida a partir de la aplicación de dos encuestas en línea relacionadas con las áreas genérica y de aplicación de las TIC respectivamente, y también con las apuestas definidas por el equipo de expertos presentadas en el capítulo 2.

El presente capítulo resume de manera ejecutiva los resultados de las dos encuestas prospectivas que realimentan las propuestas del equipo de expertos. También recoge, a manera de ejemplo, los posibles proyectos que han sido sugeridos por los profesores encuestados y los expertos.

3.1 Resumen ejecutivo de los resultados de las encuestas prospectivas

La Agenda dispuso dos encuestas prospectivas en torno al área genérica y al área de aplicación de las TIC, dirigidas a líderes de grupos de investigación, investigadores y docentes de todas las sedes de la Universidad relacionados con estas, con una orientación particular hacia la docencia o la investigación.

El objetivo general de cada una de estas encuestas fue posibilitar una realimentación por parte de la comunidad universitaria del trabajo propuesto por el equipo de expertos alrededor de la Agenda. Los principales resultados se describen a continuación.

Ficha técnica de la encuesta

Las dos encuestas fueron enviadas a 81 líderes de grupos de investigación, 472 investigadores y 120 docentes relacionados con las TIC, para un total de 673 profesores de la Universidad Nacional de Colombia en todas sus sedes. Los participantes fueron convocados entre el 26 de octubre y el 12 de noviembre de 2012. La encuesta genérica obtuvo 30 respuestas, lo que corresponde al 4,46% de la población invitada y, en el caso de la encuesta de aplicación de las TIC, solo se ob-

tuvieron 9 respuestas, es decir, el 1,34% de participación. Las tablas 12 y 13 detallan las fichas técnicas de cada una de las encuestas.

Tabla 12. Ficha técnica de la encuesta prospectiva área genérica de las TIC

FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA PROSPECTIVA - AGENDA TIC	
Realizada por:	Expertos en las áreas de la Agenda Tecnologías de la Información y las comunicaciones - TIC como parte del Proyecto Agendas de Conocimiento de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia
Realizada en:	Software Sphinx Plus V5, aplicada de forma On-line
Fecha:	El tiempo establecido para hacer la encuesta fue de dos semanas
Población:	Investigadores de 78 grupos de investigación, identificados dentro de las capacidades de la Agenda TIC, que son o han tenido algún vínculo con la Universidad Nacional de Colombia como docentes de planta
Unidad de muestreo:	Profesores - miembros de grupos de investigación que hacen parte de la Agenda TIC
Respuestas recolectadas:	Treinta respuestas de las invitaciones enviadas a directores e investigadores de grupos de investigación

Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda TIC.

Tabla 13. Ficha técnica de la encuesta prospectiva área de aplicación de las TIC

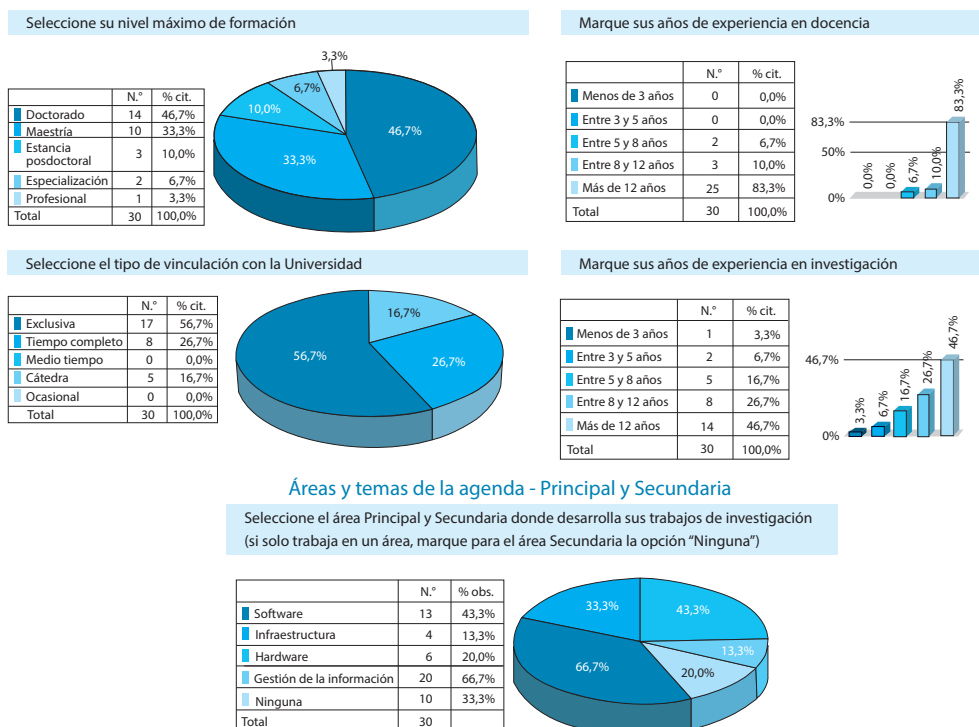
FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA PROSPECTIVA - AGENDA TIC	
Realizada por:	Expertos en las áreas de la Agenda Tecnologías de la Información y las comunicaciones - TIC como parte del Proyecto Agendas de Conocimiento de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia
Realizada en:	Software Sphinx Plus V5, aplicada de forma On-line
Fecha:	El tiempo establecido para hacer la encuesta fue de dos semanas
Población:	Investigadores de 78 grupos de investigación, identificados dentro de las capacidades de la Agenda TIC, que son o han tenido algún vínculo con la Universidad Nacional de Colombia como docentes de planta
Unidad de muestreo:	Profesores - miembros de grupos de investigación que hacen parte de la Agenda TIC
Respuestas recolectadas:	Nueve respuestas de las invitaciones enviadas a directores e investigadores de grupos de investigación

Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda TIC.

Perfil de los encuestados

La encuesta prospectiva genérica fue respondida por docentes de las sedes Medellín (36,67%), Bogotá (36,67%), Manizales (23,33%) y San Andrés (3,33%), de los cuales el 76,7% fueron de sexo masculino y 23,3% femenino. Además, el 10% de los encuestados tienen posdoctorado, el 46,7% tienen formación doctoral, el 33,3% formación de maestría, 6,7% especialización y el 3,3% profesional. En su mayoría (80%), los docentes pertenecen a grupos de investigación. En la figura 26 se presenta con mayor detalle la caracterización de los profesores que respondieron la encuesta.

Figura 26. Resumen gráfico encuesta prospectiva genérica líderes de grupos de investigación, investigadores y docentes de la UN

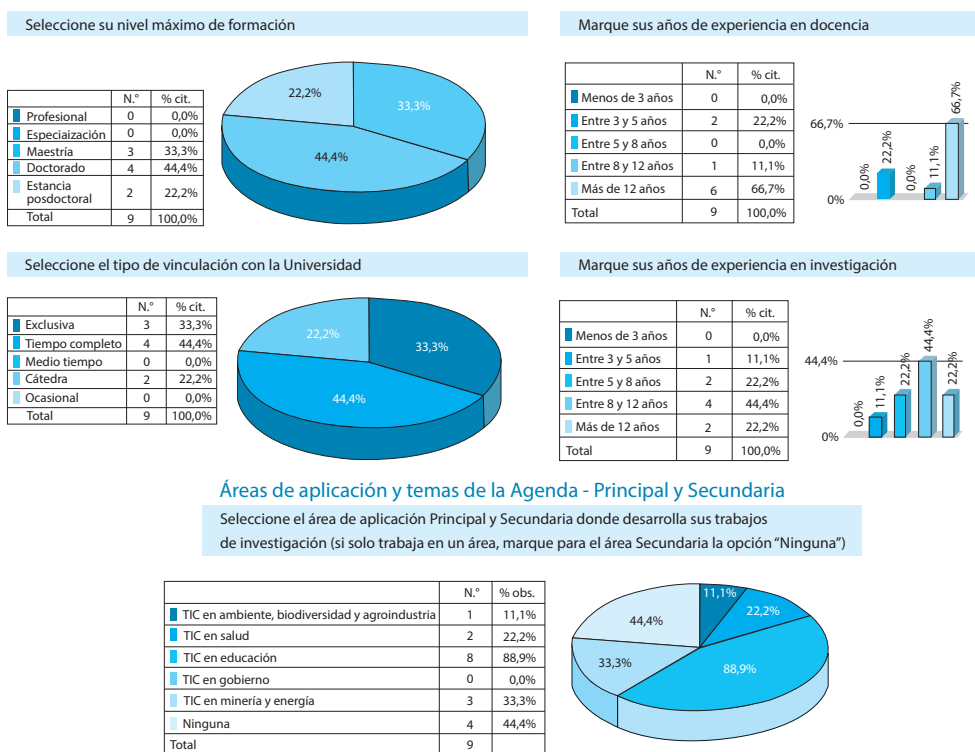


Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva genérica de la Agenda TIC.

Cabe señalar que la participación de los docentes, investigadores y líderes de grupos de investigación en la encuesta prospectiva relacionada con las áreas de aplicación de las TIC fue muy escasa; sin embargo, se tomó como referente para la construcción de la Agenda. Esta encuesta fue respondida en igual proporción en

las sedes Bogotá, Medellín y Manizales y, en su mayoría, intervinieron profesores del sexo masculino (88,9%) con nivel doctoral (44,4%). Asimismo, su grado de vinculación con la Universidad es alto, en la medida en que el 77,7% de los profesores son de dedicación exclusiva o de tiempo completo. Un buen número de los participantes manifestó tener una cercanía con la investigación de TIC y Educación (42,1%). En el área de las TIC y Gobierno no se obtuvo ninguna respuesta, por lo cual no se evidencia ningún resultado en los análisis posteriores. En la figura 25 se muestra con mayor detalle la caracterización de los docentes participantes en la encuesta de aplicación.

Figura 25. Resumen gráfico encuesta prospectiva de aplicación líderes de grupos de investigación, investigadores y docentes de la UN

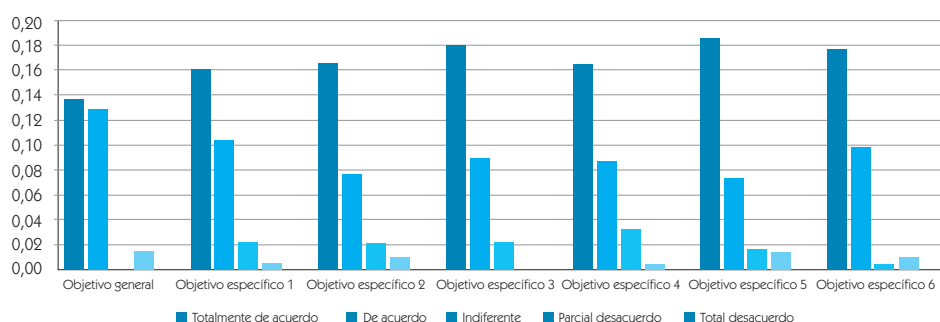


Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva de aplicación de la Agenda TIC.

Valoración de objetivos y alcance

Como se puede ver en la figura 28, existe un alto nivel de aceptación tanto del objetivo general (sección 2.1) como de los objetivos específicos (sección 2.2) por parte de los docentes, investigadores y líderes de grupos de investigación que participaron en la encuesta genérica, así como en la de aplicación de las TIC, aunque en esta última se evidencia un grado de indiferencia y, en menor proporción, de desacuerdo.

Figura 28. Valoración del grado de acuerdo de los objetivos propuestos en la Agenda TIC

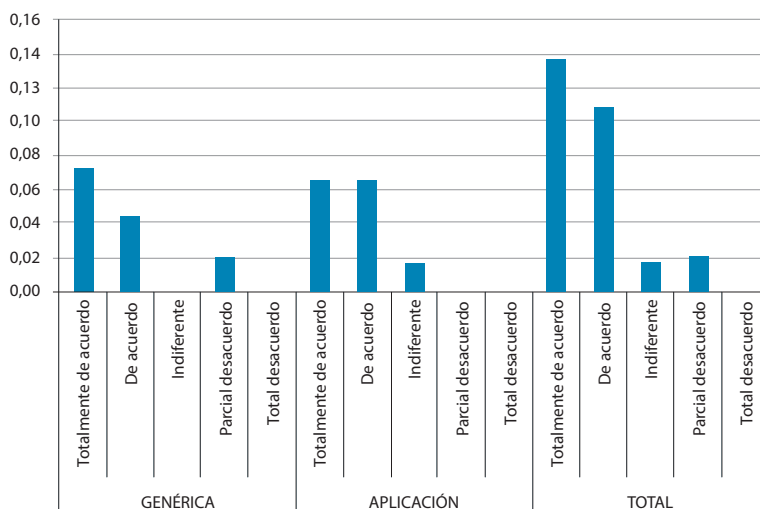


Fuente: autores con base en la encuestas prospectivas de la Agenda TIC.

Entre las sugerencias planteadas por el 6,67% de los docentes participantes, se propone “incluir la palabra gestión del conocimiento en el objetivo general”, expandir el alcance del segundo objetivo específico puntualizando no solamente la brecha nacional, sino “respecto al desarrollo internacional”. Además, los docentes participantes consideran que se debe incluir un nuevo objetivo: “realizar todo el soporte del proyecto en las nuevas tecnologías de almacenamiento y procesamiento en la nube”.

Con relación al alcance propuesto por el equipo de expertos (sección 2.3), en la figura 29 se observa la percepción por parte de los docentes que participaron tanto en la encuesta genérica como de aplicación y los resultados consolidados. Se percibe, en este caso, un acuerdo frente al alcance propuesto. Sin embargo, existe un nivel de desacuerdo parcial que suscita sugerencias en torno a “hacer más explícito el trabajo con comunidades excluidas y con PYME”, “ir más allá del concepto de información e incluir el concepto de conocimiento” y “modernizar los sistemas de publicaciones y acceso a estas, hoy mediadas por estructuras jerárquicas y burocráticas”.

Figura 29. Valoración del grado de acuerdo del alcance propuesto en la Agenda TIC



Fuente: autores con base en la encuestas prospectivas de la Agenda TIC.

Valoración de potenciadores e inhibidores

Los resultados de las dos encuestas revelan que los aspectos planteados, considerados en su mayoría como potenciadores, son:

Número de programas de posgrado relacionados con las TIC.

Número de grupos e institutos de investigación relacionados con las TIC.

Número de becas de posgrado relacionadas con las TIC.

Convocatorias para la financiación de investigación de Colciencias, MinTIC, agencias de cooperación internacional, entre otros.

Planes nacionales y regionales que promuevan el desarrollo, implementación y uso de las TIC.

Recursos tecnológicos e infraestructura.

Número y calidad del recurso humano en las diferentes áreas de las TIC.

Además, se plantean las siguientes apreciaciones:

Incluir como potenciador la “difusión y soporte de los trabajos TIC en la Universidad mediante la organización de conferencias nacionales e internacionales en las áreas”.

Tener un mayor número de grupos de investigación no indica que sea un potenciador o inhibidor. “Es posible que con menos grupos pero más maduros podamos tener mayor influencia en el cumplimiento de los objetivos”.

Valoración de las áreas temáticas genéricas de las TIC

Para establecer la relación que los investigadores tienen con las TIC y sus diferentes niveles de complejidad, la encuesta indagó por las áreas principales y secundarias de investigación en las TIC que lleva a cabo cada encuestado. Las áreas fueron establecidas según la propuesta del equipo de expertos.

En este sentido, los resultados indican que las áreas principales y secundarias de investigación con mayor influencia en los docentes, investigadores y líderes de grupos de investigación participantes, en su orden, son: gestión de la información, con un 46,5%; seguido por software, con el 30,2%; hardware, con el 13,9%; y, por último, infraestructura, con el 9,4%. Los investigadores manifestaron tener un nivel de experticia alto en las áreas de gestión de la información (60%), software (69,2%), hardware (75%) e infraestructura (83,3%); todas ellas fueron categorizadas como áreas principales.

La importancia de la investigación en las áreas genéricas de las TIC (figura 30) calificada por los docentes resulta poco diferenciada. No obstante, se pueden encontrar herramientas comunes de uso como computación en la nube (software), redes de datos (infraestructura), web (software), interacción humano-computador (software) y representación del conocimiento (gestión de la información). Estas resultaron ser las más importantes.

Los temas más importantes por área, según los participantes en la encuesta prospectiva genérica, son:

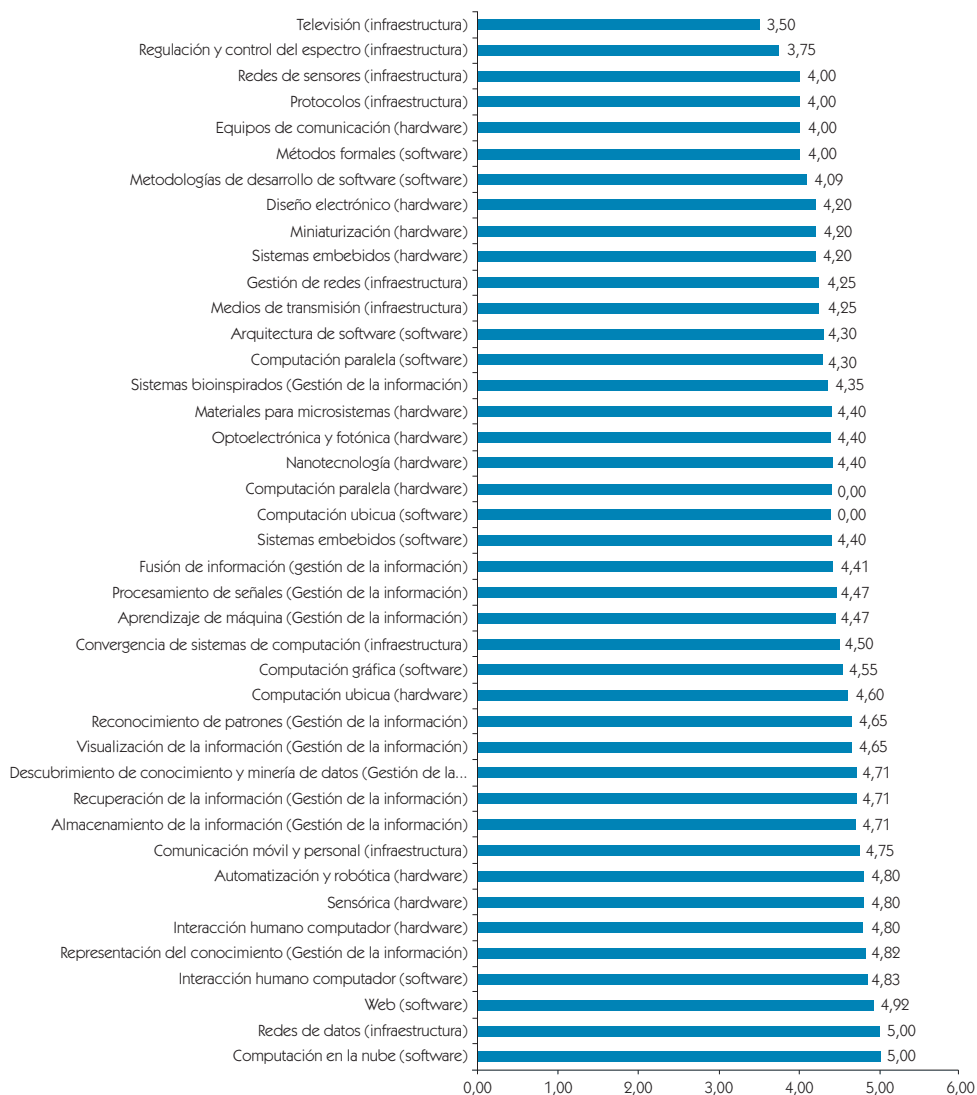
Software: computación en la nube, web, interacción humano-computador y computación gráfica.

Infraestructura: redes de datos, comunicación móvil y personal, convergencia de sistemas de computación y medios de transmisión.

Hardware: interacción humano-computador, sensórica, automatización y robótica y computación ubicua.

Gestión de la información: representación del conocimiento, almacenamiento de información, recuperación de información y descubrimiento de conocimiento y minería de datos.

Figura 30. Promedio de importancia de investigación para el desarrollo de temas TIC



Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva genérica de la Agenda TIC.

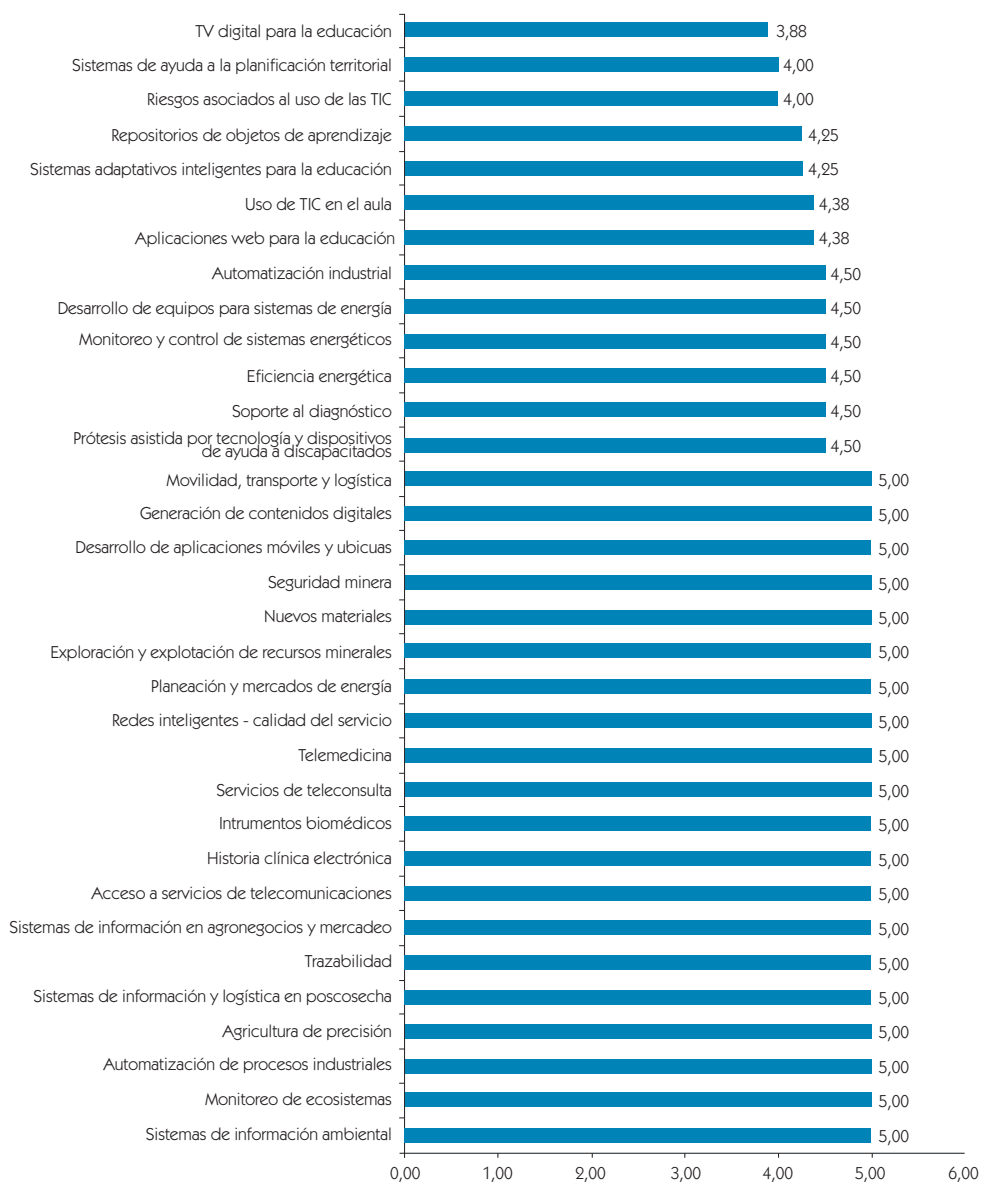
Con relación a la priorización realizada por el equipo de expertos (tabla 11), se evidencian leves diferencias. En el caso de software, la comunidad académica da prioridad a “computación en la nube”, prioridad contraria a la hallada por el equipo de expertos. Sin embargo, ambos coinciden en los demás temas priorizados por la comunidad académica. En el caso de infraestructura, la comunidad académica menciona redes de datos, aspecto que no resultó priorizado por los expertos; sin embargo, coinciden en los otros tres aspectos restantes. En hardware coinciden en los temas “sensórica” y “automatización y robótica”. Finalmente, el área de gestión de la información no resulta comparable, en la medida en que el equipo de expertos propone una reagrupación más incluyente de los temas, debido a la alta importancia que estos tienen.

Así mismo, la importancia de la investigación en las áreas de aplicación de las TIC (figura 31) resulta aún menos diferenciada que los temas de las áreas genéricas, por lo cual se puede indicar que los temas menos importantes son “TV digital para la educación”, “sistemas de ayuda a la planificación territorial” y “riesgos asociados al uso de las TIC”.

Además, se puede señalar que cada una de las tecnologías genéricas de las TIC presenta una importancia significativa tanto social como industrial (figura 32), aunque existen temas que evidencian una diferenciación mayor entre la importancia industrial y social, por ejemplo: “gestión de redes”, “redes de sensores”, “transmisión de datos”, “redes de datos”, pertenecientes al área de infraestructura, en las cuales se le da mayor relevancia a lo industrial que a lo social. En general, la calificación de los docentes participantes en la encuesta genérica está más orientada hacia las aplicaciones industriales, con algunas excepciones, como “televisión”, “automatización y robótica”, “equipos de comunicación”, “miniaturización”, “computación ubicua”, “interacción humano computador”, “computación gráfica”, “representación del conocimiento”, “visualización de la información” y “recuperación de la información”, temas en los cuales la percepción de la importancia social resulta ser mayor que la importancia industrial.

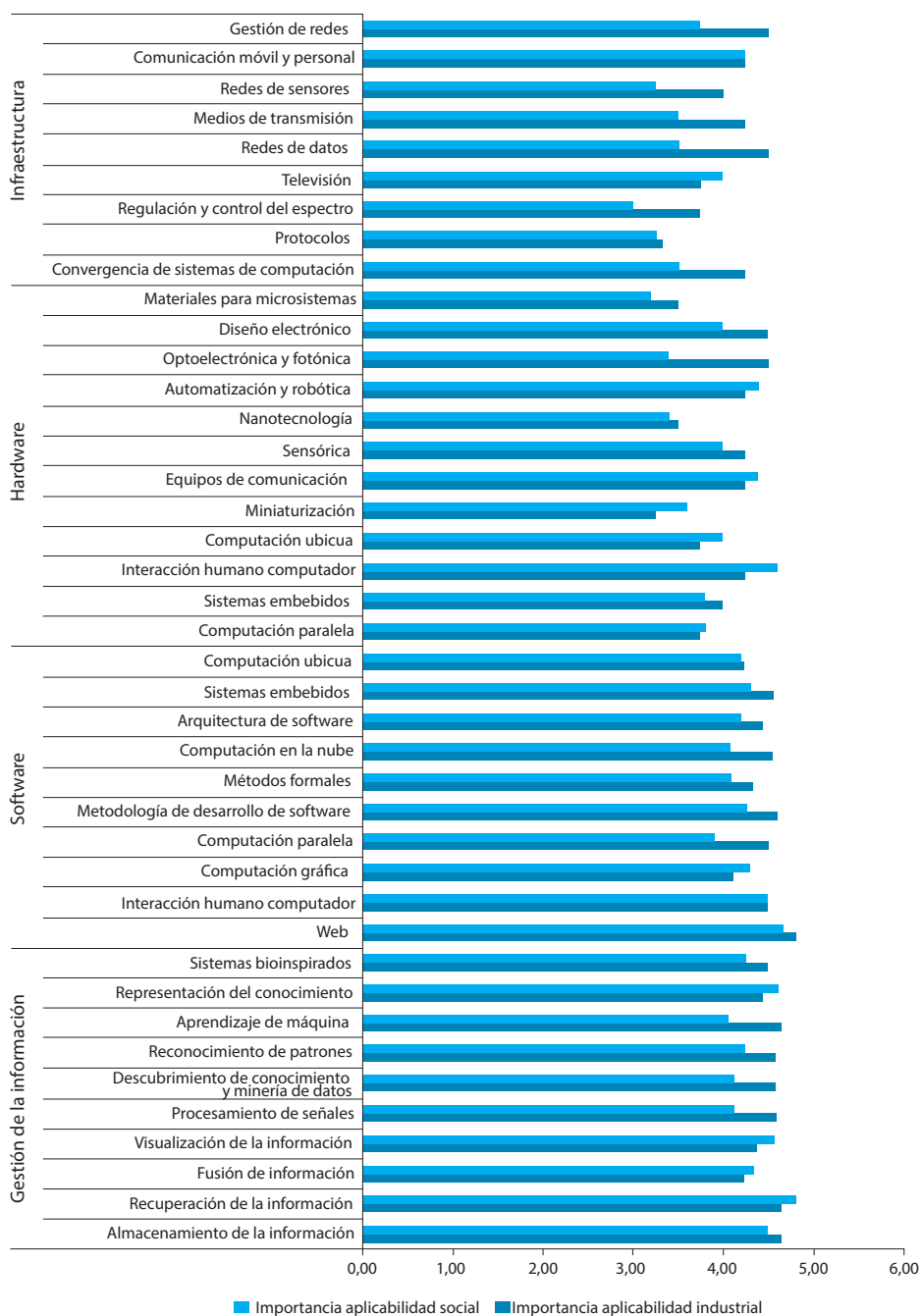
En el caso de los temas de aplicación de las TIC (figura 33), en el área medio ambiente, biodiversidad y agroindustria, las tecnologías asociadas presentan la misma relevancia, tanto para la aplicación industrial como social. En el área de salud, la importancia de aplicabilidad, en general, es mayor en el ámbito social, aunque “servicios de teleconsulta”, “prótesis asistida por tecnología” y “soporte al diagnóstico” son percibidos por los encuestados con una mayor incidencia industrial. Por su parte, en educación hay unanimidad en sugerir mayor importancia a la aplicabilidad social de estas tecnologías. Finalmente, en minería y energía, la importancia es mayor en el ámbito industrial.

Figura 31. Promedio de importancia de investigación para el desarrollo de temas de aplicación TIC



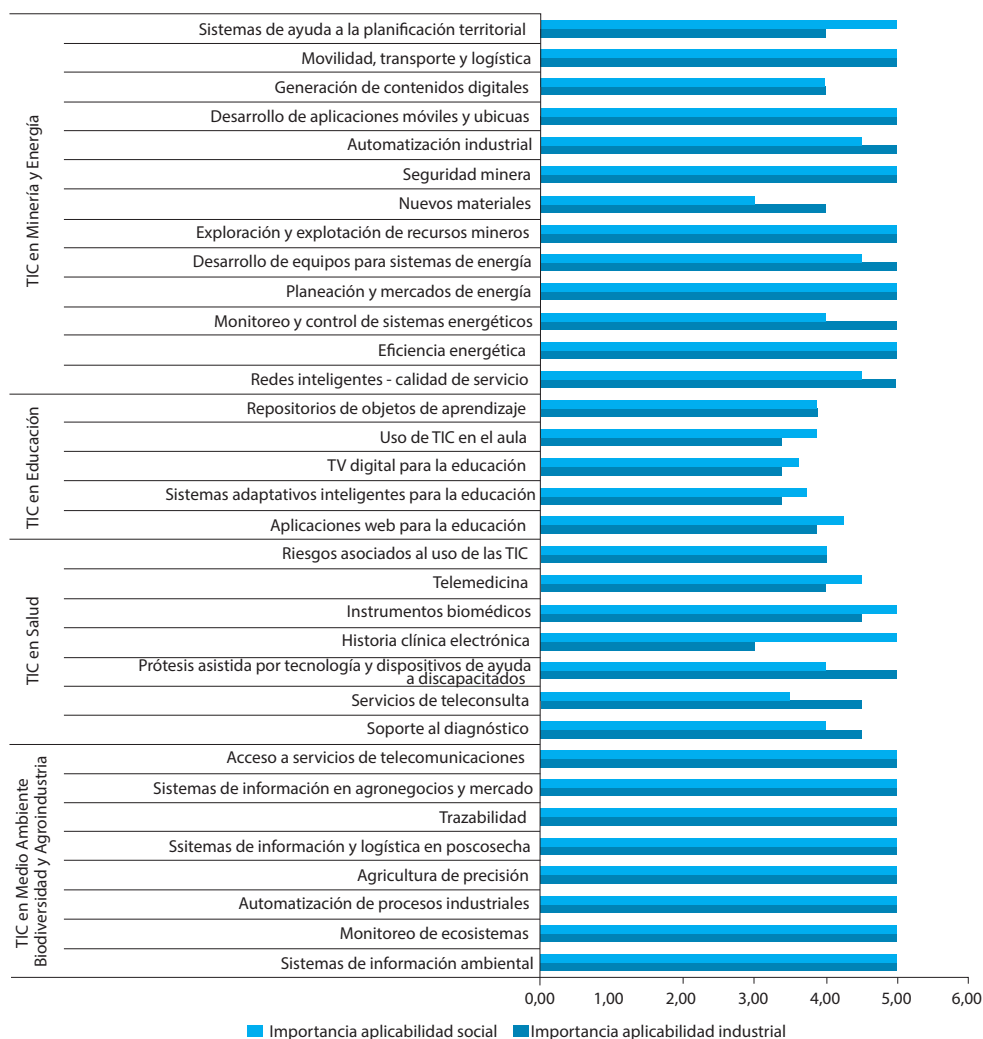
Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva de aplicación de la Agenda TIC.

Figura 32. Promedio de importancia de la aplicabilidad industrial y social de los temas genéricos TIC



Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva genérica de la Agenda TIC.

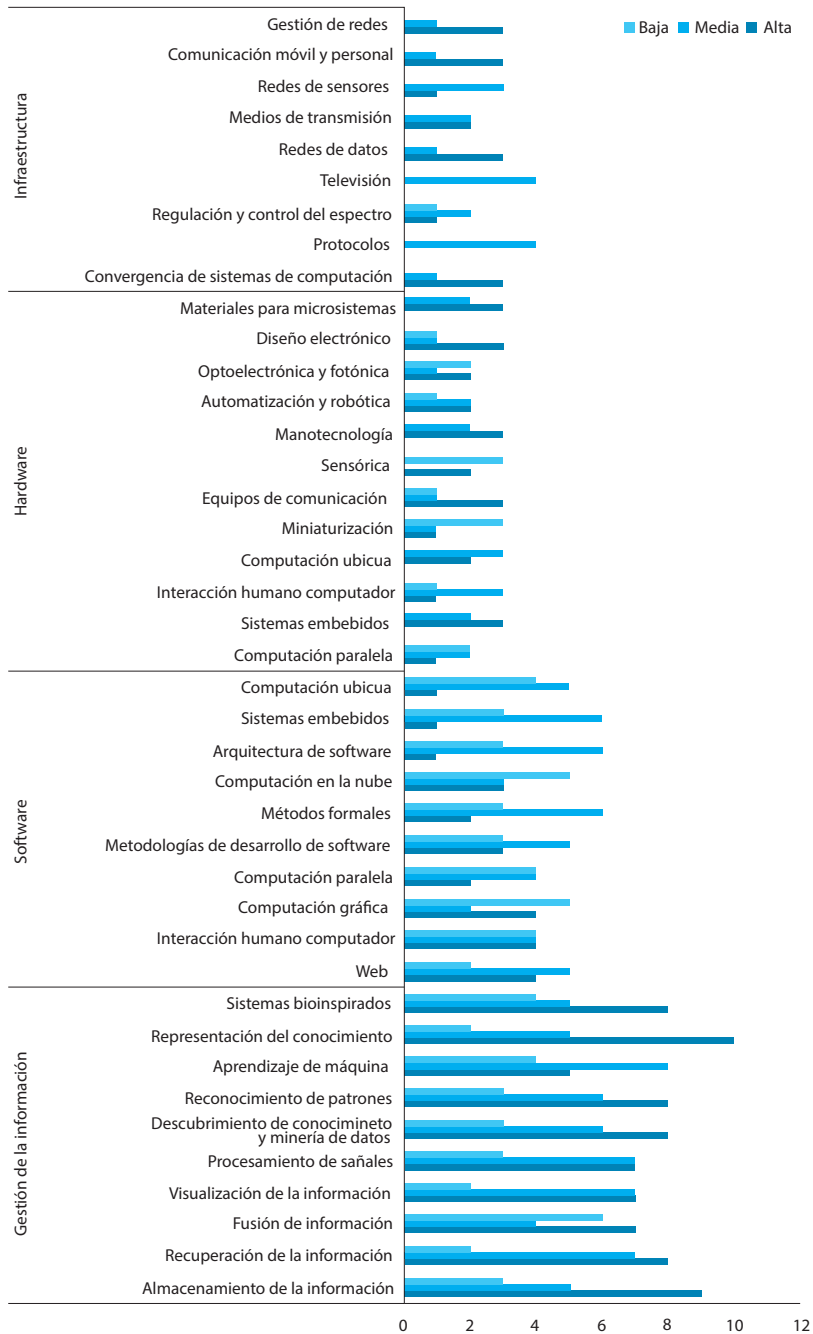
Figura 33. Promedio de importancia de la aplicabilidad industrial y social de los temas TIC



Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva de aplicación de la Agenda TIC.

La percepción de las capacidades de investigación de la UN en cada una de las áreas genéricas de las TIC (figura 34) es mayor en las de gestión de la información y software; la primera tiene una percepción alta de la capacidad de investigación, mientras que la segunda aparece con una de capacidad media. Los principales temas con una percepción alta en torno a la capacidad de investigación son “representación del conocimiento”, “almacenamiento de información”, “sistemas bioinspirados”, “reconocimiento de patrones”, “descubrimiento de conocimiento y minería de datos” y “recuperación de información”.

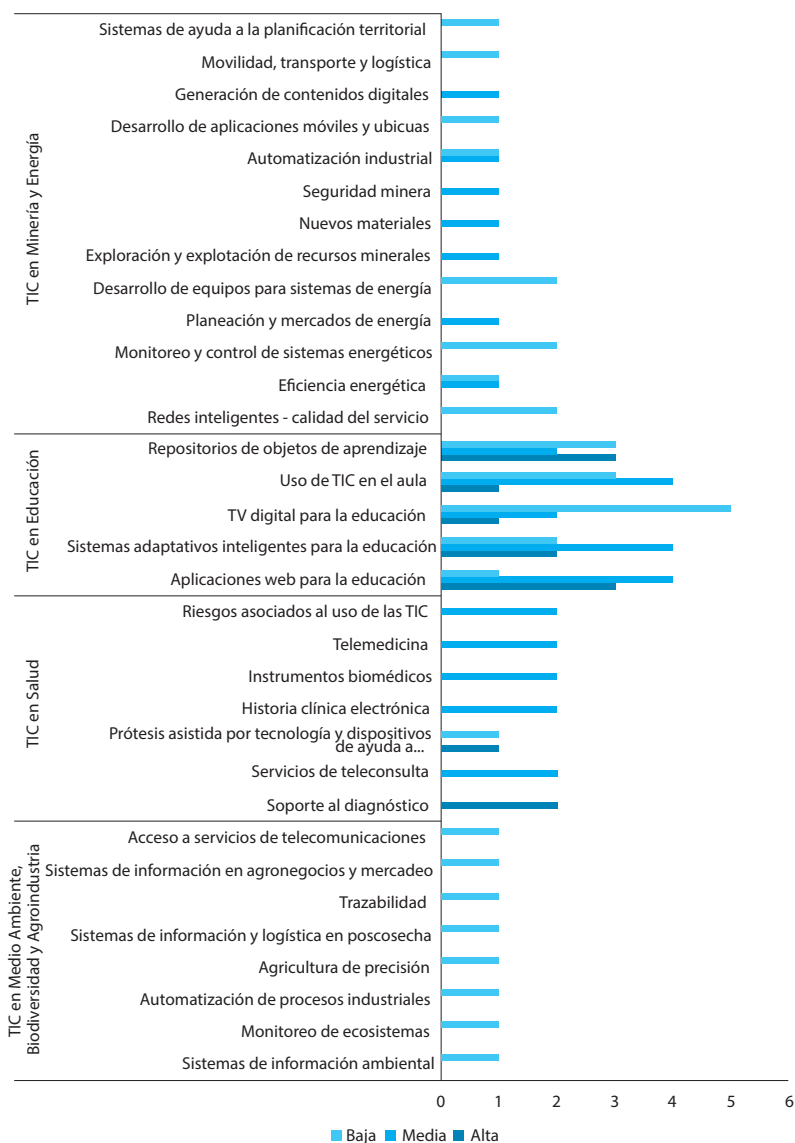
Figura 34. Capacidades de la UN para desarrollar investigación en los temas de la Agenda TIC



Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva genérica de la Agenda TIC.

En torno a las capacidades de investigación de la Universidad en las áreas de aplicación (figura 35), los docentes encuestados perciben mayor capacidad en el área de educación; el área de minería y energía se percibe con baja capacidad.

Figura 35. Capacidades UN para desarrollar investigación en temas de aplicación de la Agenda TIC



Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva de aplicación de la Agenda TIC.

La materialización de la investigación en Colombia, en particular en la Universidad Nacional, fue indagada a través de las encuestas prospectivas genérica y de aplicación, mediante las que se logró identificar la visión de los docentes en relación con el ciclo de vida de cada tecnología o tema, al clasificarlas como: tecnología emergente (TE), prototipo (PD), diseño industrial (DI) y comercialización en mercados (CM) en diferentes rangos de tiempo. En la tabla 14 se presentan los resultados consolidados.

Esta clasificación permitió aproximarse a la materialización de la investigación en diferentes casos. Por ejemplo, cuando la tecnología es llevada al diseño industrial (DI) y comercialización en mercados (CM), las áreas genéricas (tabla 14) muestran que, en el caso de la gestión de la información, la mayoría de las tecnologías se estarían materializando en el 2015, aunque el caso de “minería de datos”, “reconocimiento de patrones” y “aprendizaje de máquina” se proyecta para el 2020. En el caso de software, la gran mayoría de las tecnologías asociadas se estarían haciendo realidad en el 2020, excepto “web”, “computación en la nube”, “arquitectura de software” y “computación ubicua”, que presentan una proyección temprana (2015).

La materialización de la investigación relacionada con el hardware, en la mayoría de los temas, se proyecta para el 2020, aunque “sensórica” se proyecta para el 2015 y “optoelectrónica y fotónica” para más allá del 2020. Por su parte, infraestructura no evidencia una tendencia unificada frente a la materialización de las investigaciones en cada uno de los temas asociados.

Debido a la baja participación en la encuesta, no se evidencian tendencias marcadas de materialización en las áreas de aplicación de cada una de las tecnologías (tabla 14). Sin embargo, en las áreas de medio ambiente, biodiversidad y agroindustria se proyecta su materialización de todas las tecnologías relacionadas para el año 2020. En salud, dicha proyección está para el año 2015; se percibe esta materialización en los casos particulares de “prótesis asistida por tecnología” y “dispositivos de ayuda a los discapacitados”, la “historia clínica electrónica” y la “telemedicina”. En educación, las aplicaciones web se proyectan para el 2015. Las demás tecnologías han de materializarse hacia el 2020. Finalmente, en minería y energía se considera que la mayoría de las tecnologías serán reales para el año 2020.

Tabla 14. Grado de desarrollo de la tecnología en el tiempo

		2012				2015				2020				>2020			
		TE	PD	DI	CM	TE	PD	DI	CM	TE	PD	DI	CM	TE	PD	DI	CM
Gestión de la información	Almacenamiento de la información	4	6	3	2	2	3	6	2	2	0	3	8	1	0	1	11
	Recuperación de la información	3	8	3	1	1	5	5	2	0	0	8	5	0	0	3	10
	Fusión de información	7	5	3	0	4	2	6	0	0	4	5	4	0	3	2	8
	Visualización de la información	4	3	6	1	3	2	6	2	1	2	4	6	1	1	1	10
	Procesamiento de señales	3	4	5	1	3	3	3	3	1	2	3	6	0	2	2	8
	Descubrimiento de conocimiento y minería de datos	7	4	3	0	4	5	3	1	1	3	5	4	1	0	5	7
	Reconocimiento de patrones	7	3	4	0	3	5	3	2	0	2	7	4	0	1	2	10
	Aprendizaje de máquina	6	4	3	1	5	3	3	2	1	3	5	4	0	2	4	7
	Representación del conocimiento	4	4	5	1	3	2	5	3	1	2	4	6	1	0	4	8
	Sistemas bioinspirados	7	4	3	0	4	4	3	2	1	3	4	5	0	3	2	8
Software	Web	4	0	3	1	0	1	4	2	0	0	3	5	0	0	0	7
	Interacción humano computador	5	2	1	0	1	4	1	1	0	0	3	5	0	0	0	7
	Computación gráfica	5	1	2	0	1	4	1	1	0	2	2	4	0	1	1	5
	Computación paralela	6	1	1	0	2	4	0	1	0	2	2	4	0	1	1	5
	Metodologías de desarrollo de software	5	1	2	0	0	4	2	1	0	0	3	5	0	0	0	7
	Métodos formales	6	1	1	0	2	4	0	1	1	2	4	1	0	1	1	5
	Computación en la nube	6	1	1	0	2	1	4	0	0	2	2	4	0	1	1	5
	Arquitectura de software	4	3	1	0	0	3	4	0	0	0	4	4	0	0	1	6
	Sistemas embebidos	6	1	1	0	0	4	2	1	0	1	2	5	0	0	2	5
	Computación ubicua	6	1	1	0	1	2	3	0	1	0	3	4	1	0	1	5
Hardware	Computación paralela	3	1	0	0	2	2	1	0	2	0	2	0	2	0	0	2
	Sistemas embebidos	2	1	1	0	2	1	1	1	1	0	1	2	1	0	0	3
	Interacción humano computador	3	0	0	2	1	1	1	1	1	2	1	2	0	0	0	2
	Computación ubicua	3	0	2	0	1	1	1	1	1	2	1	1	0	1	2	
	Miniaturización	2	1	0	1	2	2	1	0	1	0	2	1	1	0	1	2
	Equipos de comunicación	2	1	0	2	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	0	3
	Sensórica	1	3	0	1	0	2	2	0	0	1	1	2	0	0	1	3
	Nanotecnología	3	0	0	1	3	2	0	0	1	1	1	1	0	0	2	2
	Automatización y robótica	1	2	0	2	0	2	0	1	0	1	1	1	0	0	1	2
	Optoelectrónica y fotónica	2	3	0	0	1	3	0	0	0	2	1	1	0	0	2	2
Infraestructura	Diseño electrónico	0	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2
	Materiales para microsistemas	2	2	0	0	2	2	1	0	2	0	2	0	2	0	1	1
	Convergencia de sistemas de computación	0	1	2	1	1	1	1	0	2	0	1	1	1	1	0	2
	Protocolos	0	2	0	2	0	1	1	2	1	2	0	1	1	2	0	1
	Regulación y control del espectro	2	1	1	0	1	1	2	0	2	0	1	1	1	1	1	1
	Televisión	1	1	1	1	0	1	1	2	2	0	1	1	1	1	1	1
	Redes de datos	1	0	1	2	1	0	1	2	0	1	2	1	0	0	1	3
	Medios de transmisión	2	0	1	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	1	0	2
	Redes de sensores	1	0	3	0	2	0	2	0	1	0	2	1	1	0	0	3
	Comunicación móvil y personal	2	0	0	2	2	0	0	2	0	0	1	3	0	1	0	3
	Gestión de redes	1	0	3	0	1	0	3	0	0	1	1	2	0	0	0	4

*TE: Tecnología emergente; PD: Prototipo; DI: Desarrollo industrial;
CM: Comercialización en mercados

Continuación tabla 14. Grado de desarrollo de la tecnología en el tiempo

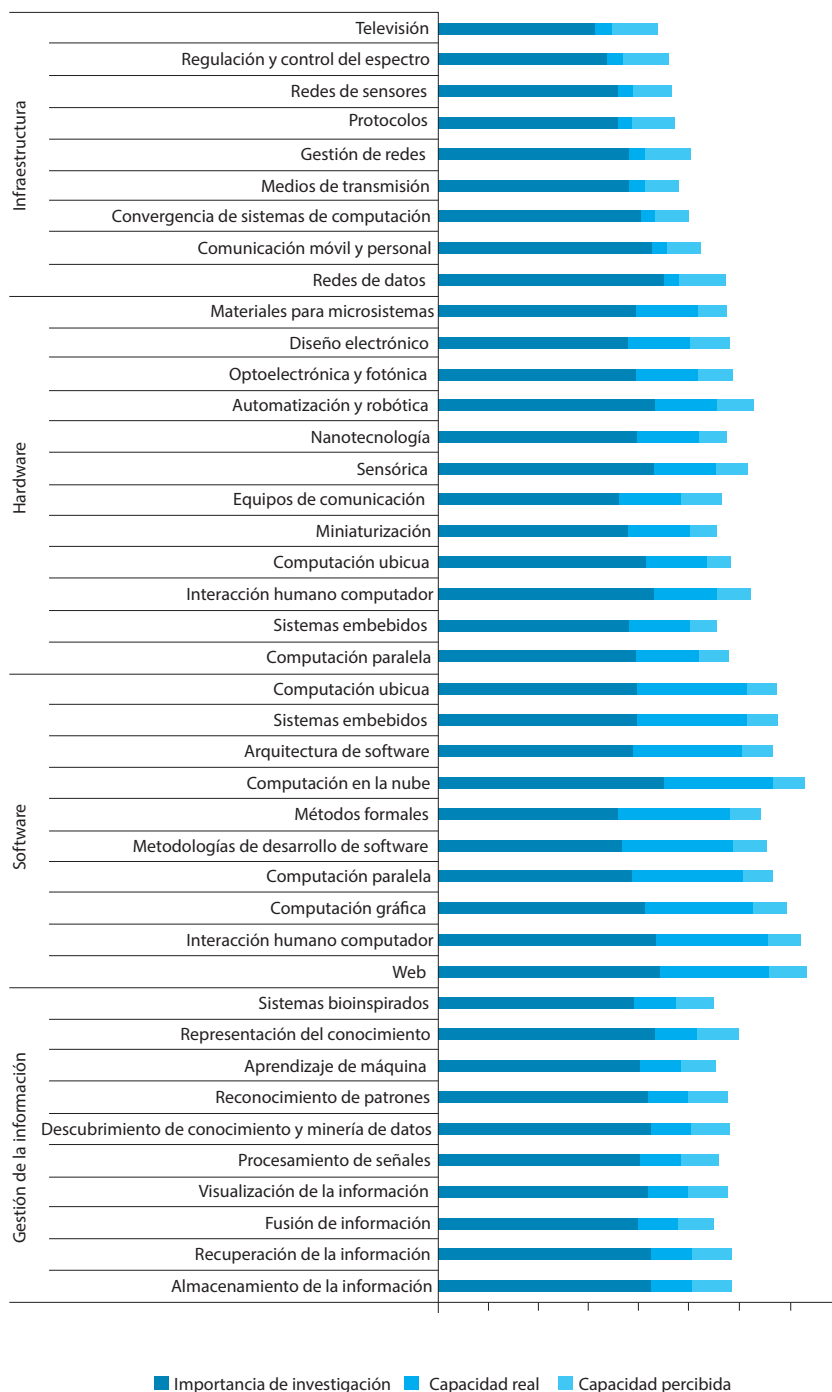
		2012				2015				2020				>2020			
		TE	PD	DI	CM	TE	PD	DI	CM	TE	PD	DI	CM	TE	PD	DI	CM
TIC en Medio Ambiente, Biodiversidad y Agroindustria	Sistemas de información ambiental	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Monitoreo de ecosistemas	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Automatización de procesos industriales	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Agricultura de precisión	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Sistemas de información y logística en poscosecha	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Trazabilidad	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
TIC en Salud	Sistemas de información en agronegocios y mercadeo	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Acceso a servicios de telecomunicaciones	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Soporte al diagnóstico	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2
	Servicios de teleconsulta	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	Prótesis asistida por tecnología y dispositivos de ayuda a discapacitados	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	Historia clínica electrónica	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	2
TIC en Educación	Instrumentos biomédicos	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	Telemedicina	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	Riesgos asociados al uso de las TIC	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	Aplicaciones Web para la educación	4	2	2	0	2	2	3	1	0	1	2	4	0	0	1	6
	Sistemas adaptativos inteligentes para la educación	5	1	2	0	2	3	3	0	1	0	3	3	0	1	0	6
	T.V. Digital para la educación	5	1	2	0	2	4	2	0	1	1	3	2	0	1	1	5
TIC en Minería y Energía	Uso de TIC en el aula	4	2	2	0	1	4	3	0	0	4	3	0	0	1	6	
	Repositorios de objetos de aprendizaje	5	1	2	0	1	5	2	0	0	5	2	0	0	0	7	
	Redes inteligentes - calidad del servicio	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
	Eficiencia energética	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1
	Monitoreo y control de sistemas energéticos	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1
	Planeación y mercados de energía	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Desarrollo de equipos para sistemas de energía	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	1	1
	Exploración y explotación de recursos minerales	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Nuevos materiales	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Seguridad minera	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Automatización industrial	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1
	Desarrollo de aplicaciones móviles y ubicuas	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Generación de contenidos digitales	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Movilidad, transporte y logística	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Sistemas de ayuda a la planificación territorial	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

*TE: Tecnología emergente; PD: Prototipo; DI: Desarrollo industrial; CM: Comercialización en mercados

Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva de aplicación de la Agenda TIC.

Adicionalmente, se ha diseñado un índice que permite valorar los temas de las cuatro áreas genéricas de la Agenda TIC que tiene en cuenta las capacidades reales, además de reconocer las percibidas en las encuestas prospectivas y la importancia de investigación percibida, de ellos se obtiene un único valor por tema que se registra en el índice. Para la construcción de este se normalizaron los tres valores seleccionados y se les asignó un peso de 0,45 para importancia de investigación y capacidad real, mientras que para la capacidad percibida se asignó un peso de 0,1. En la figura 36 se presenta el índice y sus componentes, en el cual los tres temas con un índice mayor son “computación en la nube”, “web” e “interacción humano-computador”.

Figura 36. Índice de importancia de investigación en TIC



Fuente: autores con base en la encuesta prospectiva genérica de la Agenda TIC.

3.2 Resumen de las realimentaciones en las jornadas de discusión con la comunidad académica

El 16 de febrero de 2012, la Agenda TIC realizó de manera conjunta con las demás agendas una jornada nacional de divulgación de avances dirigida a toda la comunidad académica. Se contó con la participación de todas las sedes de la Universidad Nacional de Colombia al disponer de tres salas paralelas por sistema de videoconferencia y webconferencia, en las cuales se realizó una breve presentación de la Agenda TIC, sus objetivos, alcances, inhibidores y árbol temático, todo ello en cabeza del profesor experto Alcides Montoya de la sede Medellín.

En dicha jornada de discusión no se recibieron comentarios de fondo frente a la propuesta realizada por los expertos; sin embargo, se presentaron inquietudes acerca de la selección del equipo de expertos y de la ausencia de algunas sedes de la Universidad en este grupo.

3.3 Proyectos propuestos por el equipo de expertos Agenda TIC y la comunidad académica

Con el fin de establecer un primer acercamiento a la definición inicial de los proyectos de la Agenda, el equipo de expertos construyó una matriz que relaciona los “Programas de la Agenda TIC”²⁷ (nivel vertical) con las “Líneas de acción priorizadas”²⁸ (nivel horizontal), de tal manera que del cruce entre estos dos criterios deriven las sugerencias de los diferentes proyectos que se pueden plantear desde la Agenda de Conocimiento Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC - UN (figura 37).

27 En la reunión del 14 de febrero con los expertos, se acordó llamar Programas de la Agenda TIC a lo que hasta ese momento se había denominado Temas endógenos de las TIC; además, hubo consenso por parte de los expertos en agregar como nuevos programas: “Contenidos digitales” y “Servicios de valor agregado”. Sin embargo, teniendo en cuenta el avance del proceso de construcción de la mencionada Agenda, resultó ser más acertado incluir estos temas como parte de las líneas de acción. De la misma forma, se modificaron algunos de los nombres que se tenían de los llamados programas con el objetivo de hacerlos más comprensibles, tal como sucedió con “Telecomunicaciones y redes”, que adquirió el nombre de “Infraestructura”; “Microsistemas y hardware”, que pasó a llamarse simplemente “Hardware”; y “Gestión y análisis de la información” que ahora se denomina “Gestión de la información”.

28 Las líneas de acción corresponden a las anteriormente llamadas “temas de aplicación”, estas a su vez son priorizadas por los expertos de acuerdo con su potencial para usarse como aplicaciones en el sector industrial y de servicios. Algunos expertos manifestaron su inconformidad con la línea “Gobierno”; sin embargo, después de la reunión de expertos del mes de mayo de 2012, se definió considerarla en esta primera etapa de desarrollo de la Agenda. Asimismo, la línea de “Desarrollo organizacional e industrial” se focalizará hacia la industria minera y energía. Existe disenso entre los expertos frente a la inclusión de líneas de acción como “Defensa” e “Industrias creativas”, discusión que produjo un marcado desacuerdo, especialmente con la línea de “Defensa”, por lo cual se tomó la decisión de no incluir las mencionadas líneas de acción y hacer la anotación correspondiente.

Figura 37. Líneas de acción de la Agenda TIC - UN (por validar)

LÍNEAS DE ACCIÓN				
SALUD	EDUCACIÓN	GOBIERNO	AMBIENTE, BIODIVERSIDAD Y AGROINDUSTRIA	MINERÍA Y ENERGÍA
CONTENIDOS DIGITALES				
SERVICIOS DE VALOR AGREGADO				
PROYECTOS				
PROGRAMAS				
SOFTWARE				
1-Web				
2-Interacción humano-computador				
3-Computación gráfica				
4-Computación paralela				
5-Metodología de desarrollo de software				
TELECOMUNICACIONES Y REDES				
1-Comunicación móvil y personal				
2-Convergencia de sistemas de comunicación				
3-Medios de transmisión				
MICROSISTEMAS Y HARDWARE				
1-Senzórica				
2-Automatización y robótica				
3-Diseño electrónico				
4-Sistemas embebidos				
GESTIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN				
1-Representación, recuperación y almacenamiento de la información.				
2-Procesamiento de señales, datos e información.				
3-Seguridad de la información.				
ELEMENTOS VINCULANTES (AGENDAS UN)		Salud y Vida	Construcción de ciudadanía	Estado y sistema político
				1. Ambiente y Biodiversidad
				2. Ciencias agropecuarias
				1. Ciencia y Tecnología de Minerales y Materiales
				2. Energía
				3. Desarrollo organizacional, económico e industrial

Fuente: elaboración propia. Construida con el grupo de expertos de la Agenda TIC.

Algunos proyectos incluidos en esta propuesta²⁹, específicamente en las áreas de aplicación salud y educación, por el equipo de expertos de la Agenda se presentan a continuación.

29 Propuestas realizadas por el grupo de investigación Signal Processing and Recognition de la sede de Manizales y por el Equipo IntiColombia.

Tabla 15. Programas y proyectos TIC en salud

Área	Programas y proyectos
TIC en salud	Programa de salud mental asistido por nuevas tecnologías de la información y la comunicación para mejorar el diagnóstico, la prevención, el tratamiento y la rehabilitación de los trastornos de ansiedad, enfermedades neurodegenerativas y trastornos del neurodesarrollo en el Eje Cafetero: • Eficacia y eficiencia de los procesos de prevención e intervención de los trastornos de ansiedad asistidos por las nuevas TIC en el Eje Cafetero. • Estudio de los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral y electroencefalografía cuantitativa en niños con déficit de atención. • Efectos de un programa de ejercicio físico sobre las funciones cognitivas y la capacidad física saludable de los pacientes con Alzheimer de la ciudad de Manizales. • Evaluación de los potenciales evocados cognitivos como posible marcador biológico de bajo costo en la enfermedad de Alzheimer. • Desarrollo de herramientas neuropsicológicas interactivas para la rehabilitación de pacientes con trastornos mentales, ajustadas a la población del Eje Cafetero.
	“Hospital Virtual” (Proyectos en funcionamiento): • Sistema de Administración de Imágenes (SAI). Plataforma diseñada para dar a las personas que utilizan continuamente diversos tipos de imágenes médicas la posibilidad de contar con una herramienta que les permita almacenar las imágenes y tener acceso a ellas de forma remota, sin la necesidad de tener una aplicación específica para poder visualizarlas • Plataforma de Aprendizaje Virtual (Sofia). Plataforma interactiva para realizar cursos atractivos de una manera sencilla y autónoma, que cuente con una gran variedad de herramientas de apoyo. Al tener mayor énfasis en la enseñanza médica, la plataforma hace posible incorporar en los cursos desde contenido textual a multimedia, hasta herramientas colaborativas como chat, Wiki, blog y videoconferencia. • Sistema de Información del Centro de Telemedicina (Saruro). Ofrece la posibilidad de realizar el monitoreo de pacientes en una Unidad de Cuidado Intermedio (UCI) en tiempo real y desde un sitio remoto. • Firma Digital USB. Dispositivo de seguridad para aplicaciones de telemedicina que incrementa el nivel de seguridad del sistema de información del Centro de Telemedicina (Saruro). Proyectos propuestos en el marco de este Programa: • Tele-Ecografía Obstétrica. Desarrollo de la tecnología necesaria para la transmisión de un video capturado desde un ecógrafo (contenido audiovisual). • Tele-Citología. Busca controlar a distancia un microscopio robotizado para diagnóstico en tiempo real (contenido audiovisual). • Tele-Mamografía (Imágenes digitales y sistemas de información). • Desarrollo de protocolos de control de calidad a distancia para dispositivos de captura. • Control de calidad de reportes radiológicos con el fin de estandarizar la anotación realizada sobre las mamografías. • Tele-Cuidado de hipertensos. Seguimiento de cifras tensionales (presión arterial) utilizando mensajes de telefonía móvil. • Tele-Fisiatría. Análisis a distancia con réplicas del laboratorio de marcha de la Universidad Nacional (contenidos audiovisuales).

Fuente: Equipo de expertos Agenda TIC.

Tabla 16. Programas y proyectos TIC en educación

Área	Programas y proyectos
TIC en Educación	Aplicaciones Web/Móviles. Busca soluciones tecnológicas basadas en la convergencia de medios y dispositivos. También pretende ofrecer software como un servicio, acceso a aplicaciones en la nube, comunicación móvil y personal, realidad aumentada y seguridad informática.
	Ingeniería de Conocimiento. Desarrollo de herramientas de soporte a procesos educativos basadas en tecnologías de ingeniería de conocimiento a partir de técnicas como la representación y generación de conocimiento, web semántica, minería de datos, textos e imágenes, fusión de información y el knowledge process outsourcing.
	Televisión Digital para la Educación. Desarrollar capacidades, herramientas y recursos para la producción de contenidos educativos que utilicen la Televisión Digital Terrestre (TDT), implementando conceptos de interactividad, nuevas narrativas y diseño de contenidos híbridos, así como el uso de plataformas de desarrollo de contenidos digitales interactivos para ofrecer servicios sobre TDT.
	TIC en el Aula. Buscan generar capacidades, herramientas y recursos para la utilización de tecnologías de información y comunicación en los procesos de enseñanza y aprendizaje a través del desarrollo de contenidos y aplicaciones basados en la interacción social vía web-móvil, representación del conocimiento y sistemas expertos, la personalización de las aplicaciones para fomentar la penetración del uso de las TIC y la formación de ciudadanos digitales.
	Textos Digitales Educativos

Fuente: Equipo de expertos Agenda TIC.

Finalmente, los proyectos propuestos por la comunidad académica se incorporan como parte de la Agenda TIC y se listan a continuación:

- Aplicativos con algoritmos desarrollados en la UN (optimización, control, arte generativo, clasificación, identificación, etc.).
- Detección de errores y defectos en producción de bienes y servicios.
- La arquitectura empresarial orientada a desarrollar elementos de habilidades y capacidades en la inteligencia de negocios.
- La microinformática en biotecnología.
- Modelación integrada nacional. Es decir, modelos de envergadura nacional con herramientas de integración que se apoyen en sistemas multiagentes, redes bayesianas, sistemas dinámicos, etc., y en aplicaciones como logística de trans-

porte, hidrología nacional, sistemas de alerta, cambio climático, pronóstico del clima, etc.

- Nanotecnologías y las TIC.
- Portal Web 3D/Multicasting.
- Sistemas de información.
- Software Engineering Method and Theory. Desarrollo automático de aplicaciones de software.
- TIC para la educación, gestión estratégica en recursos y capacidades organizacionales.

Por otra parte, la comunidad académica propone incluir una nueva área de aplicación de las TIC alrededor de las “PYME”, cuyos temas sugeridos son: “Business-to-Business”, “Business-to-Consumer”, “portales web corporativos” y “sistemas de información”.

Entre los proyectos planteados sobre las áreas de aplicación sugeridos por la comunidad académica se encuentran:

- Alianzas estratégicas interinstitucionales y transdisciplinarias en diagnóstico y tratamiento de enfermedades.
- En educación, proyectos alrededor del desarrollo de laboratorios; ampliación de la conectividad de las poblaciones y capacitación docente.
- En gobierno, proyectos orientados al fortalecimiento de la democracia, los sistemas de votación electoral, sistemas orientados a poblaciones vulnerables, servicios públicos.
- En salud proyectos como modelado de enfermedades en las poblaciones; recolección y análisis de datos epidemiológicos, demográficos y sociales; acceso a investigaciones, publicaciones y base de datos.
- Guía metodológica para la apropiación de TIC en aulas de clase.
- Magazin digital (Internet) realizado por los estudiantes con noticias de manufactura y contenido educativo en esta área (objetos de aprendizaje).
- Proyectos de desarrollo de aplicaciones móviles.

- Proyectos para el desarrollo de servicios bancarios para poblaciones de bajos recursos.
- Proyectos para el desarrollo tecnológico de PYME.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española de Normalización y Certificación —Aenor—. (2009, junio 17). *Guía para la aplicación del perfil de aplicación LOM-ES V1.0 (NORMA UNE-71361) en la educación*. Documento en línea. Recuperado el 08 de 2011, de Perfil de aplicación LOM-ES V1.0: http://www.lom-es.es/guia_aplicacion.htm
- Ahlqvist, T., Carlsen, H., Iversen, J., & Ernst, K. (2007). *Nordic ICT Foresight. Futures of the ICT environment and applications on the Nordic level*. Finlandia, Helsinki: VTT Publications 653. Documento en línea. Recuperado el 15 de septiembre de 2010 en <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2007/P653.pdf>
- Albán, I. (2009). *Estudio sectorial - Sector Tecnologías de la información y las comunicaciones: Subsectores con potencial para el desarrollo de la región Bogotá*. Bogotá: Corporación Maloka; Secretaría Distrital de Desarrollo Económico, Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Asimelec. (2010). *Informe 2010 de la industria de contenidos digitales*. S. d.
- Bio Intelligence Service. (2008). *Impacts of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency*. París: European Commission DG INFSO.
- Brennan, R., Vrba, P., Tichy, P., Zoitl, A., Sünder, C., Strasser, T., y otros. (2008). Developments in dynamic and intelligent reconfiguration of industrial automation. *Computers in Industry*, 59(6), 533-547.
- Bittman, T. (2010). *The future of infrastructure and Operations: The Engine of Cloud Computing*. Gartner Summit Events. Disponible en: <http://www.gartner.com/events/>
- Bueno, E. (2002). Indicadores de capital intelectual aplicados a la actividad investigadora y de gestión del conocimiento de las universidades y centros públicos de investigación de la Comunidad de Madrid. En A. Modrego (coord.). *Capital intelectual y producción científica*. Madrid: Dirección General de Investigación. Comunidad de Madrid. Disponible en: <http://www.madrid.org/edupubli>.
- Cachon, G. P., & Fisher, M. (2000). Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information. *Management Science*, 46(8), 1032-1048.
- Castellanos, O., Fonseca, L., & Fúquene, A. (2009). *Generación de estrategias para el desarrollo tecnológico de la industria del software y de servicios asociados. Direccionamiento estratégico de sectores industriales en Colombia a partir de sistemas de Inteligencia Tecnológica*. Bogotá: Oficina de Comunicaciones CID, Universidad Nacional de Colombia.

- Cintel. (2010a). *Cloud Computing. Una perspectiva para Colombia*. Bogotá: Cintel.
- Cintel. (2010b). *Dinámica sectorial, debilidades y retos de la generación de contenidos sobre diferentes plataformas*. Bogotá: Cintel.
- Colciencias. (2011a). *Discusiones sobre temas prioritarios en las regiones colombianas*. Documento en construcción y mimeo. Bogotá: Colciencias.
- Colciencias. (2011b). *Plataforma ScienTI*. <http://www.colciencias.gov.co/scienti>
- Cortés, F., Melón, M., & Aragonés, P. (2007). Selección de una tecnología de banda ancha para la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, usando una técnica de decisión multicriterio. *Ingeniería e Investigación*, 27(1), 132-137.
- DNP. (2005). *Visión Colombia Segundo Centenario: 2019*. Propuesta para discusión. Bogotá: DNP.
- DNP. (2011). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para Todos*. Bogotá: DNP.
- Duarte, O., Tovar, M., & Osorio, F. (2011). *Contenidos digitales para el sector de la Educación*. Bogotá: Grupo TIC - InTIColombia.
- Espitia Vásquez, U. (2001). *Sub-Campo. Nuevas tecnologías de la comunicación y de la información*. En U.N. Colombia, *el campo de la educación en la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Estado del arte 1995-2000 y proyecciones 2001-2003*. (pp. 197-212). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Evangelista, P. (2004). *Understanding ICT management in small transport and logistics service providers*. Roma: Institute for Service Industry Research (IRAT), National Research Council (CNR).
- FMER. (2007). *ICT 2020 Research for Innovations*. Berlín: FMER.
- Fontalvo, I., & Cendrés, J. (2009). Lineamientos para el establecimiento del gobierno electrónico en la alcaldía del municipio de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista Electrónica Facultad de Ingeniería UVM*, 3(1).
- Fundación OPTI. (2010). *Oportunidades tecnológicas e industriales para el desarrollo de la economía española*. Madrid: Fundación OPTI.
- Fundación OPTI e ICT. (2007). *Tendencias futuras de conectividad en entornos fijos, nómadas y móviles*. Madrid: Fundación OPTI.
- Fundación OPTI e IDEA. (2008). Estudio de prospectiva sobre el hogar digital. Madrid: Fundación OPTI.
- Fundación OPTI y Fundación Inasmet. (2008). Aplicaciones industriales de las nanotecnologías en España en el horizonte 2020. Madrid: Fundación OPTI.

- Fundación OPTI y Fundación Ascamm. (2007). *Automatización integral de la empresa industrial*. Madrid: Fundación OPTI.
- Fundación OPTI e ITA. (2006). *Gestión de la cadena de suministros*. Madrid: Fundación OPTI.
- Fundación OPTI y Fenin. (2006). *Ciencias de la salud. e-Salud 2020*. Madrid: Fundación OPTI.
- González, F., Osorio, F., & García, J. (2011). *Contenidos digitales para el sector salud*. Bogotá: Grupo TIC - InTIColombia.
- Gutiérrez Sánchez, A. (2011). *Mapa normativo y regulatorio del sector TIC y del ecosistema digital en Colombia*. Bogotá: Centro de Investigación de las Telecomunicaciones, Cintel.
- Hawkins, R. (2010). *10 Global Trends in ICT and Education*. Recuperado el 30 de 11 de 2010, de [blogs.worldbank.org](http://blogs.worldbank.org/edutech/node/544): <http://blogs.worldbank.org/edutech/node/544>
- Icsti. (1999). *Technology Foresight Ireland- Report of the Information and Communications Technologies*. Irlanda: s. d.
- Interactic. (2010). *Un acercamiento a la industria de contenidos digitales en Colombia*. Bogotá: s. d.
- ISTE. (2010). *Nuevas tendencias en educación y TIC*. Documento digital. Recuperado el 26 de septiembre de 2010, de Eduteka: <http://www.eduteka.org/ISTE2010.php>
- Jaramillo H., & Forero C. (2001). Interacción entre Capital Humano, Capital Social y Capital Intelectual. En *El Contexto del Nuevo contrato Social*. V taller Iberoamericano e Interamericano de indicadores de Ciencia y Tecnología, Montevideo.
- Johnson, L., Levine, A., Smith, R., Smythe, T., & Stone, S. (2009). *The Horizon Report: 2009 Australia–New Zealand Edition*. Austin: The New Media Consortium.
- Levary, R., & Better, R. (2000). Supply chains through information technology. *Industrial Management*, 42(3).
- Lizarazo, P. (2011). *Síntesis a partir de una visión sobre planes de desarrollo y políticas públicas regionales y nacionales. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. Documento preliminar para discusión. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- López de la Roche, F. (2002). *Cultura y comunicación en la Universidad Nacional de Colombia: Balance inicial y prospectiva*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Menéndez, J. M., Robert, J., Ledesma, C., & Álvarez, L. (2008). *Las TIC en el transporte*. Documento digital. Recuperado el 26 de de 2010 del sitio web <http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit168/39-54.pdf>
- Ministerio de Comunicaciones. (2008). *Plan Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2008-2019*. Bogotá: Ministerio de Comunicaciones.

- Ministerio de Educación Nacional. (2011). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior*. Documento digital. Recuperado en septiembre de 2011 del sitio web <http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-property-name-2672.html>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2011a). *Política Nacional para el Desarrollo de la Industria de Contenidos Digitales*. Bogotá: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2011b). *Hacia la construcción de un sistema de I+D+i de TIC en Colombia 2011-2014*. Bogotá: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2011a). *Vive Digital Colombia. Documento Vivo del Plan Versión 1.0*. Bogotá: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2012). *ViveLabs 2012*. Bogotá: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Molas-Gallart, J., & Castro-Martínez, E. (2007). *Ambiguity and conflict in the development of 'Third Mission' indicators*. *Research Evaluation*, 321-330.
- OECD. (2006). *Digital content strategies and policies*. Documento digital. Recuperado el 12 de septiembre de 2011 del sitio web: www.oecd.org/dataoecd/10/22/36481524.pdf.
- Omron. (2003). *Combinación de red inalámbrica y control industrial*. Documento digital. Recuperado el 1 de noviembre de 2010 del sitio web: http://industrial.omron.eu/en/company_info/magazines/technology_and_trends/default.html
- Omron. (2009a). *Especial automatización de máquinas*. Documento Digital. Recuperado el 1 de noviembre de 2010, del sitio web: http://industrial.omron.eu/en/company_info/magazines/technology_and_trends/default.html
- Omron. (2009b). *Product news*. Documento digital. Recuperado el 1 de noviembre de 2010 del sitio web: http://industrial.omron.eu/en/company_info/magazines/technology_and_trends/default.html
- Pagan, J., Higgs, P., & Cunningham, S. (2008). *Geeting Creative in Healthcare*. S. d.
- Paiho, S., Ahlqvist, T., Piira, K., Porkka, J., Siltanen, P., Tuomaala, P., & Kiviniemi, A. (2008). *Roadmap for ICT-based Opportunities in the Development of the Built Environment*. Research Notes 2444.
- Presidencia República de Colombia. (2011). *Palabras del presidente Juan Manuel Santos al instalar la jornada de los Acuerdos para la Prosperidad en Medellín*. Documento digital. Recuperado en mayo de 2011 del sitio web: http://wsp.presidencia.gov.co/Prensa/2011/Mayo/Paginas/20110507_07.aspx

- Proyecto MERITUM. (2002). *Guidelines for managing and reporting on intangibles (Intellectual Capital Statements)*. Madrid: Fundación Vodafone.
- Romero, D. C. (2010). *Experiencia en la producción y oferta de contenidos educativos digitales en Medellín, Colombia*. Comunicación U. B. P. 27.
- Roos, J.; Roos, G.; Edvinsson, L., & Dragonetti, N. (1997). *Intellectual capital: Navigating in the new business landscape*. Nueva York: University Press.
- Saaty, T. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Tovar, M., & Osorio, F. (2012). *Contenidos digitales*. Bogotá: S. d.
- Turlea, G., Nepelski, D., De Prato, G., Lindmark, S., De Panizza, A., Picci, L., Desruelle, P & Broster, D. (2010). *The 2010 report on R&D in ICT in the European Union*. Sevilla: Institute for Prospective Technological Studies IPTS.
- Vicerrectoría de Investigación, Universidad Nacional de Colombia. (2009). *Plan de Trabajo Proyecto Agendas de Conocimiento*. Documento Interno de Trabajo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vicerrectoría de Investigación, Universidad Nacional de Colombia. (2009a). *Capacidades de investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000–2008. Una aproximación desde el capital intelectual*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vicerrectoría de Investigación, Universidad Nacional de Colombia. (2009b). *Agendas de Conocimiento: Plan de trabajo para su construcción*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vicerrectoría de Investigación, Universidad Nacional de Colombia. (2009c). *Plan de Trabajo Proyecto Agendas de Conocimiento*. Documento Interno de Trabajo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vicerrectoría de Investigación, Universidad Nacional de Colombia. (2010). *Proyecto Agendas de Conocimiento: Avances en la Ejecución*. Documento Interno de Trabajo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Unctad. (2010). *Creative Economy Report 2010*. S. d.
- Vanston, L., & Hodges, R. (2009). *Forecasts for the US telecommunications Network*. Documento digital. Recuperado el 10 de septiembre de 2013. Disponible en el sitio web http://tfi.com/pubs/w/pdf/elektronikk_telecom.pdf
- Wasserman, M. (2010). Entre lo pertinente y lo impertinente. En: El Tiempo, domingo 19 de septiembre de 2010.
- West, D. M., & Miller, E. A. (2009). *Digital Medicine: Healthcare in the Internet Era*. Documento digital. Recuperado el 10 de septiembre de 2013. Parcialmente disponible en el sitio web:

[http://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=PpK7kiFowaMC&oi=fnd&pg=PR9&dq=West,+D.+M.,+%26+Miller,+E.+A.+ \(2009\).+Digital+Medicine:+Healthcare+in+the+Internet+Era.&ots=XYHrz4ePRH&sig=zlsN39epTgHDrqjFwtv-cAabj4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=PpK7kiFowaMC&oi=fnd&pg=PR9&dq=West,+D.+M.,+%26+Miller,+E.+A.+ (2009).+Digital+Medicine:+Healthcare+in+the+Internet+Era.&ots=XYHrz4ePRH&sig=zlsN39epTgHDrqjFwtv-cAabj4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

ANEXOS

Anexo 1. Metodología para la construcción de la Agenda TIC

En la construcción colectiva y participativa de las Agendas de Conocimiento se han respetado la heterogeneidad y la diversidad de las temáticas y de los expertos. No obstante, se establecieron algunos elementos mínimos que resultan comunes para todas las agendas, y que cada equipo facilitador y grupo de expertos elaboraron de manera diferente según la naturaleza y las dinámicas propias de las mismas. Estos elementos, tales como identificación de capacidades, los árboles de conocimiento, entre otros, fueron construidos durante las etapas pre-prospectiva y prospectiva, las cuales se describen en el presente anexo.

Es oportuno señalar que los aspectos relacionados con la pos-prospectiva, en particular la conceptualización del Sistema de pensamiento y gestión permanente del conocimiento de la Universidad Nacional de Colombia, serán abordados en otro documento de carácter conceptual que la VRI publicará como parte de los documentos de reflexión originados a partir del proceso de elaboración de las Agendas de Conocimiento.

Este anexo metodológico se presenta con la misma estructura del documento de agenda, por lo cual inicia con el procedimiento para la construcción de la situación de la investigación en varios contextos; en segundo lugar se precisa el camino seguido para la consolidación de la visión de futuro y, finalmente, el proceso desarrollado para la estructuración del plan de acción a través de los programas y proyectos seleccionados. Cabe resaltar que este anexo metodológico se constituye en un resumen ejecutivo y primera versión del libro metodológico originado en el Proyecto Agendas de Conocimiento.

Un elemento esencial en el que se debe insistir es en que todos los insumos elaborados durante el proceso de construcción de las Agendas de Conocimiento fueron sometidos a procesos de validación permanente por parte de los expertos de la agenda, pues son quienes cuentan con el conocimiento, la experiencia y el reconocimiento para emitir opiniones idóneas frente a los contenidos de los mismos. Por ende, durante todo el proceso y para cada uno se realizó la deconstrucción de los documentos elaborados por cada equipo facilitador.

Este proceso hizo referencia a la validación, corrección, introducción o eliminación de nuevos asuntos de los insumos, siempre con el objetivo de mejorarlos y garantizar una línea de trabajo abierta e incluyente.

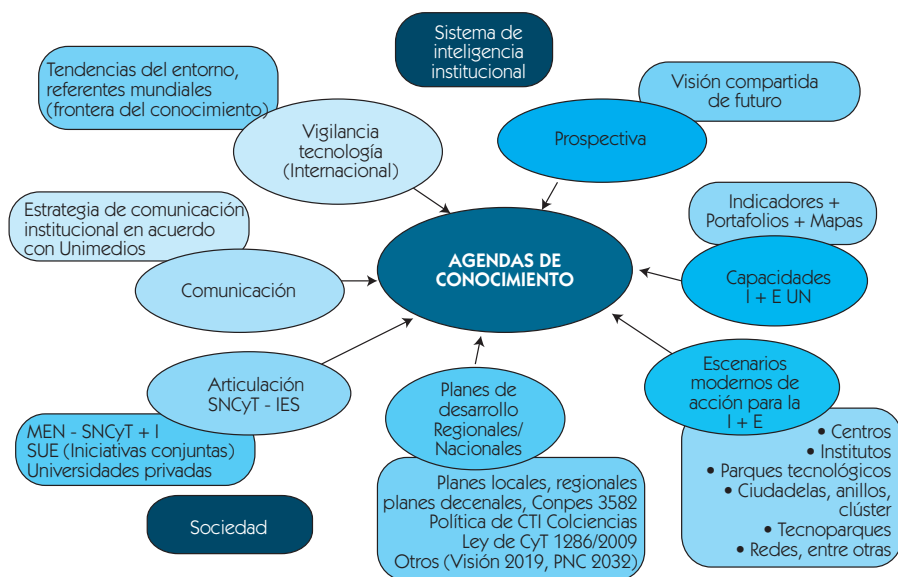
1. CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL PANORAMA DE LA INVESTIGACIÓN

En primera instancia es preciso mencionar que el logro de objetivos propuestos en el Plan de Trabajo del Proyecto Agendas de Conocimiento se concibió a través de una visión sistémica de la actividad investigativa por parte de la comunidad académica. Por ello, para la construcción de las agendas se estableció que era necesario considerar siete insumos que se esquematizan en la figura 38, algunos de los cuales son parte integral de la construcción del panorama de la investigación.

Así pues, el panorama de la investigación corresponde a un conjunto de elementos con los cuales se estableció el estado de la investigación en los temas de una Agenda de Conocimiento particular. Este diagnóstico, como se ha denominado en algunas Agendas, comprende cuatro insumos mencionados en la figura 39, así: i) el contexto internacional a través de las tendencias futuras de investigación; ii) las capacidades de investigación en el entorno nacional y en el contexto de la Universidad Nacional de Colombia; iii) las apuestas gubernamentales en la última década a partir del análisis de los planes de desarrollo, y iv) las formas de interacción a través de escenarios modernos de acción.

Estos dos últimos insumos serán objeto de mayor análisis en el documento de reflexión que la VRI publicará como fruto de la elaboración de las agendas de conocimiento; sin embargo, en este anexo se menciona la forma como se integró por parte de los equipos a cada agenda.

Figura 38. Componentes de las agendas de conocimiento PGD 2010-2012



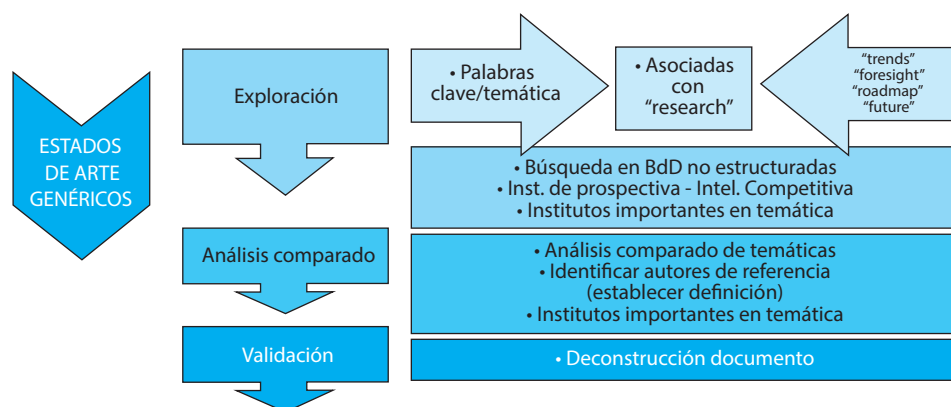
Fuente: VRI (2009b).

Los cuatro insumos señalados se elaboraron en la fase denominada en el Plan de Trabajo del Proyecto Agendas de Conocimiento (VRI, 2009a) como fase pre-prospectiva, y cuyo proceso metodológico se describe a continuación.

1.1 Panorama internacional de investigación

La construcción de la sección de macro tendencias de investigación de la Agenda TIC tuvo como objetivo encontrar las grandes tendencias que encaminan la investigación en las diferentes temáticas que la componen. Este proceso de vigilancia tecnológica se desarrolló en tres etapas: i) etapa de exploración; ii) etapa de análisis comparado o *benchmarking*; y iii) etapa de validación, tal como se esquematiza en la figura 39.

Figura 39. Procedimiento para la elaboración del documento de macro tendencias para la Agenda TIC



Fuente: Vicerrectoría de Investigación (2010).

Exploración: a partir de las palabras clave, descriptores o sintagmas que identifican las áreas y temas de cada agenda, los que, asociados con términos como: “trends”, “roadmap”, “foresight”, “forecasting”, “overview”, “future”, entre otros, y combinados con el término “research”, se buscaron en motores de búsqueda de información no estructurada (por ejemplo, Google), estudios, documentos, artículos de estados de arte, que vislumbraran el futuro en los próximos años en el área de estudio. Documentos provenientes, ya sea de institutos especializados en prospectiva, dedicados a la inteligencia competitiva o de instituciones de renombre en cada área particular, según resultara pertinente para la temática de la agenda, algunos de los cuales fueron sugeridos por los expertos.

Así, entre los institutos de prospectiva, se pueden mencionar por ejemplo el Development Concept and Doctrine Centre, DCDC, y en cuanto a las instituciones de renombre se destacan: Organización de las Naciones Unidas, ONU, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE, Center for Transportation Excellence, Banco Interamericano de Desarrollo, BID, entre otros.

Benchmarking: la información de los documentos recopilados fue consolidada mediante herramientas que permitieran una adecuada organización, sistematización y análisis de la misma. Una de las técnicas que se utilizó con mayor frecuencia fue el *benchmarking*, relacionado con la comparación de los diferentes temas estudiados en cada una de entidades consideradas, con el ánimo de evidenciar la relevancia o reiteración de cada uno de estos.

Validación: a través de talleres con los expertos de cada agenda, se realiza la deconstrucción de los documentos elaborados por el equipo facilitador. Este proceso hace referencia a la validación, corrección, introducción o eliminación de nuevos elementos que complementan los documentos, en aras de mejorarlos y garantizar una línea de trabajo abierta e incluyente.

1.2 Panorama nacional de investigación

Este insumo se desarrolló a partir de información secundaria, la cual indica, en el contexto colombiano, la situación de la investigación. Si bien para el desarrollo general de cada agenda de conocimiento se contó con la participación activa de los expertos, en este punto fue aún mayor, pues dada su importante trayectoria, suministraron numerosos documentos que permitieron sintetizar la información.

Apuestas gubernamentales en la última década

Como se mencionó, los detalles metodológicos de este componente se abordarán en otro documento de la VRI relacionado con las herramientas y los métodos generales implementados para la elaboración de las agendas de conocimiento; sin embargo, cabe señalar que esta sección incluye elementos del trabajo liderado por la Dirección Nacional de Extensión, DNE, el cual pretendió vincular la investigación de la Universidad con la realidad del contexto nacional y, en particular, con los instrumentos de planeación de los gobiernos en los ámbitos local, regional y nacional. Además, se analizaron e incluyeron documentos de política del orden nacional, como los planes de desarrollo, identificando aquellos temas relevantes que potenciaran la investigación de cada agenda.

Con base en el documento mencionado, los expertos de cada agenda discutieron y eligieron los elementos más relevantes de cada plan de desarrollo coincidente con los temas de la agenda.

Esfuerzos institucionales en la definición de agendas de investigación

Esta sección recopiló, a partir de la búsqueda de información secundaria, los esfuerzos realizados por la Universidad Nacional de Colombia por organizar los procesos de investigación así como su priorización, y se resaltan aquellos puntos coincidentes con las áreas, temas o subtemas de cada una de las agendas de conocimiento; este insumo implicó el estudio de la información existente relacionada con los Programas Universitarios de Investigación, PUI, los Campos de Acción Institucional, CAI, y los Programas Académicos Estratégicos, PRES, y redes de conocimiento.

Lo anterior, con el ánimo de destacar los esfuerzos que la Universidad Nacional de Colombia, UN, en su voluntad de fortalecer sus capacidades de investigación, ha realizado en distintas épocas. Así, en el periodo comprendido entre 1990 y 1993 se crearon los PUI, a través de los cuales se abrieron espacios de discusión sobre intereses académicos en las distintas áreas del conocimiento.

Para el Plan Global de Desarrollo 1999-2003 se planteó una estrategia de alcance nacional, con el objetivo de buscar el beneficio social y la contribución al desarrollo del país, a través de una política académica integral que contemplara la formación, la investigación y la extensión. Dicha estrategia incluía los Programas Académicos Estratégicos que se formularon desde cada CAI fundamental, y fueron considerados como los frentes de acción para abordar de manera organizada y concreta los problemas nacionales. Finalizando la década, el Plan Global de Desarrollo 2007-2009 define los Programas Estratégicos de Investigación a través del fortalecimiento de Redes Académicas, con el fin de consolidar una Universidad intensiva en investigación y orientada a la consolidación de una investigación de proyección nacional y competitiva internacionalmente, con la promoción de la vocación investigativa de docentes y estudiantes, gracias al apoyo brindado a los grupos de investigación y sus proyectos.

En el último periodo, dentro del Plan Global de Desarrollo 2010-2012, se propone el Proyecto Agendas de Conocimiento - UN, el cual tiene como objetivo “construir e implementar agendas de conocimiento a corto, mediano y largo plazo, a partir de una visión compartida de futuro, que le permitan: i) la inserción de investigadores y creadores artísticos en comunidades académicas internacionales; ii) la consolidación de la comunidad de investigadores y creadores artísticos en el ámbito nacional; iii) la articulación con agentes del SNCyT, y iv) el impulso de la gestión de la investigación” (VRI, 2009b).

Capacidades de investigación del entorno nacional e institucional en la Agenda TIC

Las capacidades de investigación se analizaron en dos contextos: el primero, de carácter nacional, y el segundo en el entorno de la Universidad Nacional de Colombia.

En este punto es importante considerar que para el año 2008 los tomadores de decisión relacionados con temas de ciencia, tecnología e innovación de la Universidad sólo contaban con información básica de las actividades de investigación institucionales con indicadores incipientes que reportaban tal accionar. Ante esta situación, en el periodo comprendido entre los años 2008 y 2009 se diseñó e implementó un modelo para la medición de las capacidades de investigación. El modelo propuesto cuenta con dos componentes: el primero, un módulo de medición del

capital intelectual que da cuenta de la capacidad³⁰ de la organización para realizar actividades de investigación de la UN, del cual se obtiene un perfil científico de la organización de carácter genérico. Dicho módulo desde 2008 se ha implementado tres veces, y los resultados se pueden consultar en los libros electrónicos disponibles en <http://www.viceinvestigacion.unal.edu.co>

El segundo módulo corresponde a la identificación de capacidades temáticas, denominado por VRI (2009b) como portafolios temáticos, que corresponden a la identificación de capacidades institucionales de investigación específicas en cada una de las agendas de conocimiento; así se reconoce y construye el perfil científico asociado a cada una de ellas.

Ambos módulos describen las capacidades de investigación a través de una aproximación desde el capital intelectual, el cual está conformado por tres elementos: capital humano, capital estructural y capital relacional. Así, el capital humano está integrado por las habilidades, experiencias, formación, conocimientos de las personas que hacen parte de la organización (Roos *et al.*, 1997; Sveiby, 2001; Jaramillo y Forero, 2001, Proyecto Meritum, 2002, citados por VRI, 2009a).

El capital estructural se refiere a la infraestructura que incorpora, capacita y sostiene al capital humano. Ello incluye el conjunto de conocimientos que, básicamente, son propiedad de la organización, y que permanecen en ella a pesar de que las personas la abandonen; es la capacidad organizacional que se tiene con relación a los aspectos físicos, usados para transmitir y almacenar el material intelectual, por ejemplo los sistemas de información, la planta y equipo y todo aquello que contribuye a que el capital humano se sienta motivado y en constante creatividad y aporte (Edvinson y Malone, 1997; Proyecto Meritum, 2002; CIC, 2003, citados por VRI (2009a).

Por último, el capital relacional expone los diferentes lazos que la Universidad ha edificado con otras instituciones, como parte de sus procesos de investigación; en particular, expone los proyectos de investigación y extensión desarrollados con apoyo de entidades externas (VRI, 2009a).

30 En el libro *Capacidades de Investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008* se estableció que por capacidad se entiende “lo que se sabe hacer”, que incluye la capacidad personal, las organizativas y las tecnológicas y estructurales, que confieren valor a las actividades de la organización” Bueno, E. (2002). Indicadores de capital intelectual aplicados a la actividad investigadora y de gestión del conocimiento en las universidades y centros públicos de investigación de la Comunidad de Madrid. Capital intelectual y producción científica. Dirección General de Investigación, Consejería de Educación, Comunidad de Madrid, VRI. (2009a). *Capacidades de Investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008. Una aproximación desde el capital intelectual*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación.

1.3 Capacidades de investigación entorno nacional

Para el entorno nacional se contempla el análisis del capital humano y del capital estructural. En relación con el capital relacional no se realizó su estudio porque su consolidación desborda los objetivos del Proyecto Agendas de Conocimiento, por cuanto resulta complejo y requiere el análisis de todos los actores del SNCyT.

Para la construcción del capital humano se descargaron los datos cuantitativos generales de los diversos grupos de investigación del país que trabajan temas relacionados con cada agenda de conocimiento, información secundaria que se obtuvo de la plataforma ScienTi-Colombia a través de la página electrónica <http://www.colciencias.gov.co/scienti>. En dicho portal los equipos facilitadores identificaron los grupos de investigación a partir de las categorías establecidas por el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología, así como el área de conocimiento para cada una de las trece agendas.

Para consolidar el capital estructural del entorno nacional, se revisó la información de Sistema Nacional de Información de Educación Superior, SNIES³¹, recopilando los datos de los programas de pregrado y posgrado ofertados por las Instituciones de Educación Superior, IES, con temas relacionados con cada agenda e indicando la participación porcentual de la UN.

Esta información fue complementada con otra relacionada con laboratorios o centros de investigación, dependiendo del contexto de cada una de las agendas.

1.4 Capacidades de la Universidad Nacional de Colombia

La información sobre las capacidades acumuladas en investigación en la UN durante el periodo 2000-2010 se ha generado a partir de múltiples fuentes de información, cada una asociada al tipo de datos analizado según el capital por construir. En este sentido, para el análisis del capital humano de la UN, según el tipo de información, los datos provienen de diferentes fuentes: la planta docente, de la información suministrada por la Dirección Nacional de Personal; lo relacionado con los grupos de investigación, a partir de la información de la plataforma SCienTi entregada por Colciencias; los integrantes de los grupos de investigación no vinculados a la Universidad y aquellos que tienen vinculación o estuvieron vinculados, a partir del cruce con la base de datos del Comité de Puntaje, SARA. Los investigadores³² se identi-

31 Disponible en <http://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-property-name-2672.html>

32 A partir del modelo de capacidades de investigación en 2008, la UN asume que un investigador es aquel que en los tres últimos años ha generado un producto de nuevo conocimiento o ha inscrito formalmente un proyecto de investigación, registrados en SARA, Quipu o Hermes.

caron a partir de los productos de nuevo conocimiento o proyectos de investigación desarrollados en los últimos tres años, registrados en SARA y en el Sistema de información financiera Quipu.

Para el capital estructural, en particular la información de las revistas indexadas de la UN, se consideró el sistema de indexación Publindex de Colciencias. El análisis de la producción científica se realizó a partir de dos fuentes: i) la información declarada por los grupos de investigación avalados institucionalmente y registrados en la plataforma SCienTI, y ii) la información registrada en el módulo del Comité de Puntaje de SARA. Esta información se complementó con la información de la base de datos de ISI Web of Knowledge. Para productos patentados se realizaron búsquedas en el ámbito nacional en la base de datos de la SIC, y en el contexto internacional en las bases de datos de las USPTO, Espacenet, OMPI y JOP, a través del software Goldfire. Esta información se depuró a partir del cruce con el sistema SARA de la Universidad.

La información del capital relacional se analizó a partir de los proyectos ejecutados por los investigadores de la UN, sin importar la fuente de financiación, registrados en el Sistema de información financiera Quipu de la Universidad Nacional de Colombia.

A partir de las bases de datos y la depuración mencionada se suministró a los grupos facilitadores listados de proyectos, productos e integrantes consolidados con base en descriptores relacionados con cada agenda, los cuales, luego de procesos intensos de depuración y análisis por parte de los vigías, se agruparon en los componentes mencionados de capital humano, capital estructural y capital relacional, los cuales se presentan en la figura 40 y se definen a continuación.

Figura 40. Componentes considerados para el análisis de las capacidades de investigación de la UN

Componentes capacidades de investigación de la Universidad Nacional de Colombia	
Capital humano	Investigaciones Grupos de investigación
Capital estructural	Estructura de apoyo para las actividades de investigación (programas, institutos, centros, entre otros)
Capital relacional	Proyectos realizados con actores externos a la UN

Fuente: adaptado de VRI (2009a).

Con base en la definición previamente señalada sobre el capital humano de la Universidad Nacional de Colombia, se describen y analizan los actores relacionados con la investigación en la Universidad, entre ellos los investigadores, los estudiantes, los becarios y los grupos de investigación³³.

Así, cada una de las agendas de conocimiento detalla los grupos de investigación identificados; además, aquellos que declaran pertenecer a la misma, se analizan de acuerdo con las sedes a la cual se encuentran vinculados identificando aquellos que tienen carácter intersede³⁴. En cuanto a las personas vinculadas a los grupos de investigación, se indica la categoría docente (en orden ascendente según las siguientes categorías: instructor asistente, instructor asociado, profesor auxiliar, profesor asistente, profesor asociado, profesor titular), así como el estado de su vinculación (activo o retirado). En relación con las personas, se detalla el nivel de formación de los investigadores asociados a los diversos grupos de investigación de cada agenda.

El capital estructural en el contexto de la Universidad Nacional de Colombia corresponde a las estructuras de apoyo para las actividades de investigación; comprende los productos académicos, los programas de formación, los centros e institutos de investigación, los laboratorios, el acceso a las bases de datos y plataformas del conocimiento mundial, entre otras. Da cuenta de la infraestructura en términos académicos y físicos para el desarrollo de la investigación, lo cual incluye la red de laboratorios y los centros e institutos de investigación; igualmente se reseñan las revistas científicas que la Universidad edita.

Así, en el caso de las diferentes agendas de conocimiento, el capital estructural se analizó a partir de dos grandes elementos: uno, los productos académicos³⁵ y de

33 Una mirada general pero integral de la constitución del capital humano de la Universidad podría ser útil para relacionarlo con las necesidades del país, las tendencias de formación e investigación internacional y la política y planeación de la institución, de tal forma que se convierta en un elemento visible para el trazo de lineamientos en el ingreso en la planta y el seguimiento a la misma, que fundamenten la apuesta de la Universidad por su quehacer en la investigación articulada a la formación y a la extensión.

34 Esta categoría especial de grupos de investigación —según VRI (2009a). *Capacidades de Investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008. Una aproximación desde el capital intelectual*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación— representa la interacción entre investigadores de diferentes sedes, lo que refleja un necesario ejercicio de sinergia institucional.

35 Producto de investigación: es el resultado de una dinámica sobre la puesta en marcha del plan de acción de los grupos de investigación. Los productos de investigación se dividen en: i) productos de nuevo conocimiento –tipo A; ii) productos relacionados con la formación de investigadores –tipo B; y iii) productos relacionados con la apropiación social del conocimiento –tipo C. Pueden ser, entre otros, artículos, libros, normas, registros de propiedad intelectual, formación de capital humano, participación en programas de posgrado, asesorías, extensiones a la comunidad y apropiación social del conocimiento.

investigación en el área particular, y dos, los proyectos de investigación³⁶. Por su parte, los productos académicos han sido categorizados según: i) productos de generación de nuevo conocimiento³⁷; ii) productos relacionados con formación³⁸, y iii) productos de apropiación social³⁹, que se desarrollaron en el periodo considerado, así como el balance de proyectos de investigación y extensión. En relación con los productos de nuevo conocimiento, se clasifican en ocho categorías, que corresponden a la elaboración de capítulos de libros, impresos universitarios, artículos de revistas, libros de investigación, libros de texto, libros de ensayo, producción audiovisual y patentes.

Por último, en cuanto al capital relacional para las agendas de conocimiento, se identificaron aquellos proyectos de investigación y extensión financiados a través de la participación conjunta con entidades u organizaciones externas a la Universidad Nacional de Colombia.

1.5 Formas de interacción de las Agendas antecedentes del ajuste institucional

Los detalles metodológicos de este componente se abordarán en otro documento de la VRI relacionado con las herramientas y métodos generales implementados

36 Proyecto de investigación: son actividades teóricas, prácticas y experimentales que realizan los grupos de investigación enmarcados de acuerdo con la línea de investigación que promueve el grupo, es decir la temática o área de investigación en la cual se centran. Los proyectos se pueden clasificar en proyectos de investigación básica y aplicada.

37 Productos de nuevo conocimiento: esta categoría hace referencia a productos de investigación tales como: artículos de investigación, libros de investigación, libro de autor que presente resultados de la investigación, capítulos de libros, voces en enciclopedias y similares, productos o procesos tecnológicos patentados o registrados, productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial, productos de creación artística y normas.

Productos de creación artística: son productos de nuevo conocimiento que contemplan, entre otros: memoria fotográfica o audiovisual de los objetos de arte desarrollados en la investigación, exposiciones en recintos de prestigio con catálogo o memoria en medio audiovisual, audiciones de concierto en recintos de prestigio con programa y memoria de audio, partitura final lista para impresión, grabación en CD lista para publicación, formato audiovisual listo para publicación.

38 Productos de investigación relacionados con la formación de investigadores: se refiere a las tesis doctorales o de maestría.

39 Productos de investigación relacionados con la extensión o apropiación social del conocimiento: se trata de los productos de divulgación o popularización de resultados de investigación, tales como: los artículos publicados en medios de divulgación, libros de divulgación científica, organización de evento científico o tecnológico, presentación de ponencia en evento científico o tecnológico o capítulo en memorias de congreso editadas que presente resultados de la investigación, curso de extensión basado en resultados del proyecto de investigación.

para la construcción de las agendas de conocimiento; sin embargo, es necesario precisar que los insumos suministrados por el equipo de profesores que trabaja en este componente, a quienes se ha denominado “escenaristas”, fueron fruto de reflexión, análisis y realimentación por parte de los expertos de cada una de las agendas. Así, pues, al considerar las dinámicas de cada comunidad académica, se apropiaron aquellas alternativas que mejor respondieran a las necesidades.

1.6 Consolidación de la visión de futuro

De acuerdo con Castro *et al.* (2002), el análisis prospectivo es una técnica de planeación utilizada en muchos sectores económicos para mejorar la base de información disponible sobre la cual se sustenta la toma de decisiones estratégicas. En este contexto, la fase prospectiva implicó retomar e incorporar todos los insumos construidos y validados en la etapa anterior para hacer esta visión lo más integral posible.

En el Proyecto Agendas de Conocimiento, el objetivo de la fase prospectiva es construir una visión de futuro participativa e incluyente de la investigación en la Universidad Nacional de Colombia para los próximos años en las diferentes agendas de conocimiento, a partir de las tendencias en la frontera del conocimiento, las demandas tecnológicas, los estudios de prospectiva y de otro carácter existentes en la Universidad y en el país, así como del *expertise* proporcionado por los expertos.

Para alcanzar dicho objetivo, durante todo el proceso de construcción de las agendas de conocimiento se implementaron diversas herramientas para encaminar esta visión de futuro, tales como:

Panel de expertos en validación de documentos construidos por equipos.

Análisis de tendencias; las macro tendencias abordan este punto.

Árboles, que vinculan capacidades con tendencias de investigación.

Además, algunas agendas y sus equipos han implementado, según las particularidades de cada grupo de expertos, ábaco de Regnier, consulta a expertos, entre otros.

La visión de futuro comprende: i) plataforma estratégica, ii) potenciadores e inhibidores; iii) propuesta inicial de temáticas existentes y emergentes, iv) determinación de énfasis institucionales, v) elementos vinculantes y vi) encuesta prospectiva. En este numeral se detalla el procedimiento seguido para la construcción de estos diferentes apartes en cada agenda.

Plataforma estratégica

La plataforma estratégica agrupa los objetivos estratégicos, el alcance y las metas de cada agenda con los cuales se orientan sus acciones. Además, se incluyen en este apartado los elementos potenciadores e inhibidores que, tal como lo insinúa su nombre, responden a aquellas situaciones que facilitan o impiden el desarrollo de cada agenda de conocimiento.

Es importante resaltar que en cada una de las agendas, la construcción de estos elementos estuvo en función del consenso entre los expertos, así como las prioridades establecidas en función de las dinámicas propias del grupo y de la temática, por lo cual algunas de las agendas tuvieron un desarrollo diferente.

Potenciadores e inhibidores

Construidos por los expertos en gran parte de las agendas de conocimiento, durante la Primera Reunión Plenaria de Expertos, corresponde a un listado de elementos o situaciones que inciden de manera positiva en el cumplimiento de la plataforma estratégica definida en cada una de las Agendas de Conocimiento en el caso de los potenciadores, mientras que aquellos que van en detrimento de dicha plataforma se denominan inhibidores.

Propuesta inicial de temáticas existentes y emergentes

La propuesta inicial se concretó a partir del denominado árbol de conocimiento, que abarca las diversas temáticas que se trabajan en cada una de las agendas, temas que fueron identificados y propuestos por los expertos.

Cada uno de los árboles está dividido en áreas, temas y subtemas, para los cuales se establecieron las capacidades reales con que cuenta la Institución para poner en evidencia aquellas áreas que representen una fortaleza, y se convierten en el énfasis institucional, y por ende en el portafolio que puede ser ofrecido de manera inmediata por la Universidad. Desde otra perspectiva, la ausencia de capacidades en un tema en particular deberá ser justificada adecuadamente para su inserción en la agenda, dentro de la visión y misión de la Universidad, y será considerada para proponer acciones y políticas al respecto.

Si bien la estructura de cada árbol es similar en cuanto a la forma y los colores, el contenido se acopla a las particularidades de cada agenda; el color azul indica el nombre de la agenda, el rojo identifica las áreas relevantes, el verde se refiere a los temas identificados, y el morado presenta la división en subtemas.

Determinación de énfasis institucionales

A partir del árbol de conocimiento, su explicación y la definición de sus áreas por parte de los expertos, y mediante el análisis de las bases de datos suministrados, cada equipo facilitador identifica, analiza y clasifica los diversos registros en las áreas establecidas. Así, los grupos de investigación, investigadores, productos y proyectos desarrollados en el periodo 2000-2010 se categorizan de acuerdo con las áreas establecidas y se presentan de forma esquemática, evidenciando aquellos que se constituyen en un énfasis institucional dado el gran número de investigadores, proyectos o productos.

Elementos vinculantes

En esta sección se presentan los resultados de las discusiones realizadas por los expertos, donde se identifican las formas como se relaciona determinada agenda con las restantes agendas de conocimiento, reconociendo aquellas áreas que están vinculadas; lo anterior, desde una perspectiva global e integradora de la investigación que permita un abordaje dinámico, interdisciplinar y trans-disciplinar de la investigación en dichos asuntos, lo que debe redundar en el fortalecimiento de los programas generados.

Encuesta prospectiva

Con los insumos previamente contruidos, se diseñó una encuesta Delphi⁴⁰ dirigida a la comunidad académica, relacionada con las temáticas de la agenda (ver figura 41), la cual tenía dos objetivos específicos: la validación de los insumos previos, y el establecimiento de acuerdos en cuanto al tiempo y prioridad de acciones para la implementación. La construcción/validación de la encuesta contó con la participación de los expertos.

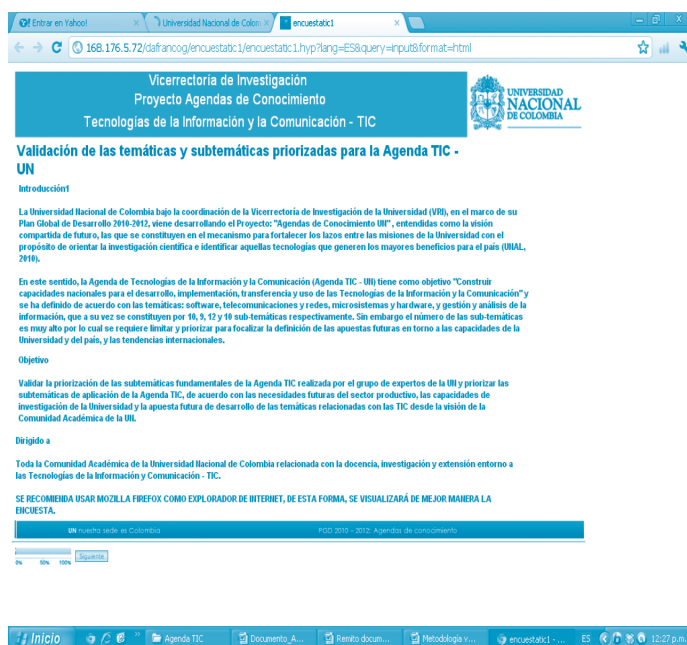
40 El método busca estructurar un proceso de comunicación grupal donde se pregunta a especialistas sus opiniones (juicios de valor basados en conocimiento, experiencia, imaginación, sentido común e intuición), acerca del comportamiento en el futuro de un grupo dado de variables a indicadores, con la finalidad de tener una idea lo más clara posible de la situación futura descrita a través de ciertos enunciados. Tiene cuatro características esenciales: i) anonimato, pues no hay contacto físico con los participantes; ii) reiteración: circulan varias rondas del cuestionario; iii) control y *feedback*: los resultados de las rondas previas son proporcionados a los encuestados, y iv) presentación y estadística de los resultados (Medina y Ortigón, 2006).

Para garantizar mayor participación y prontitud, la encuesta se diligenció en línea, de manera que permitió la participación y el acceso a todos los docentes vinculados a los grupos de investigación, conforme la visión incluyente del proyecto.

La encuesta Delphi presentó la siguiente estructura: una primera sección indaga por la identificación del encuestado y su grado de conocimiento, así como lo relacionado con su experiencia en docencia e investigación. La segunda sección se relaciona con la calificación de elementos estratégicos definidos, así como con el tiempo de materialización e importancia. Por último, la encuesta contempla una tercera sección que brinda la posibilidad de seleccionar las áreas de experiencia de cada docente, en la que se indaga la opinión experta relacionada con la pertinencia de las temáticas propuestas, la capacidad de respuesta de la UN, del país, la aplicabilidad al entorno industrial, social, agrícola, entre otros, frente a un tema particular de cada agenda.

Cada agenda adaptó la encuesta para abordar sus propias áreas, temas y subtemas. En la página electrónica <http://168.176.5.72/dafrancog/encuestatic1/cuestionario.htm> y <http://168.176.5.72/dafrancog/encuestatic2/cuestionario.htm> se muestra el acceso que tuvieron las personas vinculadas a la agenda, mientras se presentan apartes de los instrumentos utilizados.

Figura 41. Extracto de la encuesta implementada en la Agenda TIC



La encuesta, además de validar los insumos contruidos con el concurso de equipos facilitadores y expertos, permitió identificar la opinión ampliada y participativa de otros investigadores tanto de la Universidad como de la comunidad académica externa, para establecer áreas prioritarias de investigación en cada una de las agendas de conocimiento.

2. Estructuración del documento final

La elaboración de la versión final del documento se realizó a partir de las revisiones y modificaciones de los documentos que incorporaron las diversas sugerencias aportadas por los expertos. La estructura propuesta consideró la presentación del panorama general de investigación y los resultados de la visión de futuro ratificados a partir de las encuestas prospectivas.

Anexo 2. Expertos Agenda de Conocimiento TIC

En la tabla 17 se presenta el listado de los docentes-expertos en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia⁴¹.

Tabla 17. Expertos participantes en la construcción de la Agenda TIC

Expertos Agenda TIC	Sede
Óscar Germán Duarte Velasco	Bogotá
Fabio Augusto González Osorio	Bogotá
Flavio Augusto Prieto Ortiz	Bogotá
Pablo Enrique Rodríguez Espinosa	Bogotá
César Germán Castellanos Domínguez	Manizales
Néstor Darío Duque Méndez	Manizales
Gerard Olivar Tost	Manizales
Juan Bernardo Gómez Mendoza	Manizales
John William Branch Bedoya	Medellín
Gloria Lucía Giraldo Gómez	Medellín
Alcides de Jesús Montoya Cañola	Medellín

41 Se señala la participación de Mauricio Tovar Gutiérrez, ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia con máster en Creación y gestión de empresas innovadoras y de base tecnológica de la Universitat de Barcelona, quien por no tener calidad de docente en la Universidad no es considerado experto, pero por su trayectoria profesional logró aportar de manera significativa al desarrollo de la Agenda de Conocimiento TIC. De igual manera, Ferney Osorio, ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia. Ambos profesionales aportaron a la construcción del presente documento desde la visión del programa InTIColombia, liderado por el profesor Pablo Rodríguez.

Anexo 3. Equipos de trabajo que apoyan la Agenda TIC

Existen varios equipos de trabajo involucrados como apoyo al proceso de soporte de la información, la construcción y la conceptualización del proyecto Agendas de Conocimiento. En total se cuenta con cincuenta personas vinculadas al proyecto, 15 de ellos docentes, 27 estudiantes auxiliares, 14 de pregrado y 13 de posgrado, así como 2 profesionales y 5 funcionarios de apoyo. A continuación se mencionan las personas involucradas en cada uno de los equipos.

Tabla 18. Integrantes del equipo facilitador de la Agenda TIC

Nombre	Equipo
Jorge Hernando Molano Velandia	Docente – Director Grupo de Investigación en Bionegocios
Ivonne Astrid Albán Gómez	Vigía – Estudiante de maestría Ing. Industrial
Javier Roa Afflak	Vigía – Estudiante Administración de Empresas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Integrantes equipo de apoyo logístico y coordinación

Nombre	Equipo
Adriana del Pilar Sánchez Vargas	Apoyo conceptual coordinación
Edwin Güiza	Vigía de apoyo general
Pedro Amaya	Apoyo logístico

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Integrantes equipo técnico de gestión de la información VRI

Nombre	Equipo
Jenny Marcela Sánchez Torres	Profesora asociada. Asesora VRI. Coordinadora equipo técnico gestión de la información
Carlos Andrés Morales M.	Profesional universitario
Sloan Moreno Rodríguez	Profesional universitario

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Macrotendencias en TIC

Esta sección da cuenta de las macrotendencias en los dos niveles de desglose de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC: temas propios de las TIC y temas de aplicación. Estas fueron definidas a partir de información secundaria.

1. Temas propios de las TIC

Se evidencian cuatro temas de desarrollo propios de las TIC:

Software y procesamiento del conocimiento

Telecomunicaciones y redes

Electrónica, microsistemas y hardware

Seguridad

1.1 Software y procesamiento del conocimiento

El crecimiento exponencial del desarrollo y rendimiento de los computadores ha sido posible, en primer lugar, por la generación de nuevos modelos matemáticos, estructuras de datos y algoritmos. Los científicos emplean programas inteligentes con el fin de identificar la forma como se puede mejorar el desarrollo de los ya existentes hardware; ejemplo de ello son las máquinas virtuales que emulan una computadora y pueden ejecutar programas como si fuesen una (FMER, 2007).

Así mismo, las tendencias en desarrollo de software (tabla 15) muestran un interés por el crecimiento de software relacionado con la seguridad informática⁴², el desarrollo de aplicativos económicos de fácil utilización y que estén diseñados a la medida de las necesidades, la generación de programas que funcionan con código abierto, la demanda de software con funcionalidades para el aprovechamiento de banda ancha, el aprovechamiento de la tecnología de 64 bits, entre otros (Castellanos, Fonseca y Fúquene, 2009).

42 Para efectos del presente documento, seguridad informática se plantea como parte de los desarrollos en seguridad.

Tabla 15. Macrotendencias - Software y procesamiento del conocimiento

Macrotendencias	Definición
Cloud Computing	La tendencia a bajar las aplicaciones en servicios alojados de forma externa, en la propia Web, ha desarrollado el concepto de Cloud Computing, entendido como la tecnología que usa la Internet y los servidores centrales remotos para mantener datos y aplicaciones. Ello permite usar aplicaciones sin necesidad de hacer instalaciones y con la posibilidad de acceder a las aplicaciones desde cualquier computador con acceso a la Internet. Ligado a la gran aplicabilidad de esta tendencia, los sistemas de información bajarían de precio ya que no sería necesario equipos robustos. El desafío de esta tecnología radica en ofrecer la conectividad ubicua para poder acceder a la información sentada en la “nube”.
Software as a service	Modelo de distribución de software que provee servicio remoto de mantenimiento, operación y soporte del mismo (Cloud Computing).
Aplicaciones para dispositivos móviles en redes inalámbricas	“Software específico para los dispositivos móviles (celulares, agendas electrónicas, etc.) compatibles con redes inalámbricas”.
Software a la medida	“Software para facilitar los procesos propios de las industrias de acuerdo con sus requerimientos particulares”.
Herramientas para desarrollar sistemas web	“Software que permite un desarrollo más simple y sencillo de comunicación entre diferentes servidores a través de la red, basado en mensajes que cumplen un estándar (XML, SOAP, WSDL y UDDI)”.
Software aplicativo empresarial	Brinda soporte a los procesos en los ámbitos administrativo, financiero, de gestión de talento humano (ERP), en la gestión de clientes (CRM), en la gestión de la cadena de abastecimiento (SCM), entre otros.
Usabilidad y accesibilidad	Estos conceptos hacen referencia al conjunto de posibilidades de utilización, independientemente de las características del medio o del usuario. Accesibilidad electrónica es la facilidad de acceso a las TIC y a contenidos en Internet, para cualquier persona, sea con discapacidad, de edad avanzada o por privación circunstancial. En definitiva, es la capacidad de un usuario de hacer uso apropiado de un servicio (deben tenerse en cuenta los factores humanos y las posibles faltas o pérdidas de capacidades). La accesibilidad requiere en primer lugar que los usuarios dispongan de información adecuada acerca de los servicios disponibles. El término usabilidad se refiere a la facilidad de relación entre un sistema (aparato, instalación, servicio, etc.) y la persona que lo emplea.
Integración e interoperabilidad	A raíz de la existencia de diversas plataformas tecnológicas en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el software desempeñará un papel fundamental en los procesos de integración e interoperabilidad entre aplicaciones, por cuyo motivo su desarrollo y aplicación constituirá un elemento clave para asegurar que dichos procesos se lleven a cabo de una forma efectiva y eficiente.

Fuente: elaboración propia a partir de información de Castellanos, Fonseca y Fúquene (2009), Bittman (2010), Albán (2009), Fundación OPTI (2010), Fundación OPTI e IDEA (2008).

1.2 Telecomunicaciones y redes

Ligado al avance de los procesadores y los programas, se hace necesario optimizar la red que permita la comunicación y la transferencia de datos. En la actualidad, la columna vertebral de la transferencia de datos está soportada en la fibra óptica con Internet como motor para la economía mundial (FMER, 2007). Es por ello que los esfuerzos se han enfocado en identificar la forma que permita transferir una cantidad mayor de datos, a fin de aprovechar al máximo las redes existentes y futuras (ICSTI, 1999).

El avance de las redes influiría considerablemente en el desarrollo de las nuevas propuestas de telecomunicaciones para teléfonos móviles, donde la tecnología de cuarta generación, o 4G, que combina diferentes canales en un solo sistema, superaría el umbral de los 1.000 megabits. Para ello los investigadores están trabajando sobre el principio MIMO (múltiple entrada-múltiple salida, por sus siglas en inglés *Multiple-Input Multiple-Output*) con lo cual se ampliaría la cobertura y se tendría un sistema más flexible. Igualmente se trabaja en una segunda alternativa conocida como OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), que permite dividir un rango de frecuencia en pequeños sub-canales, lo que hace posible incrementar la velocidad de los datos (FMER, 2007). Las tablas 22 y 24 resumen las principales macro tendencias de acuerdo con el área de incidencia.

Tabla 22. Macro tendencias - Telecomunicaciones y redes

Macro tendencias	Definición
Modelo de redes: "Todo sobre IP" - Redes de próxima generación	"Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (Quality of Service), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Soporta movilidad generalizada que permite la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios" (Ochoa, 2008, CRT, 2007e, tomado de Albán, 2009). La convergencia tecnológica se soporta en el modelo de infraestructura de transporte basado en el protocolo de Internet – IP, de tal manera que confluyan los distintos tipos de redes de telecomunicaciones (fijas, móviles y datos). De esta manera se está orientando el desarrollo de redes hacia redes digitales, basadas en la transmisión por paquetes de acuerdo con el protocolo IP. Lo anterior requerirá la implantación de la denominada arquitectura IMS (IP Multimedia Subsystem), la cual permitirá integrar las redes de comunicaciones móviles con las redes IP, propias de Internet. De igual forma será necesario el cambio de la versión actual del IP (IPv4) a la IPv6 debido a la limitada capacidad de asignación de direcciones del protocolo actual, teniendo en cuenta que a largo plazo se prevé que la Red conecte no tan sólo personas y organizaciones, sino también todo tipo de dispositivos y máquinas entre ellos, incluidos los terminales móviles.

Continuación de la tabla 22. Macrotendencias - Telecomunicaciones y redes

Macrotendencias	Definición
Banda ancha inalámbrica	Son redes de alta velocidad y capacidad de transmisión de datos, comprende un conjunto amplio de tecnologías desarrolladas para soportar la prestación de servicios multimedia interactivos, con la característica de estar siempre conectados (always on), permitiendo el uso simultáneo de servicios de voz, video y datos, y proporcionando unas velocidades de transmisión que evolucionan con el tiempo. Estas redes vienen soportadas por tecnologías muy diversas como cableadas, móviles e inalámbricas. Además, según su alcance físico se clasifican, de menor a mayor rango, en tecnologías y redes de ámbito personal (PAN), local (LAN), metropolitano (MAN) o global (WAN), respectivamente. Algunos de los servicios avanzados de telecomunicaciones basados en banda ancha son las transmisiones de televisión de alta definición (HDTV), el video bajo demanda (VoD), la videotelefonía, el acceso rápido a Internet y los videojuegos en línea, entre otros.
Redes de comunicaciones móviles: 4G	Las redes de comunicaciones móviles se basan en soluciones de radio en sus extremos finales, con el fin de proporcionar una conexión móvil a sus usuarios dentro del área de cobertura. Las posibilidades de transmisión de voz, imágenes y datos a alta velocidad en condiciones de movilidad, despliega amplias posibilidades de aplicaciones móviles de banda ancha como Internet móvil, oficina móvil, videotelefonía, TV mediante streaming, así como la descarga de música y otros contenidos, entre otras. Se esperan velocidades mayores a los 50 Mbps para el 2015 en adelante, de tal manera que las redes de cuarta generación, 4G, las cuales se prevé utilicen diferentes tecnologías combinadas, proporcionen una solución completa y segura basada en IP, donde se pueden disponer de servicios de Internet de banda ancha, servicios de juegos y servicios multimedia. Además, se espera utilicen tecnologías más sofisticadas, tales como el empleo de múltiples antenas tanto en emisión como en recepción (MIMO) y de técnicas avanzadas de modulación de las señales (OFDM).
Tecnologías inalámbricas: WiMAX (Wireless Interoperability for Microwave Access)	Protocolo de telecomunicaciones que provee acceso a Internet a dispositivos tanto fijos como móviles. Puede operar a velocidades superiores a 40 Mbit/s. Permitirá ofrecer conectividad en banda ancha en un ámbito metropolitano tanto a enlaces fijos, como a enlaces nómadas o itinerantes (aeropuertos, estaciones de ferrocarril, hoteles, etc.) y móviles.
Redes de comunicaciones fijas	Se definen como redes basadas en algún tipo de solución cableada, como cobre, cable o fibra óptica. Se dividen en redes troncales y redes de acceso. Mientras que las primeras intercambian grandes volúmenes de información entre sus diferentes nodos, las segundas manejan cantidades de información mucho más discretas, por el hecho de servir como canales capilares de distribución individual hasta el domicilio de los usuarios. En el corto plazo, las altas velocidades se lograrán mediante enlaces ADSL, con sus diferentes variantes (ADSL, ADSL2, ADSL2+) y también mediante cable. A mediano plazo, se esperan mayores velocidades mediante el uso de la tecnología VDSL2; sin embargo su rendimiento decae rápidamente con la distancia, por lo cual una solución será utilizar una combinación de fibra óptica - FTTN más VDSL2, ó la utilización de fibra óptica directamente hasta el bloque del usuario y luego continuar internamente con par de cobre (modalidad FTTH + VDSL2). A largo plazo, se prevé una tercera modalidad que consistirá en el despliegue de la fibra óptica directamente hasta el domicilio del usuario (modalidad FTTH), la cual ofrecerá anchos de banda del orden de 100 Mbps o superiores.

Fuente: elaboración propia, tomado de Vanston y Hodges (2009), Albán (2009) y Fundación OPTI e ICT (2007).

Tabla 23. Macrotendencias - Telecomunicaciones y redes (aplicaciones)

Macrotendencias	Definición
Televisión de alta definición (HDTV)	Equipos audiovisuales con alta nitidez que poseen más de 2 millones de píxeles por imagen.
IP Video	Comprende los videos online (videos en Internet abierta), IPTV (servicio de televisión que usa tecnología IP en la que el usuario puede realizar su propia programación), Internet TV (similar a la IPTV pero no hay opción de programación)
Internet Voice (VoIP)	Tecnología que permite realizar llamadas de voz usando una conexión de Internet de banda ancha en lugar de una línea telefónica regular o análoga.
Servicios empaquetados	Triple play: voz, acceso a Internet y TV de prepago. Quadruple play: voz, acceso a Internet, TV, se sumarán también las comunicaciones a través de móviles, en muchos casos vinculadas al desarrollo de la convergencia fijo-móvil.
Redes de pares P2P	Proporciona conectividad punto a punto entre varios terminales u ordenadores periféricos, de forma descentralizada. En el modelo P2P, por consiguiente, es posible compartir y aprovechar recursos entre los diferentes ordenadores que constituyen la red, tales como ancho de banda, capacidad de procesamiento y capacidad de almacenamiento, entre otros, en función de las necesidades en cada momento del conjunto de nodos que integran la red.
TV en el móvil	Su difusión puede realizarse a través de dos plataformas tecnológicas principales. Por una parte están las infraestructuras propias de la televisión digital terrestre, que permiten su difusión de forma masiva en un área determinada, mientras que por otra las nuevas redes móviles de 3.5G permiten su difusión de forma individualizada, usuario por usuario.
Video bajo demanda (VoD)	Permiten a sus usuarios seleccionar y ver contenidos audiovisuales a través de diferentes tipos de redes, como parte de un sistema de televisión interactivo. Los sistemas VoD pueden suministrar contenidos audiovisuales bajo pedido, normalmente en forma de flujos continuos de señales (streaming), que se reproducen de inmediato en la pantalla a medida que van siendo disponibles. La mayoría de estos sistemas ofrecen un elevado grado de interactividad y control a los usuarios para su visionado.
Mensajería Instantánea sobre Móvil (IMM)	

Fuente: elaboración propia, tomado de Vanston y Hodges (2009) y Fundación OPTI e ICT (2007).

De igual forma, las telecomunicaciones y redes se orientan a dar respuesta a tendencias como la ubicuidad⁴³, la conectividad⁴⁴ entre personas, organizaciones y todo

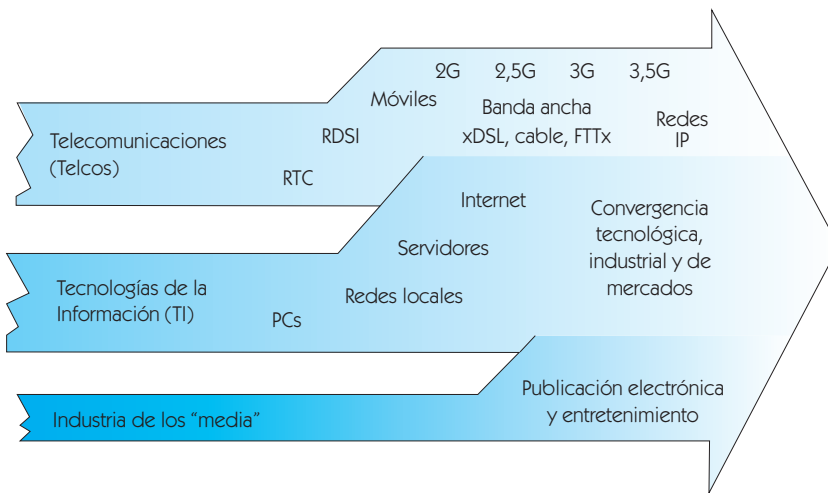
43 La ubicuidad se entiende como la posibilidad de poder comunicarse y acceder a la información necesaria para desarrollar una tarea en cualquier lugar y cualquier momento, independientemente de la localización donde se encuentre el usuario (Fundación OPTI e ICT, 2007).

44 Se entiende como la posibilidad de conectar a distancia personas, organizaciones y todo tipo de dispositivos o máquinas a través de redes de telecomunicaciones, ya sean fijas, móviles o inalámbricas, permitien-

tipo de dispositivos o máquinas; la convergencia, la interoperabilidad⁴⁵, la personalización de los servicios y aplicaciones y seguridad (Fundación OPTI e ICT, 2007).

La convergencia tecnológica entre los mundos de las tecnologías de la información, las telecomunicaciones y el sector audiovisual o de los “media” (ver figura 42) es un fenómeno que se ha visto propiciado por la digitalización de todo tipo de señales, ya sean de voz, texto, imagen o video (Fundación OPTI e ICT, 2007). Esta convergencia tecnológica de las TIC con los “media” deriva en un proceso de convergencia industrial y de mercados en donde cada vez es más difícil establecer los límites entre este sector y los sectores industriales.

Figura 42. Convergencia tecnológica entre las telecomunicaciones, las tecnologías de la información y los “media”



Fuente: Fundación OPTI e ICT (2007).

do hacerlo cada vez de forma más flexible y ubicua, independientemente del lugar donde se encuentre el usuario (Fundación OPTI e ICT, 2007).

45 La interoperabilidad se entiende como la posibilidad de interconectar, sin problemas de funcionamiento, redes y equipos manufacturados por distintos fabricantes (Fundación OPTI e ICT, 2007).

1.3 Electrónica, microsistemas y hardware

Bajo esta denominación se encuentran los desarrollos orientados a la miniaturización de los componentes eléctricos teniendo presente la Ley de Moore, el desarrollo de los procesadores multi-core, las máquinas que permiten la integración con la realidad virtual, ligado al desarrollo de los GPU (*Graphics Processing Unit*). Los ejes centrales para el desarrollo de hardware se enfocan en el aumento de la velocidad de transferencia de información y la reducción en el tamaño de sus componentes, haciéndolos mejores y más económicos (FMER, 2007).

En este sentido, los nuevos desarrollos están orientados a reducir el tamaño a niveles nanométricos (inferiores a 45 nm, siendo similares a los adelantos de los semiconductores) pero incrementando considerablemente la velocidad de procesamiento. Esta particularidad ha permitido que los investigadores consideren que el futuro está en el desarrollo de los chips semiconductores, que tendrían un consumo de energía inferior en el microprocesador, como es el caso del transistor FinFET (FMER, 2007).

Se está considerando la idea de identificar un sustituto al silicio que permita una mayor eficiencia y un menor costo, y alguna de las alternativas radica en las capas de grafito mononucleares llamadas “capas de grafeno” que pueden transmitir información a una velocidad cercana a un tercio de la velocidad de la luz. Otra alternativa está en el estudio de los fotones, que pueden servir como soporte de datos; con ello los chips fotónicos, compuestos de cristales fotónicos y fuentes de luz de no más de una molécula, podrían convertirse en los sucesores de los microprocesadores electrónicos. De igual forma sucede con la electrónica basada en el spin del átomo, conocida como spintrónica, donde el spin, en lugar de llevar cargas eléctricas, puede llevar información, con lo cual se podría reducir el consumo de energía y las pérdidas de calor no deseadas en el chip (FMER, 2007).

La tendencia orientada a la miniaturización de los circuitos que tengan una alta eficiencia a un mínimo costo ha llevado a que los institutos de investigación y las empresas trabajen en desarrollar nuevos sistemas de sensores que puedan operar con nanotecnología, específicamente con sistemas nanoelectromecánicos (NEMS) con el propósito de unir la electrónica inanimada con los sensores biológicos (FMER, 2007).

Igualmente se propone para un futuro la posibilidad de trabajo conjunto y complementario en un mismo espacio entre el hombre y los robots. Mediante la información recibida por los sensores se podrían adaptar las actividades y acciones del robot acordes con el movimiento del humano. La tendencia en robótica sería pasar de los robots rígidos a robots suaves (FMER, 2007). Otras macro tendencias se presentan en la tabla 24.

Tabla 24. Macrotendencias - Electrónica, microsistemas y hardware

Macrotendencias	Definición
Servicios convergentes	Convergencia en el usuario final. Hace relación a la convergencia de servicios ofrecidos al usuario a través de un dispositivo electrónico, por ejemplo: iPhone, TV interactiva, Nintendo Wii, oficina móvil, etc.
Miniaturización	Reducción de los tamaños de los dispositivos electrónicos trabajando a escalas nanométricas.
Wireless	Dispositivos que permitan la interacción con otros sin la necesidad de cables utilizando las plataformas de comunicación.
Supercomputadores	Desarrollo de equipos con alta capacidad de procesamiento de datos.
Robótica	Desarrollo de robots suaves y coordinados con las actividades humanas.
Nanodispositivos (nanosensores y NEMS)	El diseño y fabricación de nanodispositivos es uno de los tópicos en los que las nanotecnologías se encuentran más cercanas a la obtención de elementos que se incorporarán en diversos bienes de consumo. Los retos tecnológicos para la fabricación de nanosensores son muchos, pero se pueden destacar aquellos que se derivan de la necesidad de fabricar dispositivos donde se combinan materiales con diferentes propiedades, de la necesidad de crear nuevos materiales multifuncionales que permitan reaccionar a varios estímulos, y de la obligada integración de los nanodispositivos en sistemas micro y macroscópicos.
Nanomateriales para el almacenamiento de combustibles (pilas)	Desarrollo de nanomateriales orientados a mejorar el rendimiento y la fiabilidad del sistema de propulsión y a la reducción de costes.
Electrónica post CMOS: optoelectrónica y fotónica	El dominio Beyond CMOS hace referencia a todos aquellos nuevos materiales, estructuras, dispositivos y arquitecturas que se desarrollarán a largo plazo (posterior al nodo de CMOS 32nm). Su principal función es la de complementar la tecnología CMOS en su objetivo de fabricar circuitos con una mayor capacidad de conmutación y de almacenamiento de información, cuando la tecnología CMOS no sea capaz de conseguir dichos objetivos por sí misma. Más allá del nodo CMOS 32 nm, se desarrollarán nanoestructuras y arquitecturas novedosas para complementar al CMOS en implementaciones lógicas avanzadas.
EDA (Automatización del diseño electrónico) para sistemas nanoelectrónicos	El control de la complejidad y manufacturabilidad de sistemas nanoelectrónicos radica en aumento de la confianza en la automatización del diseño electrónico (Electronic Design Automation, EDA). EDA es el nexo de unión esencial entre los requisitos de la aplicación derivados de las necesidades de la sociedad y su implementación en un System on Chip (SoC) o en un System inPackage (SiP). Este nexo debe ser formal, en el sentido de que debe capturar las necesidades y dar lugar a una implementación tangible, así como ser capaz de compaginar la complejidad requerida, teniendo en cuenta conceptos heterogéneos como descripción de procesos abstractos, verificación, implementación física, manufacturabilidad, etc.

Continuación de la tabla 24. Macrotendencias - Electrónica, microsistemas y hardware

Macrotendencias	Definición
Transistores y memorias	Se trata de desarrollar la tecnología que permita fabricar circuitos con una mayor capacidad de computación y de almacenamiento de la información (procesadores y memorias). Las actividades de investigación en este dominio tienen un carácter marcadamente aplicado a corto y medio plazo, con especial énfasis en las memorias DRAM y no volátil, así como en las llamadas tecnologías transversales.
AMI (inteligencia ambiental)	Puede definirse como la creación de espacios donde las personas, de forma natural y sin esfuerzo alguno, puedan establecer una comunicación interactiva con dispositivos electrónicos embebidos en ese espacio. El objetivo de la AMI es aumentar la interacción entre los seres humanos y los sistemas digitales mediante dispositivos de comunicación ubicua. La AMI aumenta la capacidad de interacción, interpretando el lenguaje, reconociendo sonidos, movimientos y olores, mediante sensores adecuados que reaccionen a estímulos.

Fuente: elaboración propia, con base en información suministrada por FMER (2007), Fundación OPTI e IDEA (2008), Fundación OPTI y Fundación Inasmet (2008).

1.4 Seguridad

Las macrotendencias identificadas en esta área se relacionan en la tabla 25.

Tabla 25. Macrotendencias - Seguridad

Macrotendencias	Definición
Identidad digital	Corresponde a la verificación de la identidad en línea utilizando tecnologías emergentes centradas al usuario tales como el Standard OpenID o Microsoft Windows CardSpace.
Seguridad Informática: Software de seguridad	Software destinado a aumentar la seguridad y confiabilidad de transmisión de datos y acceso a ellos (flujos seguros de información), ya sea por medio de encriptación o identificación de individuos a través de las características físicas.
Ciber seguridad (Villegas, 2007 tomado de Albán, 2009)	Estrategias que contrarrestan las posibles amenazas y daños asociados a: reproducción ilegal de programas (Spoofing), programas piratas (spyware y trojans), piratas informáticos (Hackers), usuarios de mensajería que entran en la red mediante códigos de acceso de otros (Chatters), interceptación de comunicaciones y datos (Snooping), robar la identidad de una organización y recomendar a usuarios la visita a un portal falso (Phishing), envío de mensajes masivos (Spamming) y uso fraudulento de información para secuestrar o usar una red inalámbrica de un hogar o hotspot particular (Wardriving)

Continuación tabla 25. Macrotendencias - Seguridad

Macrotendencias	Definición
Alarmas anti-intrusión	Requieren dispositivos como: cámaras, detectores electromagnéticos e infrarrojos y control de accesos.
Sistemas de presencia	Sistemas que permiten la simulación de presencia humana.
	Bioidentificadores – Biométrica
	Seguridad en redes móviles heterogéneas
	Criptografía

Fuente: elaboración propia con información de Ahlqvist *et al.* (2007), ISTE (2010), Paiho *et al.* (2008), Albán (2009), Fundación OPTI e IDEA (2008).

2. Temas de aplicación

Debido al amplio espectro de acción y aplicabilidad de las TIC en diferentes áreas de las ciencias y de la vida práctica, se han identificado los siguientes temas como los más relevantes:

- Transporte y logística
- Salud
- Educación
- Automatización y control industrial

2.1 Transporte y logística

Se han presentado cambios significativos en el área de transporte de mercancías y distribución a partir del desarrollo y la evolución de herramientas, como son las tecnologías para vehículos AVL (localización automática de vehículos), los sistemas de información geográfica para el seguimiento y la localización, como los sistemas de posicionamiento global, GPS, las etiquetas de identificación por radio frecuencia, RFID (Paiho *et al.*, 2008). Estas últimas han tenido un amplio desarrollo no solo identificando la ubicación del contenedor, sino permitiendo visualizar la información detallada de cada uno de los elementos que en él se encuentran, lo cual ha conllevado a que se presenten cambios drásticos en el servicio (FMER, 2007).

El sector ha mejorado ampliamente gracias a los avances en el desarrollo de redes informáticas y en el procesamiento de datos de forma remota, logrando ubicuidad en la información. Además, debido al desarrollo de computadores y algoritmos inteligentes, las organizaciones pueden disponer de información oportuna para re-

ducir el *stock*, manejar la producción y los suministros de forma adecuada (Cachon y Fisher, 2000).

En la gestión de la cadena de suministros (*Supply Chain Management*), la logística tiene un papel fundamental en la integración de todos sus elementos, al permitir unir los procesos de *outsourcing* o tercerizados, la gestión de los flujos de información y materiales con toda la cadena productiva. El amplio desarrollo de las TIC en el sector transporte y logística ha posibilitado que se presenten nuevas formas organizacionales en estos servicios y, con ello, que se mejoren los procesos de negociación y comunicación con proveedores o clientes en la cadena de suministros. El intercambio de información en tiempo real mejora la planeación del transporte y logística para ofrecer un mejor servicio al cliente (Levary y Better, 2000).

En la cadena de suministros se pueden identificar tres funciones fundamentales en las que están implícitas las TIC (Evangelista, 2004):

Intercambio de datos e información: permite el acceso y uso de datos e información para la identificación de proveedores por parte del cuerpo interno de la organización, lo cual facilita que se minimicen los errores logísticos, los tiempos muertos, y se incremente la eficiencia en la etapa de transporte. Para ello se dispone de bases de datos y *datawarehouse*.

Transferencia de información: corresponde a todos los procesos de comunicación de información entre las partes involucradas en la cadena de suministros, desde los tradicionales medios de comunicación como el teléfono y el fax, hasta las aplicaciones más recientes para el comercio electrónico (*e-business*), *extranet*, sistemas de intercambio de datos electrónicos (EDI). Sobre este último se tiene gran interés ya que puede ser aplicado en empresas pequeñas sin que implique mayores costos. Adicional a estas tecnologías se encuentran los avances en servicios y aplicaciones de *e-mail*, Internet y los *groupware* (conjunto de programas informáticos colaborativos que integran el trabajo en un solo proyecto con muchos usuarios concurrentes que están ubicados en diversas estaciones de trabajo, conectadas a través de una red).

Información utilizada para planear la cadena de suministros: se basa en el procesamiento de datos y documentos electrónicos en la toma de decisiones, lo cual repercute en la capacidad de la empresa en establecer enlaces electrónicos con clientes y proveedores. Para ello las empresas pueden disponer de herramientas que van desde *Enterprise Resources Planning* (ERP), *Enterprise Integration Application* (EIA) o *Advanced Planning System* (APS), *Computer-aided engineering* (CAE), nuevos desarrollos de *Computer-aided design* (CAD), planificación de los requerimientos de material (MRP), entre otros.

En la tabla 26 se presentan otras macro tendencias identificadas.

Tabla 26. Macrotendencias - Transporte y logística

Macrotendencias	Definición
Sistemas avanzados de ayuda al conductor (Advance driver Assistance System, ADAS)	Sistemas que interactúan con el conductor, cuyo objetivo es proporcionar ayuda a la tarea de conducción en los niveles táctico y operacional. Alertan al conductor y actúan sobre la conducción de forma directa.
Sistema de información en el vehículo (Invehicle information system, IVIS)	Sistemas que pretenden, principalmente, mejorar la tarea de conducción. Para ello se busca que las tareas secundarias de manipulación y atención a los dispositivos de información tengan un impacto mínimo sobre la conducción y, por tanto, minimicen los efectos negativos sobre la seguridad vial.
Comunicación vehicular (V2V o I2V)	Son un tipo emergente de redes en las que los vehículos y las unidades de tierra son los nodos de comunicación, el suministro de cualquier otra información, tales como las advertencias de seguridad e información de tráfico. Los sistemas de comunicación entre vehículos pueden ser más eficaces para evitar accidentes y congestiones de tráfico que si cada vehículo trata de resolver estos problemas de forma individual.
OBU (On-Board Unit)	Plataforma que se prevé se integrará en los coches de gama baja, como una solución para la integración de grandes volúmenes de entretenimiento (radio digital) y tráfico o aplicaciones relacionados con la navegación. En los vehículos de gama alta y comercial se pueden combinar todas las aplicaciones relacionadas con seguridad, con las más novedosas aplicaciones para el entretenimiento, navegación y propósitos de gestión del tráfico.
Comunicación a través del protocolo WAVE (Wireless Access for the Vehicular Environment)	Corresponde a la próxima generación de comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) que ofrece alta velocidad y transmisión de datos para las comunicaciones V2V o I2V con el propósito de mejorar radicalmente el entorno del transporte en los aspectos de la seguridad, la gestión inteligente y los servicios de intercambio de datos. Incluye el intercambio de datos entre los vehículos de alta velocidad y entre los vehículos y la infraestructura carretera en la banda SUS licencia de 5,9 GHz (5,85 a 5,925 GHz).
Sensores y actuadores	Las aplicaciones electrónicas asociadas a los sistemas reactivos de protección (electrónica de disparo de airbags, sistemas de retención, sensores de pre-impacto, etc.).
Sistemas de radiofrecuencia, RFID	Las etiquetas de RFID se utilizan para la identificación de productos, para cuyo funcionamiento consta de: una antena, que transmite la información al lector mediante ondas de radio; un chip electrónico, encargado de procesar y guardar información del producto sobre el que va adherida, y un medio de soporte, que integra el chip y la antena, con el fin de que puedan adherirse físicamente al producto por identificar. “Su utilización permitirá conocer con detalle las características de los productos y hacer un seguimiento pormenorizado de los mismos a lo largo de toda la cadena logística (trazabilidad). Su aplicación servirá tanto para la optimización y el control de inventarios en almacenes, como para la gestión individualizada de productos –incluso en el nivel de ítem en todo tipo de comercios” (OPTI e ITA, 2006).

Fuente: elaboración propia, tomado de Menéndez *et al.* (2008), Fundación OPTI y Fundación Inasmet (2008), Fundación OPTI e ITA (2006).

2.2 Salud

Algunas de las definiciones del término e-salud se presentan a continuación (Fundación OPTI y Fenin, 2006):

La e-Salud consiste en la utilización de las TIC con el propósito de promover una salud global, el control y asistencia médica, así como aspectos de formación, gestión e investigación en el ámbito de la salud (Androuchko, ITUD, ITU, Workshop on Standardisation on *eHealth*, 2003, tomado de Fundación OPTI y Fenin, 2006).

La e-Salud es un campo emergente en la intersección de la informática al servicio de la medicina, la salud pública y la industria, que hace referencia a los servicios sanitarios y a la información que se suministra o se refuerza a través de Internet y tecnologías relacionadas. En un sentido más amplio, el término caracteriza no sólo un desarrollo tecnológico, sino un estado, una línea de pensamiento, una actitud y un compromiso con un pensamiento global, en red, para mejorar la asistencia sanitaria localmente, regionalmente y mundialmente, a través de las TIC (*Journal of Medical Internet Research*, 2001, tomado de Fundación OPTI y Fenin, 2006).

El término e-Salud hace referencia a la utilización/aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el campo de la salud, con el fin de satisfacer las necesidades de los ciudadanos, pacientes, profesionales sanitarios y administraciones públicas. En este sentido, las TIC son utilizadas como herramientas al servicio de la salud, con el fin de mejorar la calidad, accesibilidad y eficiencia de cualquier aspecto relacionado con la asistencia sanitaria (UE, 2003, tomado de Fundación OPTI y Fenin, 2006).

Este se puede considerar uno de los temas de aplicación más significativos en el contexto colombiano, lo cual se evidencia mediante la identificación de capacidades de investigación, en particular de la Universidad, ya que se presenta un número considerable de docentes (18) relacionados con un nivel de formación en especialización médica vinculados al área temática TIC entre los años 2003 a 2009. En la tabla 27 se describen en particular algunas de estas tendencias.

Tabla 27. Macrotendencias - Salud

Macrotendencias	Definición
Entrenamiento asistido por tecnología	Permitirá el diseño de tecnologías orientadas a la rehabilitación a partir del desarrollo de robots.
Tejido inteligente	Es la combinación de tecnología móvil multimedia con comunicación inalámbrica y computadores portátiles integrados a la ropa, con efectos terapéuticos.
Bioinformática	Desarrollo de programas y aplicaciones estadísticas y aplicaciones de las ciencias de los computadores en el campo de la biología molecular.
Simulación de sistemas biológicos	Herramientas que permiten la comprensión del funcionamiento de los sistemas biológicos orientado a la fabricación de medicamentos.
Visualización de imágenes 3D	Equipos que permiten la interacción del especialista con la imagen de órganos en 3D, a fin de dar claridad sobre las posibles enfermedades cuyo propósito será generar diagnósticos más confiables.
Telemedicina	Se entiende por telemedicina la prestación de servicios médicos a distancia en que especialistas ubicados en diferentes lugares pueden compartir sus opiniones y diagnósticos de forma virtual. Permite que un paciente pueda ser atendido sin la presencia física del especialista. De igual forma, consiste en “la utilización de tecnologías de telecomunicación para proporcionar servicios de asistencia sanitaria, evitando barreras de tipo geográfico, temporal, social y cultural” Reid, 1996 tomado de ICSTI (1999) y OPTI y Fenin (2006). Entre los servicios sanitarios que incluye la telemedicina se encuentran: 1. Asistencia remota 2. Gestión de pacientes y procesos administrativos 3. Formación e información sanitaria a los ciudadanos y profesionales del sector
Nanosensores	Cualquier punto sensorial biológico, químico o físico usado para transportar información acerca de nanopartículas al mundo macroscópico. Aunque los seres humanos todavía no han podido sintetizar nanosensores, las predicciones para su uso principalmente incluyen varios propósitos medicinales y como entradas para construir otros nanoproduitos, tales como chips de computadores que trabajen a nanoescala y los nanobots. La aplicación de los nanosensores podría cambiar el diagnóstico y el tratamiento en forma radical.

Continuación de la tabla 27. Macrotendencias - Salud

Macrotendencias	Definición
Historia clínica compartida (HC3)	Conjunto de documentos que contienen datos, información y valoraciones clínicas sobre la situación y evolución de un paciente a lo largo de su proceso asistencial. La HC3 permite a cualquier médico acceder a toda la información relevante disponible sobre sus pacientes, independientemente de su nivel asistencial o ubicación geográfica, y promueve la continuidad de la atención sanitaria, integrando toda la información y evitando errores y la repetición de exploraciones o procedimientos.
Captura de datos de señales vitales	Permite realizar el monitoreo de las funciones vitales de un paciente a través de la transferencia de información recopilada en un equipo que transmite los datos a una central.
Nanodiagnóstico: biosensores, biochips y chips celulares	El objetivo último del nanodiagnóstico es identificar la patología en el estado más inicial posible, idealmente al nivel de una única célula. Puede utilizarse la nanotecnología para fabricar nanobiosensores, chips que pueden realizar diagnósticos precisos manteniendo un bajo coste de fabricación, portabilidad y evitando el uso de marcadores fluorescentes y de complicados y caros sistemas ópticos de detección, a la vez que posibilitan utilizar cantidades ínfimas de muestra.
Teleasistencia	Es un servicio que proporciona seguridad activa; es la persona mayor o dependiente quien debe activar la alarma cuando detecta una situación de peligro. En estas circunstancias, la activación de la alarma provoca la realización de una llamada telefónica a un número de teléfono memorizado previamente.
Control de errantes y detector de patrones de comportamiento	Es una alarma personal que trata de determinar comportamientos anómalos de la persona, que pueden estar originados por una enfermedad o accidente.
Utilización de dispositivos de radiofrecuencia (RFID)	Estas tecnologías pueden utilizarse en pacientes dependientes, asegurando el control asistencial del paciente en tiempo real; también para la localización de profesionales sanitarios en el hospital, para restringir el acceso a determinadas zonas de los centros (por ejemplo, el acceso a fármacos) y tener localizados ciertos equipos hospitalarios. "Las etiquetas RFID pueden ir adheridas a unos brazaletes que llevan los pacientes que lo requieran, de forma que se conoce la localización de los mismos continuamente. Asimismo, esta tecnología puede servir como un vínculo electrónico para la comunicación/transmisión de los datos del paciente de forma inalámbrica, de manera que se pueda proporcionar una asistencia casi instantánea ante situaciones de riesgo para ese paciente" OPTI y Fenin (2006).

Continuación de la tabla 27. Macro tendencias - Salud

Macro tendencias	Definición
Biosensores	“Un biosensor es un dispositivo al que se le incorpora una sustancia biológica para poder medir de manera selectiva determinadas sustancias en cierto medio. El dispositivo traduce el cambio químico producido en presencia del compuesto de origen biológico en una señal eléctrica procesable, en cuestión de unos pocos minutos. Se prevé el desarrollo de sistemas de monitorización mínimamente invasivos con biosensores implantables que incorporen tratamiento de datos, tales como marcapasos con notificación de alarmas de estado por radiofrecuencia y paquetes de envío de telefonía móvil. De igual forma aparecerá el desarrollo de biosensores implantables, no invasivos, que detecten, analicen e incluso transmitan los datos bioquímicos y funcionales del estado de salud del paciente. Asimismo, el desarrollo de este tipo de dispositivos se encuentra en una etapa inicial, estrechamente relacionado con la aplicación de MEMS (sistemas micro - electro mecánicos) a procesos biológicos, lo que ha hecho que estos sensores se conozcan también con el nombre de BioMEMS. Los desarrollos de esta macro tendencia dependerán de los mecanismos utilizados para garantizar la confidencialidad del paciente” (OPTI y Fenin, 2006).

Fuente: elaboración propia, tomado de Ahlqvist *et al.* (2007), ISTE (2010), ICSTI (1999), Fundación OPTI y Fenin (2006), Fundación OPTI e IDEA (2008), Fundación OPTI y Fundación Inasmet (2008).

2.3 Educación

Algunas tendencias se presentan en la tabla 28.

Tabla 28. Macro tendencias - Educación

Macro tendencias	Definición
Mobile Learning	El desarrollo de nuevos software y hardware están permitiendo que artículos como los smartphones o celulares con alta capacidad de acceso a Internet podrían sustituir al computador portátil en las aulas de estudio.
Computación uno a uno (one-to-one computing)	La tendencia es ofrecer una aplicación de acceso a la información a cada estudiante para crear ambientes de aprendizaje que suponen el acceso universal a la tecnología. Para ello los salones de clase deben prepararse para la disponibilidad universal de los dispositivos personales de aprendizaje.
Ubiquitous Learning	Aprovechando que en la actualidad se cuenta con computadores más económicos y una infraestructura de conectividad más robusta, los sistemas escolares están desarrollando la habilidad de proveer oportunidades de aprendizaje que les permita a los estudiantes acceder en cualquier momento y en cualquier lugar, lo cual cambia el modelo convencional de la clase presencial y hace relevante la aparición de los profesores virtuales, que permitan un aprendizaje a ritmos diferentes. Ejemplo de ello es el desarrollo de aplicativos para iPods.

Continuación tabla 28. Macrotendencias - Educación

Macrotendencias	Definición
Juegos	La posibilidad de vivir la experiencia del juego a un nivel de multijugador y experiencia de juegos en línea ofrece la oportunidad de establecer una mayor interacción social entre los jóvenes, lo que ha conllevado el identificar que los juegos con una participación activa pueden atraer más eficientemente el interés y la atención de los alumnos.
Aprendizaje personalizado	Se pretende que con el uso de la tecnología se pueda ajustar el contenido y la pedagogía sobre las necesidades propias del estudiante.
Teacher-generated open content	Las nuevas tecnologías on-line permiten a los profesores editar, adicionar o personalizar el material de trabajo para que el estudiante pueda adaptarse al estilo y ritmo del curso.
Smart portfolio assessment	La gestión del conocimiento dentro de las aulas permite al profesor identificar las brechas de aprendizaje y adaptar el contenido. Herramientas como exámenes on-line, blogs, entre otros, posibilita a los profesores tener un acceso más directo con el estudiante.
Gerentes mentores o maestros	El profesor está dejando de ser una fuente de conocimiento para transformarse en una guía dentro de un sistema de aprendizaje individualizado fuera del horario habitual de clase a través de los sistemas de información, weblogs, wikis o RSS.

Fuente: elaboración propia con base en Hawkins (2010) y Johnson *et al.* (2009).

2.4 Automatización y control industrial

La automatización industrial se ha convertido en un área en pleno desarrollo y de gran importancia para todos los sectores industriales, ya que permite mejorar la productividad de las empresas, la calidad de sus productos, la flexibilidad y la seguridad laboral. La tabla 29 presenta algunas macrotendencias relacionadas.

Tabla 29. Macrotendencias - Automatización y control industrial

Macrotendencias	Definición
Comunicación M2M	Comunicación de información máquina a máquina sin la necesidad de la intervención humana para el control industrial.
Enlaces inalámbricos	Conectividad inalámbrica entre todos los dispositivos para la automatización y el control industrial.
Único software	Desarrollo de un software de automatización que integre: detección, control, configuración y mantenimiento.
Miniaturización	Disminución de todos los dispositivos y máquinas para un uso eficiente del espacio usando tecnología MENS.
Menor cableado	Disminución del número de conexiones entre dispositivos (diferente a la comunicación inalámbrica).

Continuación tabla 29. Macrotendencias - Automatización y control industrial

Macrotendencias	Definición
Sensores MEMS, sensores de visión artificial	Mayor precisión de los sensores de visión, fuerza, colisión, temperatura y electricidad.
Estandarización de la comunicación (protocolos de comunicación)	La diversidad de protocolos de comunicación para las redes tradicionales tenderá a desaparecer. Todos los dispositivos de la red industrial, desde la máquina hasta el sistema de gestión, tenderán a utilizar unos pocos estándares de comunicación (por ejemplo, Ethernet u otro estándar).
Sistemas de información integrados (software MES)	Manufacturing Execution Systems suministra una integración eficaz entre los sistemas productivos y los sistemas de negocio, además de presentar un conjunto de funcionalidades que permiten optimizar las actividades productivas durante todas las fases de producción. Una solución MES normalmente incluye las siguientes funcionalidades: gestión y ubicación de recursos, lanzamiento de órdenes, adquisición y recogida de datos, gestión de calidad, análisis de prestaciones, planificación, control documental y de personal, trazabilidad y seguimientos de materias primas y productos.
Sistemas tolerantes a fallos	Los sistemas de control incorporarán la funcionalidad de control de seguridad junto con la de control de proceso, integrando además sistemas de supervisión y diagnósticos de fallo a distintos niveles, que permitan identificar con antelación eventuales averías. Además, los requerimientos de tolerancia a fallos de las instalaciones industriales, que deberán garantizar el funcionamiento 24 horas al día, 7 días a la semana, propiciarán la integración del mantenimiento predictivo con los sistemas de control para permitir identificar con antelación eventuales averías.
Software para interfaz humano-máquina	La HMI (Interacción Humano-Máquina) es el punto en el que seres humanos y máquinas se ponen en contacto, transmitiéndose información mutuamente. Se dispondrá de una plataforma de software común, desde el terminal de operador al sistema distribuido, facilitando a los usuarios la forma de interactuar con la planta, independientemente de si están frente a un terminal de operador a pie d+e línea o en una sala de control central.
Domótica	Es el conjunto de sistemas automatizados de una vivienda que aportan servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación.

Fuente: elaboración propia con base en información de Brennan *et al.* (2008), Omron (2003, 2009a, 2009b), Fundación OPTI y Fundación Ascam (2007), Fundación OPTI e IDEA (2008).

Anexo 5. Otras políticas en torno a las TIC⁴⁶

El manejo de los temas relacionados con esta agenda corresponde al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (Mintic), el cual tiene como objetivos definir y promover políticas que garanticen su acceso, uso y apropiación entre los ciudadanos, así como el desarrollo y competitividad de la industria. De otra parte, se encuentra la Comisión Reguladora de Comunicaciones (CRC) como organismo regulador del mercado, que tiene el propósito de garantizar el acceso y la calidad en la prestación de los servicios de comunicación personal.

Otras entidades importantes son la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, la cual está encargada de ejercer vigilancia y control sobre las empresas de telefonía fija, y la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), que lleva a cabo estas mismas funciones sobre las empresas que prestan los servicios de Internet y telefonía móvil. Igualmente, aparece la CNTV como un organismo independiente del Ministerio, el cual gestiona la utilización de parte del espectro electromagnético, los recursos obtenidos de la televisión (abierta y por suscripción) y la promoción de los derechos de los televidentes. Por último, se encuentra la recientemente creada Agencia Nacional del Espectro (ANE) cuyo objetivo es apoyar técnicamente al Ministerio en el manejo del espectro electromagnético, a fin de optimizar la asignación, control y vigilancia sobre quienes emplean este recurso público.

1. Planes y políticas sectoriales

Existen planes y políticas enfocados en promover el sector TIC, como el Plan Vive Digital, que reúne varias iniciativas y programas que, con la entrada de esta nueva política, dejan de estar vigentes, entre ellos el Plan Nacional de TIC 2008-2019, la política de Promoción de la Industria de Contenidos Digitales y la política para Fortalecer la Industria TI – FITI, esta última en concordancia con el Programa de Transformación Productiva orientada a desarrollar específicamente el sector TI “como uno de clase mundial”; el proyecto de Construcción de un Sistema de I+D+i de TIC en Colombia 2011-2014, así como el proyecto para la creación de un Sistema de Información Integral de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – Colombia TIC, entre otras. Se presentan a continuación los principales lineamientos de las políticas antes mencionadas.

46 El presente aparte fue preparado por Lizarazo (2010) para la Agenda TIC; sin embargo el equipo facilitador de la misma complementa el documento incluyendo las políticas sectoriales como el Programa de Transformación Productiva del MCIT, entre otros.

Plan Nacional de TIC 2008-2019

Este plan surge como respuesta a los compromisos adquiridos por parte del Gobierno en instancias internacionales, como la cumbre de la ONU sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), y las Cumbres Mundiales sobre la Sociedad de la Información (CMSI) alrededor de temas relacionados con las TIC, entre ellos: infraestructura, acceso, capacidades para su uso, apropiación y condiciones de seguridad. Para ello establece ocho ejes de política, unos de carácter transversal: a) comunidad, b) gobierno en línea, c) investigación, desarrollo e innovación, d) marco normativo, regulatorio e incentivos, y otros de tipo vertical: a) educación, b) salud, c) justicia y d) competitividad empresarial.

El eje de comunidad tiene como propósito lograr un acceso universal a las TIC y promover su uso y aprovechamiento. El eje de gobierno en línea plantea el apoyo de las TIC para la construcción de un Estado eficiente, transparente y participativo. El tercer eje propone incrementar las capacidades científico-tecnológicas del país de manera que favorezca la apropiación de las TIC entre la población. El cuarto eje tiene que ver con la formulación de un marco normativo que promueva la competencia entre los operadores privados y condiciones estables para la inversión, pero que a su vez favorezca la cobertura, precio y calidad de los servicios (Mincomunicaciones, 2008).

En relación con el eje de educación, este tiene como objetivos lograr que las TIC contribuyan a mejorar su cobertura y calidad, se den herramientas para la formación laboral y un mayor desarrollo de contenidos. Por su parte, el eje de salud plantea un incremento en la cobertura y calidad de estos servicios a través del fortalecimiento de la infraestructura tecnológica. El eje de justicia propone adoptar sistemas que optimicen la gestión del sector y faciliten el acceso ágil y oportuno a la información que genera. Por último, el eje de competitividad empresarial tiene como metas específicas incrementar el número de pequeñas empresas con conectividad y páginas web propias, y lograr que estas tecnologías contribuyan a mejorar su productividad, en cuanto a porcentaje de tareas sistematizadas y desarrollo de comercio electrónico (Mincomunicaciones, 2008).

Programa de Transformación Productiva – Desarrollando el sector de TI como uno de clase mundial (MCIT, 2008)

Este programa se fundamenta en cuatro grandes aspectos de fomento al sector de la tecnología de la información (TI) y Business Process Offshoring and Outsourcing (BPO&O): 1. Recurso humano, 2. Marco normativo, 3. Madurez de la industria, y 4. Infraestructura.

En el tema de recurso humano su orientación está dada a fomentar el bilingüismo, fomentar alianzas universidad – empresa – instituciones públicas, incrementar el número de créditos y becas, y desarrollar un sistema de información de instituciones educativas y recurso humano. En cuanto al marco normativo, las iniciativas están dadas hacia la optimización de la regulación aduanera, comercial, cambiaria y cambiante de la industrial, promover y concretar acuerdos de doble tributación con países estratégicos para ofrecer servicios de TI/BPO&O, crear un fondo de inversión de capital privado con recursos parciales de Bancoldex y generar líneas de créditos dedicados a la industria a través de Bancoldex.

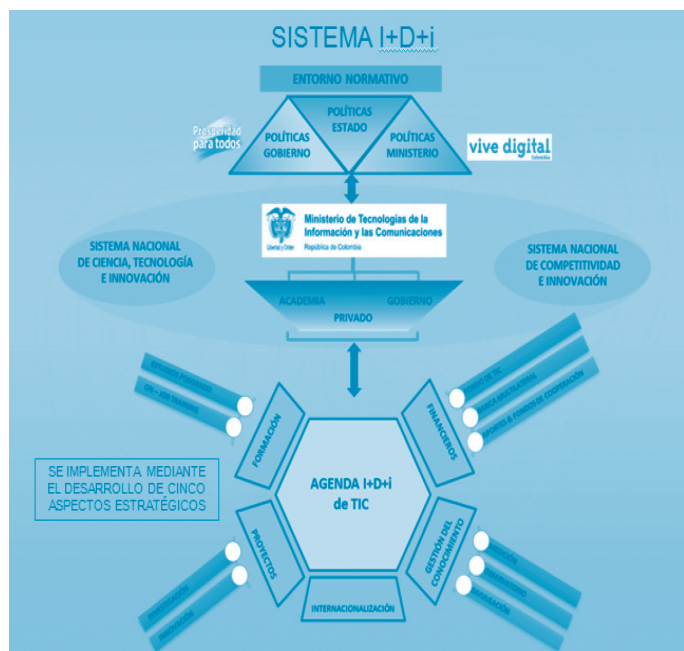
En cuanto a madurez de la industria, las iniciativas se desarrollan en torno a consolidar una asociación amplia e incluyente, aumentar la promoción del país en los ámbitos nacional e internacional como un proveedor de servicios y productos de TI/BPO&O, reforzar los programas de certificaciones de las empresas con el fin de facilitar su reconocimiento en el exterior, crear un programa de atracción de inversión extranjera a Colombia para TI/BPO&O con un esquema de “ventanilla única” de trámites e incrementar la participación del sector en los programas gubernamentales. Y finalmente, en infraestructura la apuesta en el sector está dada en desarrollar parques tecnológicos de servicios remotos y software con orientación comercial exportadora y aumentar la cobertura, mejorar la estabilidad y el acceso al servicio de telecomunicaciones, aprovechando la capacidad instalada no utilizada.

Construcción de un sistema de I+D+i de TIC en Colombia 2011-2014 (Mintic, 2011b)

La construcción de un sistema de I+D+i de TIC en Colombia plantea tres grandes áreas de desarrollo: un Centro de Bioinformática y Biología Computacional (CBBC), un centro de la industria TI orientado principalmente al desarrollo de contenidos digitales, aplicaciones móviles y software, así como el fomento de la industria de tercerización de servicios en Colombia. Para lo anterior, el sistema plantea la necesidad de un centro articulador que “coordina los distintos componentes del sistema, genera economías de escala e implementa estrategias de gestión e información articuladas”.

A finales del 2011, se propone como modelo del sistema de I+D+i la articulación de los cinco componentes o aspectos estratégicos con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, los diversos actores asociados y las políticas y normas nacionales, como se evidencia en la figura 43.

Figura 43. Modelo de sistema I+D+i en TIC



Fuente: Mintic (2011c).

1.2 Planes y políticas en el ámbito regional

Los recursos de inversión asignados al sector TIC en los planes de desarrollo de las ciudades y departamentos sede de la Universidad Nacional de Colombia, tienen un monto 273.160 millones de pesos (a precios corrientes) distribuidos entre 2008 y 2011, los cuales corresponden a un 0,58% del presupuesto de estos planes⁴⁷. Este porcentaje es considerablemente más bajo al que recibió el sector por parte del gobierno nacional durante el último año (4,79%); ello refleja que este tema normalmente ha sido manejado por entidades del nivel central y solo hasta hace poco comenzó a tenerse en cuenta por las autoridades municipales y departamentales.

Entre las ciudades y departamentos que asignan un mayor porcentaje de sus presupuestos de inversión (tabla 30) a las TIC, se encuentran Caldas (1,36%), seguido por Bogotá (0,66%) y Cundinamarca (0,54%); por su parte, destinan menores porcentajes Medellín (0,18%) y Arauca (0,10%). En términos per cápita, sobresalen Caldas y Bogotá (con \$33.219 y \$27.565, respectivamente), mientras que los territorios con menores inversiones son Cundinamarca (\$9.681), Medellín (\$5.741) y Arauca

47 Excepto los planes de desarrollo de Antioquia, Palmira y San Andrés, los cuales no reportan la información sobre recursos de inversión de forma desagregada por programas.

(\$2.788). Por otro lado, los planes de desarrollo de Antioquia, Palmira y Tumaco, si bien establecen algunos programas alrededor de este sector, no especifican los recursos asignados, mientras que en Manizales, San Andrés y Leticia no se consideran programas relacionados, lo cual refleja que estos territorios dependen de los recursos de orden nacional en temas como conectividad y dotación de equipos.

Tabla 30. Asignación presupuestal sector TIC en los Planes de Desarrollo Regional

Ciudad/Dpto.	Programas	Recursos (Millones de \$)	% del presupuesto	Recursos per cápita
Bogotá	2	202.980	0,660%	0,028
Cundinamarca	2	24.000	0,540%	0,010
Medellín	1	13.451	0,180%	0,006
Antioquia	5	n/d	n/d	n/d
Manizales	0	n/a	n/a	n/a
Caldas	2	32.500	1,360%	0,033
Palmira	2	n/d	n/d	n/d
San Andrés	0	n/a	n/a	n/a
Tumaco	1	n/d	n/d	n/d
Leticia	0	n/a	n/a	n/a
Arauca	1	229	0,100%	0,003

Fuente: Planes Plurianuales de Inversiones. Planes de Desarrollo 2008-2011.

En cuanto a la forma como es abordado el sector TIC en estos planes de desarrollo, se consideran cuatro enfoques diferenciados. En primer lugar, aquellos planes donde hace parte de sus objetivos de modernización de la gestión pública y el fortalecimiento institucional, como el caso de Bogotá, Cundinamarca, Caldas y Medellín. En segundo, aparecen los planes que incluyen el tema de TIC en sus objetivos de infraestructura e integración regional, lo cual ocurre en Antioquia, Tumaco y Arauca. En tercero, se consideran los planes donde se formula en los objetivos de crecimiento económico y sectorial, siendo el caso de Caldas y Palmira. Por último, se encuentran los planes que no plantean programas específicos alrededor de esta Agenda, en donde sus iniciativas hacen parte de otros temas como educación (conectividad y aulas virtuales) y servicios públicos domiciliarios (telefonía fija), lo cual ocurre en Manizales, San Andrés y Leticia.

1.2 Principales líneas de acción en el ámbito regional

Los programas relacionados con este sector en el ámbito regional tienen que ver principalmente con el tema de conectividad, involucrando iniciativas sobre acceso a redes, dotación de equipos, capacitación y apropiación de tecnologías y centros de comunicación comunitaria. Un segundo conjunto de programas se centra alrededor de Gobierno en Línea, en el que se consideran acciones como el funcionamiento de portales web, sistemas de información para el ciudadano, transacciones en línea (trámites y contratación), interacción entre entidades públicas y mecanismos de rendición de cuentas. Una tercera línea comprende la utilización de las TIC como apoyo para el desempeño del sector educativo, y para ello aborda aspectos de conectividad, dotación de equipos, aulas virtuales, desarrollo de contenidos y formación al personal docente. Por último, existen otros programas relacionados con apoyo a algunos renglones del sector, como radiodifusión, centros de llamadas y software.

Anexo 6. Centro de investigación aplicada e innovación en TIC - InTIColombia⁴⁸

InTIColombia es un proyecto que reúne y articula empresas, universidades y centros de investigación nacionales e internacionales, con una propuesta efectiva y que da respuesta a las necesidades identificadas en el mercado y trazadas en políticas nacionales. Busca, además, impulsar entre sus integrantes y plasmar en la propuesta aspectos como la cultura de innovación, la creatividad, la orientación hacia el cliente, la reducción de *time to market*, la internacionalización, el valor de las personas por encima de la tecnología y la infraestructura, la confianza, el trabajo en equipo, el optimismo y la excelencia, con el objetivo de llevar al mercado productos y servicios TIC innovadores que impacten en el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos y en el aumento de la productividad y competitividad de las empresas.

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, “la locomotora de la innovación es fundamental si Colombia quiere continuar con altas tasas de crecimiento; es una política transversal al igual que el uso de las TIC. Las TIC y la innovación se presentan como los rieles sobre los cuales avanzan las demás locomotoras del país”. Teniendo en cuenta lo anterior, InTIColombia es la apuesta por incentivar la I+D+i en TIC para el país, y apunta a reducir principalmente la brecha de uso y apropiación de las Tecnologías de la Información por medio de servicios a la industria, proyectos de investigación, transferencia tecnológica, laboratorios especializados para el desarrollo de contenidos digitales, aplicaciones móviles y servicios de tercerización de alto valor, que generen impactos sociales, económicos y de generación de empleo a lo largo del territorio nacional, con una importante visión de negocio y emprendimiento orientados a mercados nacionales e internacionales.

El equipo de InTIColombia ha desarrollado un modelo de gestión que traza las políticas generales y define las reglas según las cuales va a operar el centro, por medio del cual se identifican y definen los roles de los actores, se propone un modelo de innovación abierta y evaluación de proyectos “Stage/Gate”, se evalúa la cadena de valor, se hace una definición de parámetros de propiedad intelectual y transferencia tecnológica, una propuesta general del modelo de sostenibilidad financiera, regulación interna y, por último, el esquema organizacional y de gobernabilidad. Igualmente se cuenta con una propuesta para la implementación de un observatorio TIC.

48 Este aparte fue desarrollado por el Equipo InTIColombia de la Universidad Nacional de Colombia, liderado por el profesor Pablo Enrique Rodríguez Espinosa.

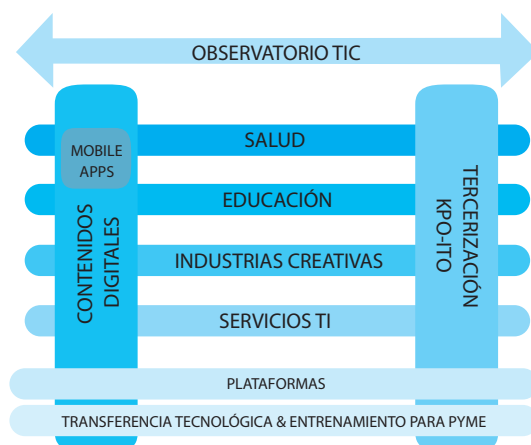
1. Objetivo

El objetivo de InTIColombia es dar apoyo de I+D+i al sector TI del país, con impactos sociales y económicos, de generación de empleo y riqueza, y en el mediano plazo convertirse en uno de los tres centros TIC más importantes de Latinoamérica.

2. Las líneas estratégicas: una oportunidad en el mercado mundial

Según el informe *Los beneficios económicos y sociales del uso de las TIC*⁴⁹, “las industrias que usan TIC son responsables de aproximadamente el 60% de todo el crecimiento relacionado con las TIC en el PIB”. Las industrias de aplicación de las TIC donde InTIColombia hará énfasis serán las industrias creativas (con énfasis en animación y videojuegos), servicios TI, salud y educación (ver figura 44).

Figura 44. Líneas estratégicas de InTIColombia



Fuente: elaboración propia.

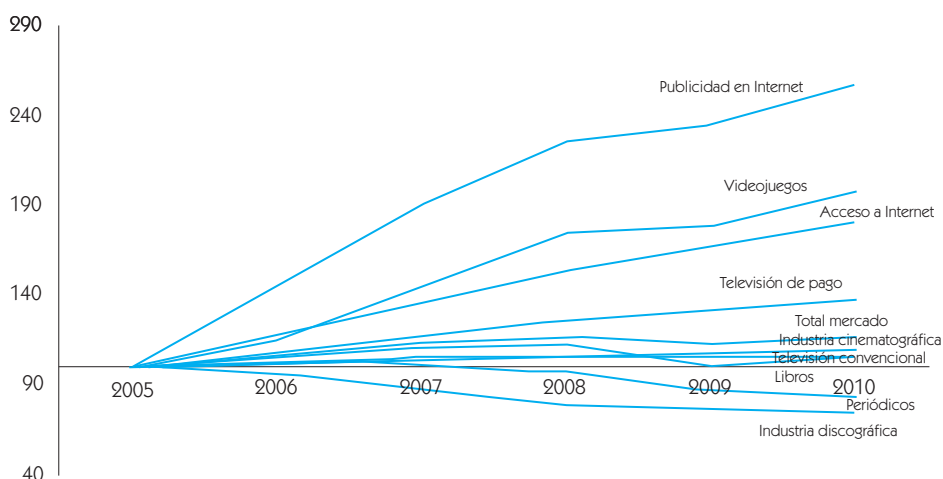
InTIColombia considera que el país debe diferenciarse y posicionarse en sectores especializados, de gran impacto social en todas las regiones del país, y con una importante visión de negocio y emprendimiento orientados a mercados nacionales e internacionales. A continuación se presentan algunos datos del mercado de cada una de las líneas, que permite visualizar el potencial para el país.

Industrias creativas: animación digital y videojuegos

Las industrias creativas han pasado a ser una industria de contenidos digitales, trayendo consigo nuevos esquemas y formatos de diseño, producción y distribución, y generando nuevas formas de interacción y nuevos modelos de negocio basados en la digitalización y transmisión electrónica de los contenidos.

Según el Informe de Contenidos Digitales 2011 de la Asociación de Empresas del Sector TIC, las Comunicaciones y Contenidos Digitales (Ametic), en el 2010 el mercado de medios y entretenimiento creció un 2,7% llegando a los 1.360 billones de dólares, en donde 8 de los 13 sectores que conforman este mercado, los cuales pertenecen a los contenidos digitales, obtuvieron cifras de crecimiento positivas (figura 45). Los sectores restantes, relacionados en mayor parte con contenidos físicos, presentaron pérdidas.

Figura 45. Comportamiento de los sectores de contenidos digitales



Fuente: PWC. Tomado de: Informe de la Industria de Contenidos Digitales 2011, Ametic.

Se proyecta el siguiente comportamiento para las industrias creativas:

El sector de videojuegos se proyecta en 2012 con un tamaño aproximado de USD249.000 millones y un crecimiento de 15%⁵⁰. La industria cinematográfica podría alcanzar los USD11.000 millones y una tasa de crecimiento anual de 4%⁵¹.

50 Industria Mundial de la Animación: Estrategias, tendencias y oportunidades, Proexport (2010).

51 Industria Mundial de la Animación: Estrategias, tendencias y oportunidades, Proexport (2010).

En cuanto a cine, TV y juegos, Colombia es el tercer exportador de industrias creativas en la región con exportaciones de 750 millones de dólares⁵².

Durante los últimos años los ingresos del sector crecieron a una tasa compuesta anual del 12%, alcanzando un valor de US\$ 921 millones en el 2009⁵³.

Las industrias creativas representan entre 1,78% y 3,3% del PIB en Colombia⁵⁴.

En el mundo, las industrias creativas generan en promedio el 7% del PIB, representan el 3,4% del total del comercio mundial y vienen creciendo anualmente cerca de 9%⁵⁵.

Tercerización de servicios de alto valor⁵⁶

La tercerización de servicios de ingeniería cuenta con un mercado de 280 billones de dólares. De lo anterior, se considera un potencial de 100 billones para ser tercerizados *offshore*. Actualmente solo se aprovecha el 20% de este mercado.

El mercado global de videojuegos alcanza los 50 billones de dólares, de los cuales sólo se tercerizan 3 billones.

La animación tiene un mercado de 10 billones de dólares.

El 70% de las compañías tercerizan el 40% de sus procesos en la creación de videojuegos.

En salud, el mercado global de tercerización se proyecta a 45 billones de dólares para el 2015.

Colombia podría aspirar a un mercado de 707 millones de dólares en procesos de tercerización de conocimiento para el 2014 y a 400 millones en tercerización de procesos de TI, los cuales podrían ascender a 515 millones en 2015.

52 Las exportaciones de servicios de América Latina y su integración en las cadenas globales de valor (Cepal, 2009).

53 Invest in Bogotá

54 <http://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/el-potencial-creativo-colombiano/99735>

55 Creative Economy Report (2008), de Naciones Unidas

56 Colombia, Latin America's hidden outsourcing jewel (Tholons, 2010).

La tercerización de servicios también se proyecta como una fuente de trabajo altamente calificado; según ITO, ESO y KPO, se requerirán en Colombia al menos 20 mil empleos de tiempo completo para el 2014.

Salud

En Colombia existen algunas iniciativas en cuanto a la promoción y el uso de contenidos digitales en el sector de la salud; estas iniciativas en su promoción son llevadas a cabo fundamentalmente por el Ministerio de Protección Social y las Secretarías de Salud Territoriales. Por otra parte en su uso, se destaca en la implementación de nuevos servicios de salud por parte de los Centros de Telemedicina del país.

A continuación se presentan algunas tendencias del mercado que dejan ver la gran oportunidad que existe en la creación y contenidos digitales en salud:

Mercado de la telemedicina en el mundo para 2015 será de US\$ 18 billones⁵⁷.

Mercado actual de e-salud es de US\$ 96 billones⁵⁸.

Para 2020, la población de tercera edad será mayor que la población joven, con el consecuente aumento de las enfermedades crónicas. La demanda de servicios de salud será mayor⁵⁹.

Según estudios internacionales, los ahorros en el servicio de salud se calculan cercanos al 66% al hacer uso de la telemedicina. Esta información se ha validado en Colombia a través de la experiencia del Centro de Telemedicina de la Universidad Nacional de Colombia, que demuestra un ahorro porcentual del 66%⁶⁰.

El 90% de la población mundial vive en zonas de cobertura de telefonía móvil, que es la plataforma para *m-Health*. Si la infraestructura para ofrecer servicios de salud son los móviles, la red de salud está establecida⁶¹.

57 Global Telemedicine Market, Global Industry Analysts Inc. (2009).

58 The Economics of eHealth, Results for Development Institute, Julian Schweitzer y Christina Synowiec (2010).

59 United Nations, 2004. World Population to 2300. Department of Economic and Social Affairs / Population Division. United Nations Publication, New York.

60 Telemedicina en Colombia: Salud Móvil, Propuesta InTIColombia, Grupo BioIngenium. Disponible en <http://www.bioingenium.unal.edu.co/>

61 The Economics of eHealth, Results for Development Institute, Julian Schweitzer y Christina Synowiec (2010).

Educación

Los contenidos digitales educativos se componen de objetos digitales, entendiendo objeto digital como el “conjunto de recursos digitales que pueden ser utilizados en diversos contextos, con un propósito educativo”⁶², los cuales se pueden clasificar en diferentes niveles de agregación (Aenor 2009):

Media: fotografía, ilustración, video, animación, música, efecto sonoro, locución, audio compuesto, texto narrativo, hipertexto, grafismo, media integrado.

Sistema de representación de información o conocimiento: base de datos, tabla, gráfico, mapa conceptual, mapa de navegación, presentación multimedia, tutorial, diccionario digital, enciclopedia digital, publicación digital periódica, Web/portal temático o corporativo, wiki, weblog.

Aplicación informática: herramienta de creación/edición multimedia, herramienta de creación/edición web, herramienta de ofimática, herramienta de programación, Herramienta de análisis/organización de información/conocimiento, herramienta de apoyo a procesos/procedimientos, herramienta de gestión de aprendizaje/trabajo individual/cooperativo/colaborativo.

Servicio: servicio de creación/edición multimedia, servicio de creación/edición web, servicio de ofimática, servicio de programación, servicio de análisis/organización de información/conocimiento, servicio de apoyo a procesos/procedimientos, servicio de gestión de aprendizaje/trabajo individual/cooperativo/colaborativo.

Contenido didáctico: lecturas guiadas, lección magistral, comentario de texto-imagen, actividad de discusión, ejercicio o problema cerrado, caso contextualizado, problema abierto, escenario real o virtual de aprendizaje, juego didáctico, webquest, experimento, simulación, cuestionario, examen, autoevaluación.

Un tipo especial de contenidos digitales educativos son los recursos educativos abiertos (REA) los cuales son ofrecidos abiertamente por Internet y sin costo para profesores, alumnos y autodidactas a fin de que sean usados y reutilizados para enseñar, mientras se aprende y se investiga (OCDE, 2008).

3. Siguiendo etapas

Actualmente, InTIColombia se ha integrado al Ecosistema de Innovación para la Región Capital, megaproyecto que busca desarrollar programas y proyectos que permitan fortalecer la competitividad, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y

62 Ministerio de Educación Nacional.

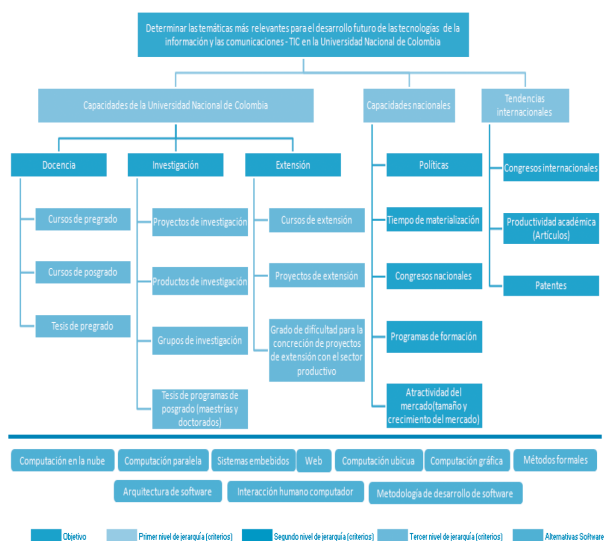
cerrar las brechas económicas, sociales, culturales, científicas y tecnológicas de la región. El Ecosistema de Innovación para la Región Capital es uno de los proyectos priorizados por la Región Capital en el proceso de regalías 2012, en donde el componente TIC es liderado por el equipo de InTIColombia, y donde además se aporta valor desde las TIC a componentes de cultura de innovación, articulación de actores, transferencia tecnológica, emprendimiento y apropiación de CT+I.

De forma paralela, InTIColombia se encuentra estableciendo alianzas con otros centros de I+D+i como lo es Artica, con el fin de llevar a cabo proyectos de cooperación nacional, así como atender problemáticas comunes, como lo es el caso de los términos de propiedad intelectual y transferencia tecnológica, de vital importancia para el correcto funcionamiento del sector, pero que actualmente presentan dificultades significativas. Desde la Universidad Nacional de Colombia se están formulando propuestas de orden nacional para resolver estas dificultades.

Anexo 7. Priorización de subtemas de desarrollo endógeno de las TIC

En la priorización se utilizó el método PAJ para la determinación de los pesos de los criterios, y la evaluación de los criterios cualitativos y la matriz de decisión para la ponderación de las alternativas. Para lo anterior, fue necesaria la definición de la estructura jerárquica, y la determinación de los pesos de los mismos mediante la agregación de los juicios de los expertos participantes⁶³. En la figura 46 se muestra la estructura jerárquica que involucra los criterios y subcriterios establecidos, la cual plantea una visión sistemática de los elementos que determinan la dinámica de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC, en la Universidad Nacional de Colombia, el ámbito nacional e internacional.

Figura 46. Estructura jerárquica. Agenda de Conocimiento TIC - UN



Fuente: elaboración propia.

63

En todo el proceso de decisión multicriterio fue necesaria la participación de los expertos determinados por la VRI de la Universidad y la búsqueda de información secundaria para la definición y cuantificación de criterios, sub-criterios y alternativas (sub-temas). En el caso de la evaluación de los pesos de los criterios y cuantificación de los criterios cualitativos se aplicó un cuestionario, enviado vía correo electrónico a los expertos, obteniéndose la participación de tres expertos de los diecisiete que conforman la Agenda.

A continuación se presenta una breve definición de cada uno de los criterios planteados en la estructura jerárquica.

Tabla 31. Definición de criterios

Nombre del criterio	Definición
Primer nivel de jerarquía	
Capacidades de la Universidad Nacional de Colombia	Se entiende como los recursos que provienen de las tres misiones de la Universidad, frente a la posibilidad de desarrollo de cada una de las alternativas propuestas.
Capacidades nacionales	Se definen como los recursos derivados de las acciones políticas, económicas, tecnológicas y educativas para el fomento de cada una de las alternativas propuestas
Tendencias internacionales	Son todas aquellas señales de avance técnico-científicos en cada una de las alternativas propuestas, medidas a través de indicadores como número de artículos y patentes
Segundo nivel de jerarquía	
Docencia	Primera misión de la Universidad, que determina las capacidades del recurso humano formado en la Universidad en cada una de las alternativas propuestas.
Investigación	Segunda misión de la Universidad, que determina las capacidades de creación de nuevo conocimiento y aporte técnico-científico a los problemas y necesidades de la sociedad.
Extensión	Tercera misión de la Universidad, que determina las capacidades de transferencia y apropiación del conocimiento generado en la Universidad hacia los diversos actores de la sociedad como Gobierno, sector empresarial y entidades de apoyo.
Políticas	Número de políticas nacionales que fomentan el desarrollo o apropiación de las alternativas definidas.
Tiempo de materialización	Tiempo estimado para la materialización, adopción, desarrollo y uso de las alternativas de estudio. Este es un criterio cualitativo que será evaluado a través del AHP.
Congresos nacionales	Número de congresos nacionales previstos para el año 2011, relacionados con las alternativas propuestas.
Programas de formación	Número de programas de formación nacionales vigentes al 2011 relacionados con las alternativas de estudio.
Atractividad del mercado	Percepción del crecimiento y tamaño del mercado en Colombia de cada una de las alternativas definidas.

Continuación de la tabla 31. Definición de criterios

Nombre del criterio	Definición
Congresos internacionales	Número de congresos de carácter internacional previstos para el año 2011, relacionados con las alternativas propuestas.
Productividad académica	Número de artículos alojados en la base de datos Science Direct, entre el año 2006 al 2011 y que referencien cada una de las alternativas en el título, resumen o palabras clave.
Patentes	Número de patentes referenciadas en la base de datos Espacenet, entre el año 2006 al 2011 y que referencien cada una de las alternativas en el título o resumen.
Tercer nivel de jerarquía	
Cursos de pregrado	Números de cursos de pregrado de la UN vigentes en los últimos cinco años que incluyan temas relacionados con las alternativas propuestas.
Cursos de posgrado	Números de cursos de maestría o doctorado de la UN vigentes en los últimos cinco años que incluyan temas relacionados con las alternativas propuestas.
Tesis de pregrado	Número de tesis sustentadas entre el año 2006 al 2011 por estudiantes de pregrado de la UN, relacionadas con las alternativas definidas.
Proyectos de investigación	Número de proyectos de investigación desarrollados en la UN entre los años 2003 al 2010 relacionados con las alternativas.
Productos de investigación	Número de productos clasificados como de nuevo conocimiento de la UN.
Grupos de investigación.	Número de grupos de investigación A1, A y B activos de la UN de acuerdo con la clasificación dada por Colciencias, que tienen como líneas de investigación alguna de las alternativas propuestas.
Tesis de posgrado	Número de tesis sustentadas entre el año 2006 al 2011 por estudiantes de maestría o doctorado de la UN, relacionadas con las alternativas definidas.
Cursos de extensión	Números de cursos de extensión de la UN vigentes entre el año 2006 y el 2011 que incluyan temas relacionados con las alternativas propuestas.
Proyectos de extensión	Número de proyectos de extensión desarrollados en la UN entre los años 2003 al 2010 relacionados con las alternativas.
Grado de dificultad para la concreción de proyectos de extensión con el sector productivo	Apreciación del nivel de dificultad para la concreción de proyectos de la UN con el sector productivo en las áreas definidas por las alternativas.

Fuente: elaboración propia.

Los pesos de los criterios expresan la importancia relativa de cada uno de estos para el decisor. En la determinación de cada uno de esos criterios se contó con la participación del panel de expertos, al cual se le aplicó nuevamente un cuestionario basado en la escala de comparación pareada descrita por Saaty (1994). Una vez se obtuvo el valor de los pesos globales y locales⁶⁴ de cada criterio y subcriterio, fue posible establecer la priorización de los mismos, con el fin de limitar la estructura jerárquica a los diez criterios más importantes para facilitar su análisis (tabla 32).

Tabla 32. Priorización de criterios

Prioridad	Criterio	Pesos locales	Pesos locales (II)	Pesos globales
1	Patentes	0,687	0,295	0,295
2	Proyectos de extensión	0,450	0,196	0,087
3	Grado de dificultad para la concreción de proyectos de extensión con el sector productivo	0,436	0,190	0,085
4	Congresos internacionales	0,193	0,083	0,083
5	Proyectos de investigación	0,361	0,166	0,074
6	Productos de investigación	0,284	0,130	0,058
7	Productividad académica	0,12	0,052	0,052
8	Grupos de investigación	0,211	0,097	0,043
9	Atractividad del mercado	0,306	0,038	0,038
10	Políticas	0,296	0,037	0,037

Fuente: elaboración propia.

De igual forma, de acuerdo con la percepción de los expertos frente al ejercicio de priorización realizado, se plantean las siguientes modificaciones con el fin de obtener mejores resultados:

Eliminar los criterios cualitativos: 1) Grado de dificultad para la concreción de proyectos de extensión con el sector productivo y 2) Atractividad del mercado, por ser criterios que fueron medidos con la opinión de solo tres expertos, lo cual no se consolida como una muestra representativa.

64 El peso local (L) significa la prioridad del sub-criterio en relación con el resto de criterios situados en el mismo nivel. El peso global (G) del sub-criterio, resultante de multiplicar su peso local por el peso global del criterio inmediatamente superior del que se descuelga el sub-criterio bajo consideración y relaciona la importancia del criterio para el objetivo global.

Medir el criterio grupos de investigación teniendo en cuenta los grupos que de acuerdo con la clasificación de Colciencias resultan ser los más dinámicos en su productividad. De esta manera se acota el conteo de grupos de investigación a los clasificados para el año 2010 en las categorías A1, A y B.

Medir el criterio productos de investigación teniendo en cuenta la calificación dada por Colciencias. En este sentido, para efectos de la priorización se opta por tener en cuenta los productos clasificados como de nuevo conocimiento, por resultar ser los más importantes (Colciencias, 2008).

A partir de la redefinición de la estructura jerárquica se modifican evidentemente los pesos asociados a los criterios seleccionados (diez más importantes), tal como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33. Pesos recalculados para la nueva estructura jerárquica

CRITERIOS			Pesos globales
Primer nivel de jerarquía	Segundo nivel de jerarquía	Tercer nivel de jerarquía	
Capacidades de la UN	Investigación	Proyectos de investigación (1)	0,125
		Productos de investigación (Nuevo conocimiento)	0,072
		Grupos de investigación (A, A1 y B)	0,096
	Extensión	Proyectos de extensión	0,153
Capacidades nacionales	Políticas		0,124
Tendencias internacionales	Congresos internacionales		0,092
	Productividad académica (artículos)		0,042
	Patentes		0,296

Fuente: elaboración propia.

Matriz de decisión

La matriz de decisión muestra los valores netos de cada uno de los criterios evaluados cuantitativa o cualitativamente. Fue necesario expresar los valores de los criterios en una escala común para poderlos comparar (matriz normalizada). Para llevar a cabo tal proceso, se calcula el porcentaje del total de la sumatoria de los valores para cada criterio. A modo de ejemplo se presenta la matriz de decisión para la priorización del tema software (tabla 34).

Tabla 34. Matriz de decisión – Software

CRITERIOS				ALTERNATIVAS SOFTWARE									
Primer nivel de jerarquía	Segundo nivel de jerarquía	Tercer nivel de jerarquía	Pesos globales	CN	CP	SE	Web	CU	CG	MF	AS	IHC	MDS
Capacidades de la UN	Investigación	Proyectos de investigación (1)	0,125	0	1	2	22	1	24	26	17	14	20
		Productos de investigación* (2)	0,072	0	0	1	43	0	60	107	166	1	4
		Grupos de investigación (A, A1 y B) (3)	0,096	0	1	0	3	0	2	6	4	0	4
	Extensión	Proyectos de extensión (4)	0,153	1	0	2	7	0	13	9	9	8	9
		Políticas (5)	0,124	2	0	0	6	0	2	0	3	0	3
Tendencias internacionales	Congresos internacionales (6)		0,092	69	29	31	193	11	18	4	9	7	6
	Productividad académica (artículos) (7)		0,042	226	1250	357	688	246	728	239	386	61	22
	Patentes (8)		0,296	295	1308	229	2316	87	752	5	425	63	5

(1), (2), (3) y (4) Vicerrectoría de investigación - UN (2003-2010).
(5) Lizarazo P. (2011). Síntesis a partir de una visión sobre planes de desarrollo y políticas públicas regionales y nacionales. Agenda de Conocimiento Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Documento preliminar para discusión. Vicerrectoría de Investigación – Universidad Nacional de Colombia; Plan Vive Digital y Programa de Transformación Productiva, MCTI.
(6) Academic Conference Worldwide (2011), <http://www.conferencealerts.com>
(7) Base de datos: Science Direct (2006-2011).
(8) Base de datos: Espacenet (2006-2011).
* Nuevo conocimiento

Fuente: elaboración propia.

Una vez se tienen los valores de cada criterio por alternativa (subtema), se calcula la suma ponderada, es decir se suma el producto del peso de cada criterio por su valor calculado y se ordenan las alternativas de mayor a menor valor. Se presentan los resultados resumidos de la priorización de las subtemas por temas de estudio: Software (tabla 35), Infraestructura (tabla 36), Hardware (tabla 37) y Gestión de la información (tabla 38).

Tabla 35. Orden de prioridad – Software

Sub-temática		Suma ponderada
1	Web	0,288
2	Computación gráfica	0,147
3	Arquitectura de software	0,143
4	Métodos formales	0,102
5	Computación paralela	0,096
6	Metodología de desarrollo de software	0,089
7	Computación en la nube	0,053
8	Interacción humano computador	0,041
9	Sistemas embebidos	0,031
10	Computación ubicua	0,011

Fuente: elaboración propia.

Tabla 36. Orden de prioridad – Infraestructura

Sub-temática		Suma ponderada
1	Comunicación móvil y personal	0,240
2	Televisión	0,201
3	Gestión de redes	0,161
4	Medios de transmisión	0,119
5	Redes de sensores	0,093
6	Redes de datos	0,064
7	Convergencia de sistemas de computación	0,057
8	Regulación y control del espectro	0,035
9	Protocolos	0,029

Fuente: elaboración propia.

Tabla 37. Orden de prioridad – Hardware

	Sub-temática	Suma ponderada
1	Sensórica	0,286
2	Automatización y robótica	0,216
3	Diseño electrónico	0,136
4	Equipos de comunicación	0,084
5	Optoelectrónica y fotónica	0,069
6	Interacción humano - computador	0,048
7	Nanotecnología	0,047
8	Miniaturización	0,040
9	Materiales para microsistemas	0,022
10	Sistemas embebidos	0,019
11	Computación paralela	0,018
12	Computación ubicua	0,013

Fuente: elaboración propia.

Tabla 38. Orden de prioridad – Gestión de la información

	Sub-temática	Suma ponderada
1	Almacenamiento de la información	0,319
2	Procesamiento de señales	0,201
3	Reconocimiento de patrones	0,103
4	Recuperación de la información	0,082
5	Visualización de la información	0,073
6	Descubrimiento de conocimiento y minería de datos	0,064
7	Aprendizaje de máquina	0,060
8	Fusión de información	0,058
9	Representación del conocimiento	0,025
10	Sistemas bioinspirados	0,013

Fuente: elaboración propia.

Agenda:

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES, TIC

Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2013,
en los talleres de Javegraf, calle 46 No. 82-54 Int. 2,
Bogotá, D. C., Colombia.

En su diagramación se utilizaron caracteres Kabel Bk BT.

Se utilizó papel propalmate de 90 gramos y, en la cubierta, papel propalcote de 240 gramos.



Las Agendas de Conocimiento son el resultado de una iniciativa incluida dentro del Plan de Desarrollo 2010-2012 de la Universidad Nacional de Colombia, que buscó, a través de una construcción colectiva de la comunidad académica, plantear horizontes sobre el direccionamiento del conocimiento generado en la Universidad aplicado a las realidades nacionales e internacionales. En dichos instrumentos se consolida, para doce áreas de conocimiento interdisciplinar, un diagnóstico de las capacidades con que cuenta la Universidad y de sus perspectivas futuras de desarrollo.

Las Agendas de Conocimiento son uno de los insumos básicos para consolidar el **Sistema de Investigación de la Universidad Nacional (SIUN)** en el marco del Plan de Desarrollo 2013-2015, y son fundamentales en el proceso de articular las potencialidades de trabajo de la Universidad con los requerimientos de la sociedad en términos de aportar soluciones a sus problemáticas. Estas Agendas han facilitado, entre otras acciones, la activa participación de la Universidad en el desarrollo de proyectos financiados por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías. De la misma forma se han convertido en una herramienta muy útil para que la Universidad contribuya a generar políticas públicas.

Alexánder Gómez Mejía

Vicerrector de Investigación

(2012-2014)



Plan Global de Desarrollo 2010-2012

Plan Global de Desarrollo 2013-2015



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA**

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN