

ANEXO B: DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE I+D EN TECNOLOGÍAS SATELITALES

1 ORGANIZACIÓN DE LA I+D

En las dos últimas décadas y muy paulatinamente, el Gobierno colombiano ha tomado conciencia de la importancia que han cobrado las actividades de ciencia y tecnología en la generación de valor agregado en los productos y servicios para mejorar su competencia en mercados internacionales e incluso nacionales teniendo en cuenta las actuales políticas globalizantes, no solamente en términos de bienes y servicios sino también en la calidad del talento nacional. Siguiendo este propósito, empiezan a sumarse esfuerzos en las universidades para crear los primeros programas de doctorado en 1980 y nueve años después durante el Gobierno de Virgilio Barco, se declara el “Año de la Ciencia y la Tecnología” donde diferentes actividades cobran fuerza y se inician otras nuevas tendientes a construir una cultura de conocimiento, desarrollo tecnológico y dinamización de la interacción de los sectores académico y productivo bajo un modelo de cooperación que fomente la transferencia de información y conocimiento con la intención de modernizar y fortalecer la infraestructura de investigación y desarrollo del país.

Entre las actividades sucedidas durante ese año, la más importante fue la “Misión de Ciencia y Tecnología” que convocó a varios científicos colombianos para establecer una verdadera política en estas materias. Los resultados de esta, se materializaron en la ley 29 de 1990 por la cual se crea el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología SNCyT como *“un sistema abierto, no excluyente, del cual forman parte todos los programas, estrategias y actividades de ciencia y tecnología, independientemente de la institución pública o privada o de la persona que los desarrolle”*. A partir de esta definición, es importante aclarar que no es una entidad o conjunto de personas, sino más bien, un mecanismo de promoción y coordinación de actividades. Teniendo en cuenta que no define específicamente quiénes o cuáles son sus integrantes, se entiende que su carácter abierto y no excluyente involucra a todo aquel que realice actividades en el dominio de la Ciencia y la Tecnología, es decir, mientras se adelante una actividad de este tipo se forma parte del sistema y el estado deberá apoyar estas iniciativas independientemente del carácter público o privado de la institución o persona proponente.

El establecimiento del SNCyT representó para Colombia el mayor avance en la construcción de estrategias tanto de generación y promoción de la actividad científica y técnica como de desarrollo social y económico derivado de los resultados de las actividades nacionales de I+D en áreas del conocimiento estratégicamente definidas. Para este efecto, el SNCyT se organiza en Programas de Ciencia y Tecnología Nacionales o Regionales, los cuales constituyen un conjunto de objetivos, metas y tareas derivadas de la identificación de carencias y necesidades científicas y tecnológicas en áreas específicas, para que a través de proyectos y actividades complementarias ejecutadas por universidades, entidades públicas o privadas e incluso personas naturales se logre un mayor dinamismo y coordinación en la canalización de los resultados hacia el

mejoramiento de las condiciones vigentes y a la formación de talentos. Actualmente existen once Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología como se muestra en la **Figura 2**, sin embargo, cuando el dominio de los programas nacionales no incluyen las prioridades regionales se crean Programas Regionales de Ciencia y Tecnología para ofrecer apoyo y coordinación en todo el territorio nacional.

Para el interés de este documento, es pertinente precisar que la actividad científica y técnica alrededor de los sistemas de comunicaciones por satélite se concentra en el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Electrónica, Telecomunicaciones e Informática (ETI), cuyo propósito desde su creación en 1991, ha sido *“promover, fomentar y apoyar la generación de conocimiento, la innovación y el desarrollo tecnológico en ETI a través de la formación permanente del recurso humano, de la transferencia e intercambio de tecnologías y de una continuada actividad científico-tecnológica en forma conjunta entre la academia y los sectores productivos con efectiva interacción a nivel internacional”*.

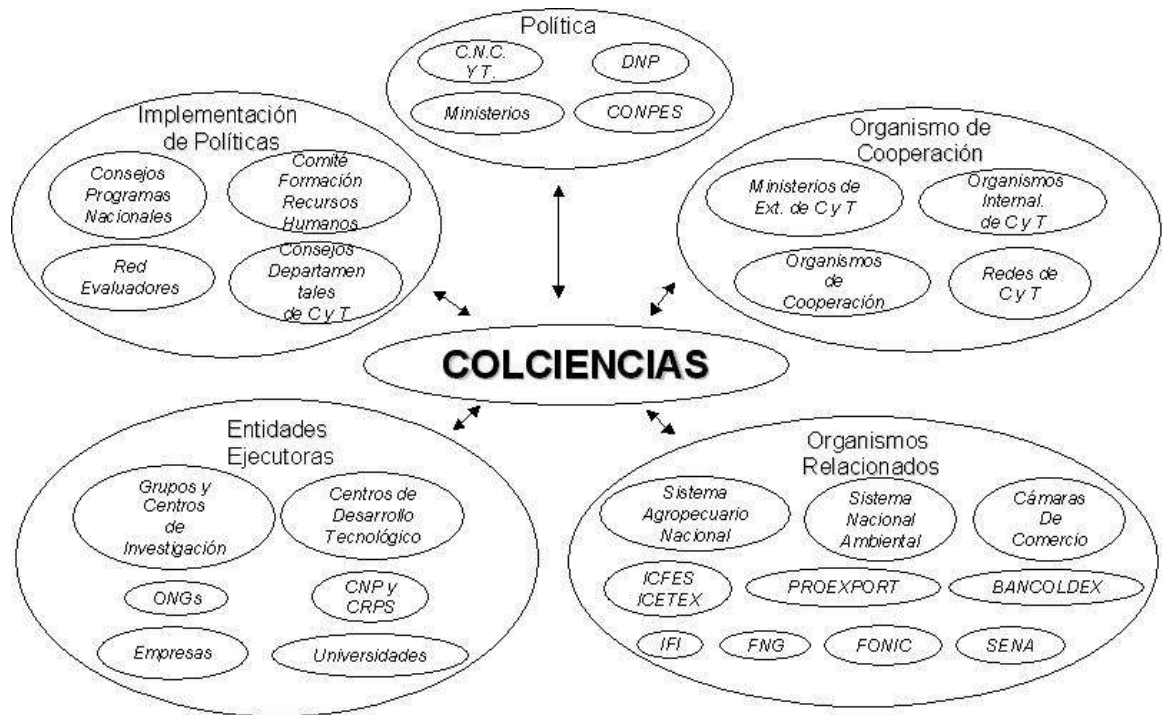
Este programa concentra estas tres disciplinas de la ingeniería como resultado de la convergencia de sus dominios de estudio, teniendo presente que un avance en cualquiera de ellos representa necesariamente un adelanto para las demás. En este sentido, el Programa ETI patrocina conjuntamente el desarrollo de estas disciplinas, establece los planes estratégicos y la asignación de recursos sin discriminar entre cada área, sino más bien, realizando una inversión transversal sobre todo el conjunto. Es importante resaltar además que actualmente este programa declara en una de sus líneas de acción la intención de apoyar el desarrollo de proyectos en Tecnología Satelital.

Cada Programa Nacional de Ciencia y Tecnología está dirigido y coordinado por un Consejo de Programa Nacional, el cual es el encargado de gestionar los recursos de fuentes públicas y privadas, trazar los planes de investigación, fomento, divulgación, fortalecimiento y financiamiento del respectivo Programa, así como de la evaluación y seguimiento a las diferentes iniciativas de I+D en cada una de sus líneas de acción. Cada consejo está integrado por las personas que indique el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CNCyT) y por un delegado del Departamento Nacional de Planeación (DNP), un delegado de COLCIENCIAS, uno o más investigadores y miembros del sector privado.

El SNCyT actualmente involucra a todos los ministerios, el sector público y privado y en general, a todas las personas y entidades que se dediquen a actividades de ciencia y tecnología como muestra la **Figura 1**, sin embargo existe una estructura de dirección y coordinación definida según la **Figura 2**, en la cual se distinguen el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, los Consejos de Programas Nacionales y el Comité de Formación de Recursos Humanos para la Ciencia y la Tecnología. Cada uno de estos organismos no constituyen estructuras administrativas independientes con personal de planta propio, sino que las responsabilidades derivadas de las funciones de cada uno, son asumidas por sus miembros como oficio adicional al adquirido en las instituciones a las que pertenecen, por lo cual no implican la contratación exclusiva de nuevo personal.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CNCyT) como elemento coordinador permanente del SNCyT y como asesor del Gobierno en materia de Ciencia y Tecnología se crea por el decreto 585 de 1991, el cual establece que está adscrito a la Presidencia de la República y lo integran el director del Departamento Nacional de Planeación (DNP), Ministro de Educación, Ministro de Agricultura, Ministro de Comercio Exterior, director del Sena, director de Colciencias, un Representante de la Universidad Pública, un Representante de la Universidad Privada, un Representante de la Comunidad Científica y un Representante del Sector Privado, quienes sesionan al menos cuatro veces al año para cumplir con las funciones consignadas en el decreto en mención, el cual establece que el CNCyT debe definir las estrategias para incluir la ciencia y tecnología en los planes desarrollo económico y social del Gobierno Nacional y además, definir los mecanismos para fortalecer el desarrollo de las comunidades científicas, la transferencia de conocimiento y tecnología, gestionar la cooperación entre organismos nacionales e internacionales, crear comisiones regionales y programas de CyT, orientar y definir criterios para la asignación de los recursos destinados a estos programas y realizar seguimiento de la gestión de CyT en el país, así como establecer los mecanismos de estímulo a los investigadores.

Figura 1: Entidades que forman parte del SNCyT

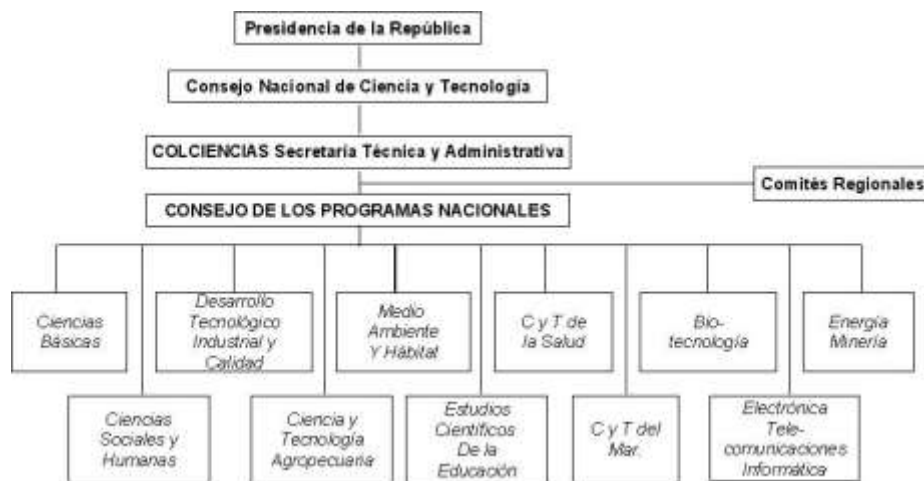


La secretaría técnica y administrativa del SNCyT, y como tal, del CNCyT y de cada uno de los Consejos de Programas Nacionales de CyT, es ejercida por *El Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología, Francisco José de Caldas COLCIENCIAS*, la cual a diferencia de todos los anteriores, es una entidad con personería jurídica,

personal de planta propio, autonomía administrativa y patrimonio independiente adscrita al Departamento Nacional de Planeación (DNP) que desde 1968 ha sido la encargada de fomentar y financiar las actividades de Ciencia y Tecnología en Colombia.

Hoy en día la actividad de COLCIENCIAS continúa orientada a generar y promocionar un ambiente adecuado para la generación y divulgación de conocimiento científico y tecnológico, pese a los cambios surgidos a partir de la promulgación de la ley 29 y los decretos 393, 585 y 591 de 1991, que la han reformado e incluso cambiado su nombre varias veces. El mayor efecto de esta legislación, fue la adscripción de COLCIENCIAS al DNP (ley 29/90), lo cual ha representado en primer lugar, la capacidad de incorporar la ciencia y la tecnología en la planeación del desarrollo social y económico del país y en segundo lugar, ha permitido articular la entidad con la academia, el sector industrial y empresarial, logrando un mayor impacto en el cumplimiento de su función.

Figura 2: Organismos Rectores del SNCyT

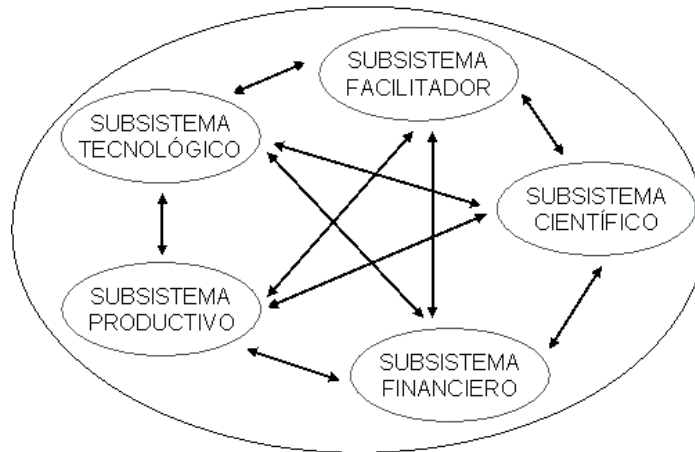


Para materializar la interacción de la academia y el sector empresarial e industrial, se crea en junio de 1995 por decisión del CNCyT el Sistema Nacional de Innovación (SNI), como un espacio social de aprendizaje, intercambio, acumulación y adaptación del conocimiento entre los actores relacionados tanto con la producción y comercialización de bienes y servicios como con la actividad científica y tecnológica en busca de mejoramiento y creación de nuevos productos y procesos, adaptación tecnológica y capacitación avanzada de trabajadores en pro del aumento de la capacidad productiva y competitiva, generación de empleo y el mejoramiento de la calidad de vida para un desarrollo social y económico sostenible en el país. En este sentido, se han involucrado al SNI diferentes actores y han constituido diferentes subsistemas, como muestra la **Figura 3**.

El Sistema Nacional de Innovación, impulsado por el liderazgo de las empresas, se orienta hacia la creación de una nueva visión en este sector, basada en la divulgación del conocimiento para su aplicación en el sistema de producción, la dinamización de la transferencia internacional de tecnología para acelerar el ingreso de productos nacionales

a mercados globales y la educación bajo modelos que promuevan la creatividad y la generación de conocimiento que beneficie el sector productivo nacional, de ahí que se considere como elemento fundamental de la política actual de desarrollo de la Ciencia y Tecnología dado su alcance en diferentes sectores y regiones de país.

Figura 3: Estructura del Sistema Nacional de Innovación



Para complementar la infraestructura colombiana de Ciencia y Tecnología, y aportar en la realización de diagnósticos sobre el estado y las dinámicas de Ciencia, Tecnología e Innovación y lo que es más importante, la producción de indicadores para realizar evaluaciones y comparaciones que permitan conocer la dinámica del SNCyT, se crea en 1999 el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) por un conjunto de 19 universidades entre estas la Universidad del Cauca y además, La Federación Nacional de Cafeteros, Colciencias y el DNP. A la fecha, el OCyT es una entidad dedicada tanto a la construcción de bases de información, como a la estructuración y estandarización de conceptos para la evaluación de la actividad del país en esta área.

2 DIAGNÓSTICO DE LA I+D EN TECNOLOGÍA SATELITAL

El primer resultado en la Formulación de La Avanzada de I+D en Tecnologías Satelitales AVANTES, fue la construcción de un diagnóstico que permitió inicialmente, identificar los actores en el dominio de la investigación en áreas de electrónica y telecomunicaciones con aplicación real o potencial a las tecnologías satelitales de comunicaciones. Al mismo tiempo, permitió estimar el recurso y talento existente dedicado a I+D, así como fortalezas, debilidades, retos y oportunidades que surgen paralelas al avance de la actividad de I+D en esta materia. De igual forma, este estudio facilitó el reconocimiento de los resultados obtenidos por los diferentes grupos y a partir de esto, conocer la dinámica real de la I+D realizada en Colombia alrededor de las tecnologías satelitales.

Este diagnóstico se orientó principalmente hacia las universidades, pues era ahí donde se consideraba estaba concentrada la totalidad de la I+D, por esta razón se denominó:

“Estudio de las Actividades de I+D relacionadas con las Tecnologías Satelitales de Telecomunicaciones en las Universidades”. Sin embargo, se incluyeron consultas a representantes de Operadores de Servicios Satelitales y expertos en el tema para ratificar completamente esta hipótesis y a partir de esta información, instrumentar estrategias y proponer los proyectos dentro de AVANTES de acuerdo a la realidad del momento en términos de condiciones económicas, técnicas y científicas.

Además de la evaluación de los procesos de investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental concernientes al concepto de Investigación y Desarrollo se incorporó al estudio en mención, el análisis de procesos de formación básica de los estudiantes aun cuando estos no se consideran parte de la I+D. Esta inclusión se realizó teniendo en cuenta la necesidad de conocer la calidad de la formación de los ingenieros de telecomunicaciones en el área de sistemas satelitales de telecomunicaciones como elemento fundamental en la definición de las temáticas y complejidad de los proyectos propuestos. En este sentido, los estudios de la situación actual en las universidades en términos de recursos presentes, talentos y capacidad técnico-económica constituyen una garantía para que los resultados de AVANTES se adapten completamente al entorno actual.

Figura 4: Dominio de Investigación del “Estudio de las Actividades de I+D relacionadas con las Tecnologías Satelitales de Telecomunicaciones en las Universidades”



Para la realización del estudio, se definió un dominio de investigación que contiene todas las áreas relacionadas directa o transversalmente con el conjunto de conocimientos, medios y procedimientos empleados por el hombre para ofrecer servicios de telecomunicaciones a través de satélites y/o la tecnología para el diseño o implementación de equipo para el segmento espacial o segmento terreno.

Estas áreas se presentan en la

Figura 4 y su elección fue el resultado de un periodo de apropiación de conocimiento y tecnología pertinente al área, que han adelantado los desarrolladores valiéndose de

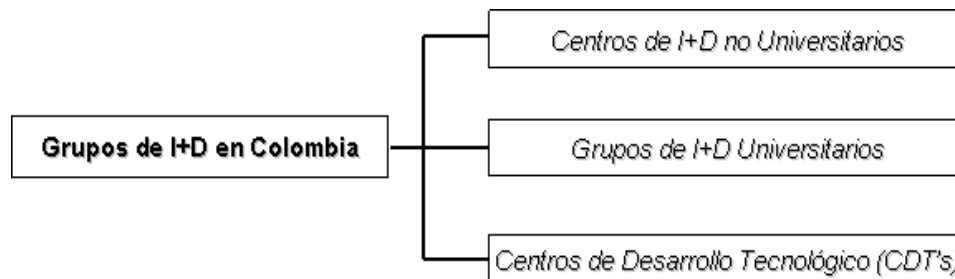
herramientas bibliográficas, herramientas software y experiencias logradas en diferentes cursos en el Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, así como, el intercambio de opiniones con miembros de diferentes universidades del país donde existen grupos de interés o investigación en el área. El resultado es notablemente un conjunto de amplias áreas del conocimiento, definidas así, con el ánimo de evitar caer en detalles que conduzcan a excluir temáticas o a dificultar el entendimiento de los resultados.

2.1 ACTORES DE LA I+D

Como actores de la Investigación y Desarrollo I+D en tecnologías satelitales, se consideran los organismos de los Subsistemas Científico y Técnico del Sistema Nacional de Innovación que definen líneas de I+D pertinentes al dominio de Investigación expuesto en la

Figura 4. A partir de esta referencia se han examinado los Centros de I+D empresariales, los Centros de Desarrollo Tecnológico y los Grupos de I+D del sector de la Electrónica, Telecomunicaciones e Informática (ETI) establecidos en Colombia, para definir cuáles de estos se constituyen como actores de la I+D en tecnologías satelitales de comunicaciones basándose en información obtenida de las bases de datos públicas de Colciencias (CvLAC y GrupLac, OCyT, SNI, SNCyT) e información recolectada en las reuniones con miembros de Grupos de I+D y representantes de empresas del sector como se aclara en este Anexo. Cada uno de los organismos identificados como actores de la I+D en el dominio de las tecnologías satelitales se presentan por categorías de acuerdo a la **Figura 5**

Figura 5: Actores de la I+D en Colombia



2.2 GRUPOS DE I+D UNIVERSITARIOS

Los grupos universitarios de I+D son conjuntos de docentes y estudiantes que comparten las mismas áreas de interés y como tal, se reúnen en torno a determinada línea de Investigación para desarrollar proyectos que contribuyan tanto a la formación de sus

integrantes como al fortalecimiento del grupo buscando al mismo tiempo que estos esfuerzos redunden en el beneficio de la sociedad a través de un impacto sociotecnológico representado en el mejoramiento o implementación de nuevos productos o servicios.

La forma en que se realiza I+D en estos grupos es a través de los proyectos de grado de los estudiantes tanto de pregrado como de postgrado, de tal manera que los directores de estos trabajos, los orientan hacia una de las líneas de investigación definidas por el grupo de acuerdo al recurso existente en la universidad y perfil o interés de cada estudiante, lo cual garantiza la evolución progresiva y sostenible del grupo y sus integrantes. Esta metodología permite que este tipo de grupos enfrenten proyectos de gran escala, los cuales se adelantan a través del establecimiento de proyectos más pequeños que pueden ser desarrollados por estudiantes como trabajo de grado o proyectos de laboratorio como parte de su formación en pregrado.

De acuerdo con lo anterior, en cada uno de los programas de ingeniería debe existir al menos un grupo como elemento coordinador de las actividades de I+D, de manera que exista un dominio de investigación y aplicación definidos para garantizar un avance organizado en la apropiación de conocimiento, adquisición de experiencias científicas e impacto en la sociedad. En otras palabras, los grupos universitarios de I+D son quienes definen la vocación del programa de ingeniería y se encargan de armonizar los resultados de cada proyecto para que sean escalables en la construcción de conocimiento que soporte futuros desarrollos, de ahí que sea inminentemente necesario que los docentes hagan una buena labor de orientación de los grupos. Por esta razón existe hoy en día una preocupación general dentro del SNCyT que ha generado una fuerte inversión por parte del gobierno en la formación doctoral de investigadores, lo que justifica que muchos docentes que hacen parte de Grupos de I+D se encuentran realizando estudios fuera del país con el propósito de fortalecer y orientar a su regreso las actividades de los grupos y la forma en que los proyectos desarrollados al interior de estos pueden aportar al crecimiento y desarrollo del país en materia socio tecnológica. Hay que reconocer que esta situación representa un presente complicado para los grupos dado que el frecuente cambio de docentes genera desestabilización que se refleja en la orientación de los grupos.

En Colombia el esfuerzo por establecer un sistema de información que contenga información de los grupos de I+D existentes en el país, así como las características de cada uno en términos de líneas de I+D, áreas de aplicación, proyectos en curso e incluso contactos de sus miembros, apenas empieza a dar resultados con la implementación del "Directorio de Grupos" implementado por Colciencias. La dificultad por mantener completa y actualizada esta información representa una dificultad para garantizar la interacción entre los grupos al momento de intercambiar información, resultados e incluso en el establecimiento de equipos interinstitucionales e interdisciplinarios. El establecimiento de este sistema de información representa un gran avance en la estimación de la capacidad nacional en ciencia y tecnología, como tal, también se constituye como un mecanismo de promoción y divulgación de resultados de los grupos de I+D en el país.

La información más reciente consignada en el Directorio de Grupos comprende los grupos registrados hasta septiembre de 2004 y de acuerdo a esta información, en Colombia existen doscientos treinta y siete grupos de I+D asociados al Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática (ETI). Este conjunto de grupos ha sido analizado para identificar los grupos cuyas líneas de investigación se enmarcan dentro del dominio de investigación definido para la realización de este estudio y dentro de este proceso se identificaron en las áreas de electrónica y telecomunicaciones los grupos citados a continuación.

Área de Telecomunicaciones

1. GITUD (Grupo de Investigación en Telecomunicaciones de la Universidad Distrital) – Universidad Distrital. Bogotá
2. Grupo de Electrónica y Sistemas de Telecomunicaciones – Universidad de los Andes. Bogotá
3. Centro de Estudios para la Gestión de Servicios en Redes – Universidad de los Andes. Bogotá
4. Grupo de Investigación Sistemas de Información, Sistemas Distribuidos y Redes de Computadores (SIDRE) - Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
5. Telecomunicaciones y Señales – Fundación Universitaria del Norte. Barranquilla.
6. Tecnologías de la Información - Universidad Autónoma de Bucaramanga. Bucaramanga.
7. Grupo ICESI de Informática y Telecomunicaciones (I2T) – Universidad ICESI. Cali.
8. GIDATI (Grupo de Investigación, Desarrollo y Aplicación en Telecomunicaciones) – Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín.
9. Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones – Universidad de Manizales. Manizales.
10. Grupo en Ingeniería Telemática (GIT) – Universidad del Cauca. Popayán.
11. Grupo de Control y Procesamiento Digital de Señales – Universidad Nacional de Colombia. Manizales.
12. GITUN (Grupo de Investigación de Teleinformática de la Universidad Nacional de Colombia) - Universidad Nacional de Colombia. Bogotá
13. GNTT (Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones) – Universidad del Cauca. Popayán.

14. ANACONDA – Universidad Cooperativa de Colombia. Popayán.
15. Desarrollo de Hardware y Software para Procesos de Ingeniería – Universidad Autónoma de Occidente. Cali.
16. Grupo de Investigación en Conectividad y Procesado de Señal – Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
17. Computación Móvil y Banda Ancha COMBA I+D – Universidad Santiago de Cali. Cali
18. Comunicaciones Móviles y de Banda Ancha - Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
19. Electrónica y Telecomunicaciones - Corporación Universitaria de la Costa.
20. Grupo de Nuevas Tecnologías de la Información - Universidad Cooperativa de Colombia. Popayán.
21. Grupo de Investigación en Telecomunicaciones “TELEMENT-FUKL” - Fundación Universitaria Korand Lorenz.
22. GT - Corporación Universitaria de Investigación y Desarrollo. Bucaramanga.
23. GINTEL - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso.
24. Grupo de Tratamiento de Señales y Telecomunicaciones. Universidad Surcolombiana. Neiva.
25. Redes Computacionales y Telecomunicaciones - Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta
26. GIDT (Grupo de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones) – Universidad Distrital Francisco de Paula Santander. Cúcuta.
27. RadioGis – Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga
28. Grupo de Investigación en Ingeniería Electrónica - Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga.
29. GITEL - Universidad de Pamplona. Pamplona.

Área de Electrónica

1. Laboratorio de Automática, Microelectrónica e Inteligencia Computacional LAMIC - Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.
2. SIRP Sistemas Inteligentes, Robótica y Percepción - Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá
3. Instrumentación Científica y Microelectrónica - Universidad de Antioquia. Medellín.
4. Grupo de I+D en Simulación y Control Numérico. Universidad Santo Tomás de Aquino. Bogotá.
5. Control e Instrumentación - Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.
6. Grupo de Investigación en Percepción y Sistemas Inteligentes - Universidad del Valle. Cali
7. Grupo de Investigación en Control Industrial - Universidad del Valle. Cali
8. Grupo de Automática y Robótica GAR - Pontificia Universidad Javeriana. Cali
9. Grupo de Automatización y Control - Universidad de Pamplona. Pamplona.
10. Electrónica del Estado Sólido - Universidad del Cauca. Popayán
11. Arquitecturas Digitales y Microelectrónica - Universidad del Valle. Cali.
12. ECITRÓNICA - Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá.
13. Grupo de Procesamiento de Señales GPS. Corporación Universitaria de Investigación y Desarrollo. Bucaramanga.
14. Grupo de Investigación en Microelectrónica - Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín.
15. Grupo de Investigación en Procesamiento Digital de Señales UPTC - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso.
16. Grupo de Optoelectrónica y Microelectrónica - Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.
17. USTA - DSP - Grupo de Procesamiento Digital de Señales - Universidad Santo Tomas de Aquino. Bogotá.
18. Grupo de Investigación en Electrónica, Telemática, Arquitectura del Computador y Temas afines - Universidad del Bosque. Bogotá.

Para considerar un grupo de I+D como actor de la actividad de I+D en tecnologías satelitales, no es suficiente que realice procesos de investigación en áreas pertinentes, sino que además es necesario que desarrolle proyectos o aplique los resultados al mejoramiento, implementación o producción de tecnologías de comunicaciones por satélite sea bien para el dominio local o global. En este sentido los actores identificados en este estudio se exponen en la **Tabla 1** como resultado de una indagación en la información declarada por los grupos citados en esta sección a Colciencias y además por las visitas realizadas a algunos de estos grupos. Es oportuno aclarar que los demás grupos citados se convierten en actores potenciales dada la pertinencia de sus líneas de investigación con las tecnologías satelitales.

Tabla 1: Grupos de I+D Actores de la I+D en Tecnologías Satelitales (Orden alfabético)

Grupo de I+D	Universidad	Ciudad	Línea de I+D	Sector de Aplicación
Grupo de I+D en Nuevas Tecnologías de Telecomunicaciones GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	Comunicaciones por Satélite	Fabricación de Aparatos y Equipos de Telecomunicaciones
			Gestión de Redes y Servicios	
			Desarrollo de Aplicaciones	
Grupo de I+D en Telecomunicaciones de la Universidad Distrital GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	Antenas Inteligentes	Fabricación de Aparatos y Equipos de Telecomunicaciones
			Propagación	
			Microsatélites	
Grupo de Investigación, Desarrollo y Aplicación en Telecomunicaciones e Informática GIDATI	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Radiocomunicaciones	Aeronáutica y Espacio
			Desarrollo de Aplicaciones	

2.3 GRUPOS DE I+D NO UNIVERSITARIOS

Esta clasificación comprende a grupos de profesionales dedicados a actividades de I+D que como parte de una empresa de telecomunicaciones dedicada a la venta de equipos, la integración de soluciones o la venta de servicios de telecomunicaciones por satélite, se dedican a la evaluación de productos, diseño e implementación de componentes o equipos para la infraestructura de telecomunicaciones y al diseño de nuevos servicios para adaptar sus ofertas y portafolio de servicios de acuerdo a las necesidades y condiciones locales.

En países como Colombia, este tipo de grupos es poco frecuente y cuando se establecen no se orientan a la generación de nuevo conocimiento sino más bien, a la aplicación de este en el mejoramiento del modelo e infraestructura de operación de la empresa. La razón es evidente, las empresas que ofrecen servicios de telecomunicaciones por satélite, son multinacionales que en los países Latinoamericanos solo ha establecido filiales cuya función se restringe a la venta de servicios y la gestión de la infraestructura instalada, por

lo cual, los procesos estrictos de I+D se realizan en sus países de origen donde residen sus laboratorios. Para el caso particular de Colombia ninguno de los operadores de servicios satelitales considerados en este documento tiene un grupo organizado de investigación y desarrollo establecido en el país. Las figuras más cercanas al concepto de Grupo de I+D no universitario son las comisiones temporales en las empresas para el análisis o evaluación de productos que se incorporarán a la infraestructura nacional o para la construcción de propuestas para licitar ante los clientes, lo cual no constituye un ejercicio de investigación real que justifique su reconocimiento como actores de I+D en esta área.

Aún cuando los operadores de servicios satelitales son ajenos a la I+D en sentido estricto, existen entidades del estado como la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) que dedica recursos y talentos a la apropiación y adaptación tecnológica de los Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS, Global Navigation Satellite System) para incorporarlos como medios de navegación en el espacio aéreo colombiano. Este proceso involucra diferentes proyectos realizados por varios frentes de trabajo: el primero denominado Subgrupo de Tarea de Navegación que está constituido exclusivamente por miembros de la UAEAC y se concentra en la elaboración del “Plan de Navegación GNSS para Colombia” que pretende ser la guía y recopilación de actividades, objetivos y demás asuntos relacionados con la implementación de sistemas GNSS en el país. El segundo frente, denominado Grupo de Apoyo a la Navegación Satelital esta integrado por la Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingenieros de Antioquia, Universidad de los Andes, Universidad San Buenaventura de Bogotá, la Universidad Central, la Fuerza Aérea Colombiana y el Centro de Investigación de las Telecomunicaciones CINTEL, quienes desarrollan diferentes actividades en modalidad de trabajos de grado o proyectos de investigación orientados a complementar y aportar en la labor de la UAEAC en este campo.

Tabla 2: Grupos de I+D No Universitarios Actores de la I+D en Tecnologías Satelitales

Grupo de I+D	Entidad	Ciudad	Línea de I+D	Sector de Aplicación
Subgrupo de Tarea de Navegación	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil	Bogotá	Sistemas de Navegación Global por Satélite	Sistemas de Navegación Global por Satélite
Grupo de Apoyo a la Navegación por Satélite	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil	Bogotá	Sistemas de Navegación Global por Satélite	Sistemas de Navegación Global por Satélite

De esta manera, en la categoría de Grupos de I+D no universitarios, se reconocen los grupos de la UAEAC cuyo objeto de estudio son los Sistemas de Navegación Global por Satélite como actores de la I+D en tecnologías satelitales, tal y como muestra la Tabla 2.

2.4 CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

Los Centros de Desarrollo Tecnológico CDT's son considerados unidades especializadas en la generación, difusión de conocimiento y prestación de servicios al sector productivo lideradas por los empresarios y con el apoyo de las universidades. Los CDT's se crean en el seno del Sistema Nacional de Innovación -SIN- como elementos fundamentales en la promoción de la interacción de las universidades, consultores, grupos de I+D, expertos y empresarios en la búsqueda de competencia sostenible y mejoramiento de la calidad en productos y servicios. Actualmente existen cincuenta Centros de Desarrollo Tecnológico organizados en las categorías mostradas en la **Figura 6**, de los cuales tres se asocian al área de ETI: El Centro de Investigación de las Telecomunicaciones CINTEL, El Centro de Apoyo a las Tecnologías Informáticas CATI y el Parque Tecnológico de Software PTS. De acuerdo al dominio de acción y a los objetivos ninguno establece como objeto de investigación las tecnologías satelitales o áreas del conocimiento atinentes a estas, no obstante considerando que CINTEL juega un papel importante como modelador del entorno nacional de telecomunicaciones, fuente de información sectorial y catalizador de la transferencia de conocimientos y tecnología entre las universidades y las empresas asociadas, se ha considerado a este como un actor de la I+D en tecnologías satelitales en Colombia como muestra la **Tabla 3**, pues dadas las condiciones podría participar, patrocinar o desarrollar proyectos relacionados con el área.

Figura 6: Clasificación de los Centros de Desarrollo Tecnológico

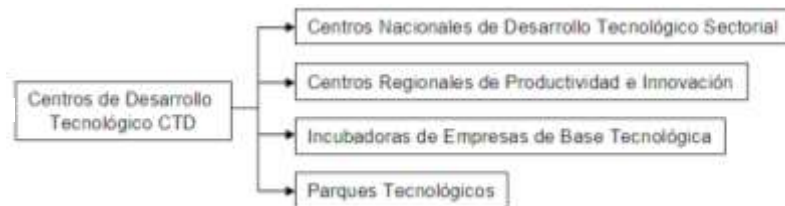


Tabla 3: Centros de Desarrollo Tecnológico CDT's, Actores Reales

CDT	Ciudad	Línea de I+D	Sector de Aplicación
Centro de Investigación de las Telecomunicaciones CINTEL	Bogotá	Gestión de Tecnología	
		Modelamiento del Mercado de Telecomunicaciones en Colombia	

El Centro de Investigación de las Telecomunicaciones CINTEL fue fundado en 1993 como una empresa de gestión tecnológica sin ánimo de lucro orientada a promover y respaldar el desarrollo, la investigación y el uso efectivo de las telecomunicaciones en Colombia. Para avanzar en este propósito se ha propuesto la promoción, coordinación y gestión de proyectos estratégicos a través de asistencia técnica, suministro de información, actividades de formación, divulgación y venta de otros servicios tecnológicos. Actualmente el centro está integrado por COLCIENCIAS, el SENA, universidades, operadores de servicios de telefonía local, larga distancia, fabricantes de equipos, empresas de valor

agregado y además, cuenta con el apoyo del Ministerio de Comunicaciones quién preside la junta directiva.

2.5 ÁREAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

La identificación de las áreas o tecnologías sobre las cuales los actores de la I+D están orientando sus actividades, tiene el propósito de evitar que los proyectos propuestos en el Plan de Desarrollo de AVANTES, desconozcan estos avances o destinen tiempo, recursos y talento al logro de objetivos ya cumplidos. A cambio de esto, el plan es conocer qué resultados se han logrado respecto de tecnologías satelitales de telecomunicaciones en Colombia y a partir de esto, proponer proyectos conjuntos que conduzcan a mejorar la condición existente y no a generar una nueva versión de la misma.

La actividad de identificación de las áreas de I+D atinentes a tecnologías satelitales se desarrolló atendiendo las áreas definidas en el dominio de la Figura 4, de esta manera se identificaron los grupos que realizaban actividades en torno a cada una de estas y como resultado se obtuvo la **Tabla 4** donde se exponen por cada área, los diferentes grupos de I+D. Sin embargo, es importante aclarar que aún cuando un grupo define un dominio de investigación pertinente al establecido, este puede o no aplicar los resultados a algún desarrollo concerniente a tecnologías satelitales, así que para efectos de claridad, en la columna de la derecha de la tabla mencionada se aclara si el grupo aplica sus resultados a tecnologías satelitales de telecomunicaciones.

Tabla 4: Áreas de I+D de los Grupos Universitarios

Área de I+D	Grupo de I+D	Entidad	Ciudad	Aplica a TS
Análisis, Diseño y Construcción de Antenas con Patrón de Radiación Fijo	CTUA	Universidad de los Andes	Bogotá	No
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	No
	Grupo de Interés	Universidad Nacional de Colombia	Manizales	No
	RadioGIS	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	No
Análisis, Diseño y Construcción de Antenas Inteligentes	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	Si
	Grupo de Interés	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	No
Comunicaciones Móviles	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	No
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	No
	I2T	Universidad ICESI	Cali	No
	Telecomunicaciones y Señales	Fundación Universidad del Norte	Barranquilla	No
Construcción de Equipos de Comunicaciones	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	Si
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	No

	Grupo de Interés	Pontificia Universidad Javeriana	Cali	No
Construcción de Modelos de Rendimiento y Propagación	GIDATI	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Si
	I2T	Universidad ICESI	Cali	No
Control por Lógica Programable	Arquitecturas Digitales y Microelectrónica	Universidad del Valle	Cali	No
	Grupo de Interés	Pontificia Universidad Javeriana	Cali	No
Sistemas de Radio Definido por Software SDR	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	Si
	Grupo de Interés	Pontificia Universidad Javeriana	Cali	No
Dispositivos Fotovoltaicos	Electrónica de Estado Sólido	Universidad del Cauca	Popayán	No
	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	Si
Gestión de Redes y Servicios	Centro de Estudios para la Gestión de Redes	Universidad de los Andes	Bogotá	No
	GIDATI	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Si
	GIT	Universidad del Cauca	Popayán	No
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	Si
	Grupo de Investigación en Conectividad y Procesado de Señal	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	No
	Grupo de Investigación en Electrónica, Telemática, Arquitectura del Computador y Temas afines	Universidad del Bosque	Bogotá	No
	I2T	Universidad ICESI	Cali	No
	Redes Computacionales y Telecomunicaciones	Universidad Francisco de Paula Santander	Cúcuta	No
Legislación/Regulación en Telecomunicaciones	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	No
Microelectrónica	CMUA	Universidad de los Andes	Bogotá	No
	Arquitecturas Digitales y Microelectrónica	Universidad del Valle	Cali	No
	GAR	Pontificia Universidad Javeriana	Cali	No
	GMUN	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	No

	Grupo de Control y Procesamiento de Señales	Universidad Nacional de Colombia	Manizales	No
	Grupo de Optoelectrónica y Microelectrónica	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	No
	Grupo Investigación en Microelectrónica	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	No
	LAMIC	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	No
Navegación Aérea y Terrestre	Grupo Tarea de Navegación	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil	Bogotá	Si
	Telecomunicaciones y Señales	Fundación Universidad del Norte	Barranquilla	Si
Posicionamiento y Seguimiento	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	Si
Potencia Eléctrica	Grupo de Interés	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	No
	CIPE	Universidad de los Andes	Bogotá	No
Procesamiento Digital de Señales	Desarrollo de Hw y Sw para Procesos de Ingeniería	Universidad Autónoma de Occidente	Cali	No
	DSP-UTPC	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Sogamoso	No
	Grupo de Control y Procesamiento de Señal	Universidad Nacional de Colombia	Manizales	No
	Grupo de Interés	Pontificia Universidad Javeriana	Cali	No
	Grupo de Tratamiento de Señales y Telecomunicaciones	Universidad Surcolombiana	Neiva	No
Propagación	CTUA	Universidad de los Andes	Bogotá	No
	GIDATI	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Si
	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	No
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	No
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	No
	I2T	Universidad ICESI	Cali	No
	RadioGIS	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	No
Sensores y Actuadores	GAR	Pontificia Universidad Javeriana	Cali	No
Simulación o Generación de Software para Telecomunicaciones	GIDATI	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Si
	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	Si
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	No

	Grupo de Investigación en Electrónica, Telemática, Arquitectura del Computador y Temáticas afines	Universidad del Bosque	Bogotá	No
	I2T	Universidad ICESI	Cali	No
	Redes Computacionales y Telecomunicaciones	Universidad Francisco de Paula Santander	Cúcuta	No
Tecnologías de Banda Ancha	COMBA I+D	Universidad Santiago de Cali	Cali	No
	GIDATI	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Si
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	No
	RadioGIS	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	No
Telemedicina/Teleeducación	GITEM	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	No
	GIT	Universidad del Cauca	Popayán	No
	GNTT	Universidad del Cauca	Popayán	No
Telemetría y Telecontrol	GITUD	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá	Si
	Telecomunicaciones y Señales	Fundación Universidad del Norte	Barranquilla	No

En lo pertinente al dominio de acción de los grupos de I+D, ocurre un fenómeno muy particular y es que definen líneas de investigación muy amplias, las cuales involucran diferentes áreas. Cada una de las áreas mostradas en la **Tabla 4**, son parte de una línea de investigación más general, es decir, cada universidad tiene uno o dos grupos de I+D con varias áreas generales de la electrónica y las telecomunicaciones sobre las cuales realizan actividad científica, a cambio de definir diferentes grupos con pocas líneas de acción específicas. Esto es probablemente una consecuencia de la carencia de capacidad económica de las universidades para sostener varios grupos de I+D con esta característica. Luego, la tendencia es concentrar toda la actividad realizada alrededor de la electrónica y/o las telecomunicaciones en un solo grupo y dentro de este, establecer varios campos de acción, de manera que se compartan espacios, recursos e incluso hasta el talento, lo cual hace más administrable y sostenible la actividad de I+D. Esta forma de operación, justifica que en Colombia no existan grupos dedicados explícitamente al estudio de sistemas de telecomunicaciones por satélite dado que toda la actividad realizada sobre esta materia se adelanta dentro de grupos genéricos de telecomunicaciones a través de equipos de trabajo más pequeños.

2.6 PROYECTOS NOTABLES

Construcción de un Microsatélite de Tele-observación: La actividad es desarrollada por el Grupo de Investigación en Telecomunicaciones de la Universidad Distrital - GITUD

y se orienta a la construcción de una unidad satelital que permita realizar medidas de temperatura, permeabilidad magnética y permitividad eléctrica en el espacio. El satélite tendrá forma de cubo con aristas de quince centímetros, paneles solares extensibles y además de la carga de comunicaciones básica, goza de la sensorica necesaria para el propósito de la misión, incluso se discute la posibilidad de incorporar una cámara de video para complementar las medidas realizadas. El proyecto tiene objetivos exclusivamente científicos, dado que se trata de preparar a los ingenieros vinculados al proyecto y adquirir experiencia que permita en el futuro enfrentar proyectos de mayor escala.

El diseño se realiza para lograr una permanencia del microsatélite de al menos seis meses en órbita a aproximadamente ochocientos kilómetros de altura, para esto el equipo de desarrollo se ha articulado en cuatro grupos de trabajo, cada uno en condición de trabajo de grado orientado a un subsistema del microsatélite. Los grupos de desarrollo son el Grupo de Potencia encargado del diseño y modelamiento del rendimiento de los paneles solares, el Grupo de Comunicaciones encargado de garantizar un radio enlace con el microsatélite en el rango de VHF, el Grupo de Segmento Terreno, encargado del diseño de la estación terrena con arreglos en fase de antenas, de manera que se eliminen los movimientos de la estructura mecánica de las antenas durante el seguimiento del microsatélite y por ultimo, el Grupo de Sensorica encargado del diseño del sistema de medición abordo de variables como temperatura, permeabilidad y permitividad. La infraestructura que integra todos los anteriores subsistemas se realiza conjuntamente con la Universidad Nacional de Colombia y se espera que la implementación del microsatélite sea completada a mediados de 2006. Para el lanzamiento se han realizado acercamientos a agencias espaciales europeas pero hasta ahora no existen compromisos concretos para la puesta en órbita del primer microsatélite hecho en Colombia.

Modelamiento de la Atenuación por Lluvia en la Banda Ku, este proyecto adelantado conjuntamente entre la Universidad Pontificia Bolivariana e Internexa se denomina RASTA (Rain Attenuation prediction for Satellite Telecommunications applications). El objetivo es adelantar una campaña de medidas de atenuación por lluvias, utilizando infraestructura de red VSAT existente en Internexa, que permita obtener estadísticas de atenuación para trayectos en la banda Ku para análisis de precisión y exactitud en las predicciones de los modelos existentes, a fin de encontrar el que más se ajuste a la realidad del fenómeno en Colombia, lo cual redundará en un uso más eficiente del recurso terrestre y espacial asignado a cada red satelital.

El experimento se inició en el año 2001, con dos estaciones de prueba ubicadas en la ciudad de Medellín, una en la sede de Internexa y otra en la sede de la Universidad Pontificia Bolivariana. Aún cuando el tiempo recomendado por ITU para construir un modelo definitivo no se ha completado, existen resultados parciales como aplicaciones software validas para herramientas de cálculo de propagación y simulación de enlaces en el ambiente académico realizados por estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana. El equipo de desarrollo espera continuar con la campaña de medidas por varios años más e incluso extender el experimento a la banda Ka en cuanto exista un satélite radiando a la región tropical de América en esta banda.

Diseño de Transpondedores Reconfigurables basados en tecnología SDR: Esta es una iniciativa surgida recientemente en el Grupo de I+D en Nuevas Tecnologías de Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca con el objetivo de diseñar Transpondedores basados en FPGAs (Field Programmable Gate Arrays), los cuales se programan para que realicen procedimientos de modulación, multiplexación, corrección de errores, desplazamientos de frecuencia, entre otros y al mismo tiempo permitan su reconfiguración a través de una plataforma de actualización del software de los dispositivos programables.

El proyecto consiste en la sustitución de hardware de los transpondedores tradicionales por elementos software hospedados en conjuntos de FPGAs que realicen la misma función siguiendo el paradigma de Radio Definido por Software (SDR), esto se logra a través de la conversión de la señal analógica recibida de los amplificadores de bajo ruido a una señal digital que se inyecta a una unidad de procesamiento digital de señal que realiza funciones de modulación/demodulación, corrección de errores, multiplexación/demultiplexación y desplazamientos de frecuencia para luego convertir nuevamente al dominio analógico y transmitir la señal nuevamente a través del espectro electromagnético. Esta arquitectura permite mayor flexibilidad para los transpondedores de los satélites de próxima generación dado que permite que a través del cambio de los algoritmos que corren en la unidad de Procesamiento Digital de Señal (DSP, Digital Signal Processing) se cambie el modo de operación del transpondedor.

Esta iniciativa tiene objetivos puramente científicos y se adelanta por ingenieros aspirantes al título de maestría en ingeniería de telecomunicaciones y se espera la construcción de los primeros prototipos operando sobre SDR a mediados de 2006.

COMPARTEL, El Programa Compartel ha sido diseñado por el Ministerio de Comunicaciones, con el apoyo del Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo FONADE bajo la asesoría del Grupo GIDATI de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, como una solución encaminada a facilitar el acceso universal de los colombianos a los servicios de telecomunicaciones, en aquellas localidades rurales o urbanas que no cuentan con estos servicios o que lo tienen de forma insuficiente. En telefonía, actualmente se ofrecen soluciones comunitarias en 9.745 localidades rurales con más de 100 habitantes y sin servicio, atendiendo casi 5 millones de personas. Para ofrecer acceso a Internet, se instalaron 1.440 telecentros en todas las cabeceras municipales y grandes centros poblados, además se ofrece la posibilidad de conexión telefónica, a tarifas locales, en cuarenta ciudades de más de 30.000 habitantes, atendiendo cerca de 5.2 millones de colombianos.

Dadas las condiciones del relieve y clima tropical existente en el país, el proyecto de Telefonía Rural Comunitaria se desarrolla empleando tecnología VSAT (Very Small Aperture Terminal) a través de los satélites AnikF1 de Telesat e IS805 de INTELSAT, ambos en banda Ku. Complementariamente se emplean tecnologías celulares como AMPS-D (TDMA) en la banda de 800MHz y fija inalámbrica como WLL en la banda de 900MHz y en algunos casos 1800MHz. Sin embargo las soluciones satelitales representan el 80% de las implementaciones, entre tanto, las dos últimas constituyen el

18% y 2% respectivamente. Para el caso de Internet Social, el servicio se ofrece a través de tres tecnologías, la primera es una solución satelital empleando tecnología VSAT, la segunda a través de redes de cobre realizando un acceso conmutado (MODEM) y acceso dedicado con xDSL, mientras que la tercera consiste en el uso de Frame Relay, no obstante las dos últimas constituyen menos del 4% de todas las implementaciones. Para la implementación del servicio de banda ancha se discute sobre la utilización de soluciones satelitales tipo VSAT bajo el estándar DVB-RCS (Digital Video Broadcasting - Return Channel by Satellite).

El programa COMPARTEL, representa en el interior del Grupo GIDATI, una línea de Investigación que concentra investigadores y estudiantes alrededor de estrategias de inclusión digital a través de soluciones satelitales para Colombia.

Adaptación de Sistemas de Navegación Global por Satélite, esta actividad adelantada por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil UAEAC comprende un conjunto de proyectos orientados a la implementación y utilización de Sistemas de Navegación Global por Satélite GNSS como medio de navegación en el espacio aéreo colombiano.

Los sistemas GNSS emplean la constelación del sistema GPS norteamericano, el cual no ofrece las condiciones de exactitud, continuidad, integridad y disponibilidad necesarias para garantizar seguridad en esta tarea. Para superar estos inconvenientes se han creado mejoras para el sistema tales como Sistema de Aumentación Basado en Tierra (Ground Based Augmentation System), Sistema de Aumentación Basado en Satélite (SBAS, Satellite-Based Augmentation System) y Sistema de Aumentación Basado en la Aeronave (ABAS, Aircraft Based Augmentation System). De acuerdo a esta referencia, en la UAEAC se desarrollan dos proyectos, el primero orientado a la elaboración de procedimientos que permitan volar con sistemas ABAS (Aircraft Based Augmentation System) en las fases de ruta y aproximaciones NPA (Non-precision Approaches) ya sea como suplementario, primario o único dependiendo de la densidad de tránsito, necesidades de optimización de rutas o deficiencias de sistemas convencionales para prestación del servicio de navegación. El segundo es un proyecto denominado Plataforma de Pruebas SBAS para la Región del Caribe y Sur América, que se considera como fase obligatoria hacia el desarrollo de este tipo de sistemas, no obstante los objetivos del proyecto son de investigación y preparación operacional, técnica e institucional. Cada uno de los proyectos que componen la transición de los sistemas actuales de navegación a los sistemas basados en satélites, se desarrollan en Colombia ligados a los planes mundiales y regionales en esta materia debido a la coordinación necesaria en esta implementación por parte de los demás países. Además como se mencionó en la sección de Actores de I+D, está ampliamente apoyado por diferentes universidades del país.

Optimización de la Navegabilidad del Río Magdalena: Esta actividad es desarrollada conjuntamente entre el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad del Norte y el Instituto de Ensayos Hidráulicos de las Flores en Barranquilla, con el objetivo de mejorar las condiciones de navegabilidad del Río Magdalena incorporando sistemas de Posicionamiento Global por Satélite GPS y dispositivos hardware que a través de una

interfaz gráfica indiquen a los pilotos de las embarcaciones un mapa del canal navegable basado en medidas de la profundidad, sedimentación y oleaje del día anterior (batimetrías). Estos dispositivos denominados navegadores, utilizan tecnología satelital para georeferenciar las naves y del mismo modo actualizar las medidas para construir y desplegar dinámicamente el mapa del canal de acuerdo a la posición y orientación de la embarcación.

2.7 ORIENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE I+D

Las actividades de I+D pueden clasificarse de acuerdo a su orientación en una de las siguientes categorías: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. En el primer caso el objetivo es obtener conocimiento para formar el grupo de investigadores o construir una base de conocimiento en el área independiente de la condición de que este conocimiento se aplique o no, es decir, se trata de un ejercicio netamente académico, mientras que la Investigación Aplicada consiste en el mejoramiento de productos o procesos a través de la aplicación del conocimiento existente. El Desarrollo Experimental por su parte, se caracteriza por la aplicación del conocimiento en el diseño e implementación de nuevos productos o procesos que surgen como soluciones a las necesidades o carencias del entorno de los investigadores. De acuerdo a estas consideraciones se muestra a continuación la orientación o tendencias de los proyectos realizados por los actores de la investigación y desarrollo en tecnologías satelitales.

Tabla 5: Orientación de las Actividades de los Grupos

Grupo de I+D	Investigación Básica	Investigación Aplicada	Desarrollo Experimental
GIDATI - UPB	Si	Si	No
GITUD - Udistrital	Si	Si	Si
GNTT - Unicauca	Si	Si	No

Atendiendo que los Grupos de I+D universitarios los cuales están comprometidos con la formación de sus integrantes y además con el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades a las cuales pertenecen, es posible intuir que dentro de estos grupos se adelanten actividades orientadas en las tres formas, no obstante de acuerdo a los resultados del estudio las actividades orientadas al desarrollo experimental no son comunes a los actores de I+D en tecnologías satelitales, como se puede ver en la **Tabla 5**.

El desarrollo experimental como la categoría menos frecuente entre los actores de la I+D en torno a tecnologías satelitales, se produce como resultado de la elevada inversión en equipos, espacios físicos, materiales e incluso en capacitación del personal requerido para su realización. Este hecho se constituye como el más preocupante dentro del panorama nacional en lo concerniente a las tecnologías satelitales, dado que la mayor actividad esta concentrada en la utilización de tecnología foránea para evaluarla y

adaptarla al entorno nacional, pero la capacidad de generación de nueva tecnología no esta siendo reforzada por la actividad de los grupos teniendo en cuenta que los proyectos que se formulan dentro de estos son consecuencia de la aparición de carencias de conocimiento como resultado del vertiginoso avance de la ciencia, dejando entre ver su naturaleza de adaptadores y seguidores tecnológicos.

2.8 RECURSOS PARA LAS ACTIVIDADES DE I+D

La valoración de los recursos destinados a la realización de proyectos de I+D comprendía en el marco de este estudio, la identificación de espacios físicos como laboratorios, campos experimentales, plantas piloto, centros de información y documentación con el propósito de establecer una medida de la infraestructura existente en el país para realizar I+D en tecnologías satelitales.

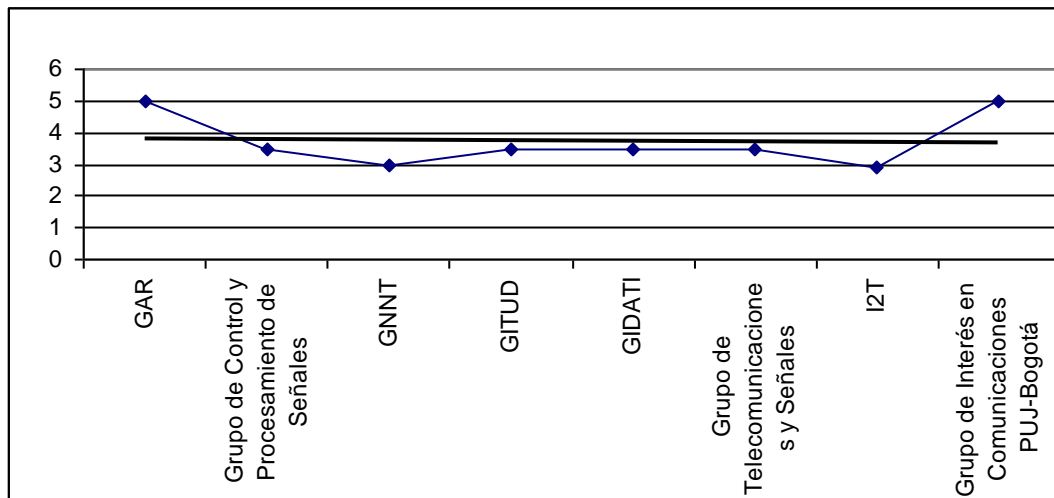
En materia de instalaciones para desarrollar los proyectos en tecnologías satelitales la situación encontrada obedece a que todos los proyectos realizados dentro de un mismo grupo comparten los espacios físicos como laboratorios, centros de información y documentación. Por otra parte, en los grupos consultados no existen espacios como plantas piloto o campos de experimentación para desarrollos en materia satelital, la infraestructura de este tipo existió alguna vez, como el caso de una estación VSAT propiedad de Internexa instalada en la Universidad Pontificia Bolivariana para el desarrollo del proyecto RASTA la cual fue retirada porque fue requerida como reemplazo de otra a mediados de 2004. También existió otra estación propiedad de la NASA en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá para objetivos de observación. Hoy en día sólo es posible considerar la existencia de un conjunto de antenas parabólicas instaladas en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas las cuales son empleadas para realizar prácticas de apuntamiento y seguimiento de satélites por parte de los estudiantes de pregrado.

En general, para acercar un poco más el panorama de I+D en cuanto a recursos de desarrollo, se pidió una autocalificación a los ocho grupos tomados como muestra del estudio, respecto de sus instalaciones y equipos de desarrollo de acuerdo a la cantidad, condiciones y grado de actualización según los requerimientos del grupo, para lo cual se obtuvieron las calificaciones mostradas en la **Figura 7**. La media de estas calificaciones muestra que la infraestructura que tienen los grupos para la realización de sus actividades de manera global es aceptable o mejor, que sus miembros consideran que estos recursos son suficientes.

Otra de las consideraciones que fueron atendidas en la construcción del diagnóstico son las herramientas software empleadas por los grupos para el desarrollo de sus actividades, para este efecto la indagación realizada a los grupos produjo resultados particulares, el principal de estos, es que la cantidad de herramientas software con que disponen los grupos para estudios o diseños en materia satelital es muy reducida, en los grupos consultados se identificaron el LST (Leasing Satellite Transponder) desarrollado por INTELSAT y el STK (Satellite Tool Kit) de la empresa Norteamérica AGI, además del

software propietario o desarrollado por cada grupo como se define en la sección de Resultados de la I+D. La inversión de recursos financieros en la adquisición de herramientas software no es común a todos los grupos y mucho menos en Software especializado en tecnologías satelitales.

Figura 7: Auto calificación de los Recursos Presentes en los Grupos para Actividades de I+D



2.9 RESULTADOS DE LA I+D

Los resultados más frecuentes de la actividad de I+D realizada en Colombia en tecnologías satelitales de telecomunicaciones son los trabajos de grado, dado que en las universidades es donde se encuentra el mayor potencial para realizar proyectos en el área. No por esto, se pretende desconocer las publicaciones realizadas tanto por estudiantes como docentes en revistas institucionales, nacionales e internacionales como resultado de sus investigaciones o la participación en eventos donde se realiza divulgación de los resultados de estas actividades. El estudio incluía la valoración de la publicación o presentación de resultados de investigación realizada por los grupos; estos resultados no se exponen en el diagnóstico debido a la escasa precisión de la información suministrada por algunos grupos, pues en la mayoría de los casos estaba sujeta a la memoria de quien proporcionaba la información dado que no existían registros escritos.

Tabla 6: Cantidad de Trabajos de Grado Orientados a Tecnologías Satelitales

Grupo de I+D	Trabajos de Grado en Curso
GIDATI - Universidad Pontificia Bolivariana	3
GITUD - Universidad Distrital	4
GNTT - Universidad del Cauca	2

En lo pertinente a los trabajos de grado se ha realizado una medida de los proyectos orientados hacia tecnologías de comunicaciones por satélite que actualmente se encuentran en curso dentro de los grupos identificados como actores, para lo cual se obtuvieron los resultados que se exponen en la **Tabla 6**. Para la cuantificación de los proyectos finalizados ha sido difícil la recopilación de información en todos los grupos por lo cual no se exponen en este diagnóstico. A nivel general, se ha encontrado una marcada tendencia de estos por incorporar implementación de soluciones hardware o aplicaciones software a cada uno de estos proyectos y evitar los puramente teóricos. Ocurre una situación muy particular y consiste en que el producto más común de estos trabajos es la implementación de herramientas software para el diseño de sistemas de comunicaciones o simulación del funcionamiento de una tecnología específica. No obstante, es una situación que está bien justificada, dado que se requiere una elevada inversión en equipos, espacios físicos, materiales e incluso en capacitación del personal para el desarrollo de nuevo hardware, lo que contrasta con los reducidos presupuestos destinados a I+D por algunas universidades. Por su parte, el desarrollo de software requiere de un mínimo presupuesto y reducidos espacios físicos, por lo cual, el resultado es necesariamente un fortalecimiento de la barrera que impide el desarrollo de equipos o componentes nacionales para la infraestructura de telecomunicaciones y además una concentración de ingenieros en electrónica y telecomunicaciones para el desarrollo de herramientas software produciéndose una orientación de los proyectos hacia la generación de servicios, plataformas de gestión y modelamiento de redes descuidando preocupantemente el diseño y desarrollo hardware. Para corroborar esta hipótesis, la **Figura 8** muestra el porcentaje de grupos dedicados a la generación de nuevo hardware para telecomunicaciones entre los grupos consultados.

Los desarrollos experimentales de nuevo hardware que se encuentran en curso actualmente en el país, de acuerdo con el estudio realizado, son los proyectos relacionados con la construcción del microsatélite de la Universidad Distrital, el cual hasta ahora se encuentra en la fase de diseño y se espera se finalice en aproximadamente dieciocho meses. Por esta razón, no es apresurado precisar que actualmente no existen resultados de desarrollos de nuevo hardware en el país para la infraestructura de telecomunicaciones por satélite, en cuanto a hardware se refiere, la actividad se concentra en la integración de diferentes componentes adquiridos de proveedores internacionales para ofrecer soluciones adaptadas a las condiciones del país, aunque existen áreas promisorias como es el diseño y construcción de antenas inteligentes dado que los grupos comprometidos con este campo de acuerdo a la **Tabla 4** desarrollan varios proyectos que incluyen implementaciones, como es el caso del grupo de la Universidad Distrital ha construido diferentes prototipos para pruebas de laboratorio y se espera, en el

marco de la construcción de la estación terrena para el microsatélite la implementación de modelos funcionales de arreglos en fase de antenas con seguimiento inteligente a la infraestructura en órbita.

Figura 8: Porcentaje de Grupos Universitarios Dedicados al Desarrollo Experimental de Hardware

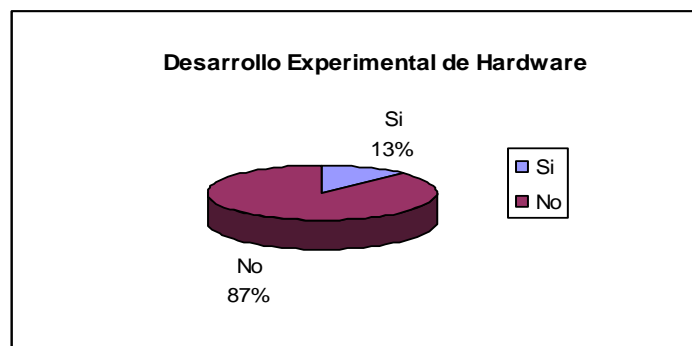
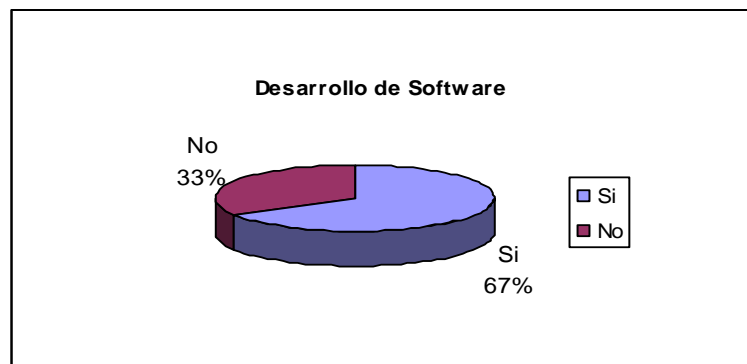


Figura 9: Porcentaje de Grupos Universitarios dedicados al desarrollo de Software para aplicaciones de Tecnología Satelital



El desarrollo de software como herramientas de simulación o diseño para tecnologías de telecomunicaciones es una práctica que se realiza dentro de todos los grupos universitarios consultados, el esfuerzo dedicado a la generación de aplicaciones para comunicaciones por satélite en los grupos identificados como actores se expone en la **Figura 9**, en este caso, dos de los tres grupos actores generan aplicaciones software aplicable a tecnologías satelitales.

Se destacan los esfuerzos de la Universidad Pontificia Bolivariana en la generación de herramientas para el cálculo de enlaces de radio en banda Ku, como resultado del

proyecto RASTA y además la generación de software para el análisis de constelaciones de satélites no geoestacionarios. Existe además una actividad próxima a iniciar consistente en la generación de algoritmos para Procesamiento Digital de Señal (DSP, Digital Signal Processing) bajo plataformas tipo FPGA en el proyecto de Transpondedores Reconfigurables que adelanta la Universidad del Cauca el cual aún cuando está en su fase inicial y carece de resultados se ha considerado esta área como promisoría en este tipo de desarrollos.

2.10 RELACIONES INTERDISCIPLINARIAS

El desarrollo de tecnología satelital involucra necesariamente diferentes ingenierías, cabe mencionar la ingeniería física, ingeniería mecánica, ingeniería de sistemas, ingeniería electrónica además de la ingeniería de telecomunicaciones entre otras. Atendiendo a esto, el estudio buscaba evaluar la articulación de los programas de ingeniería electrónica y/o telecomunicaciones con otras disciplinas para la realización de proyectos conjuntos y con ello valorar la capacidad y la facilidad con que se pueden construir grupos multidisciplinarios para adelantar los proyectos propuestos en el plan de desarrollo de AVANTES.

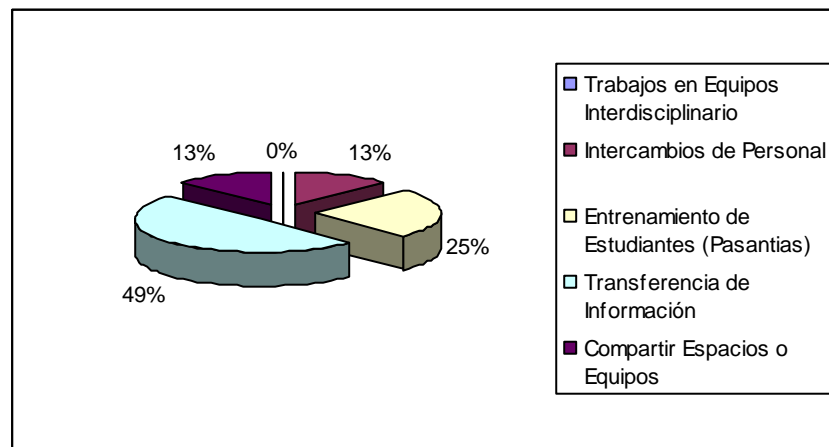
De acuerdo a los resultados del estudio, todos los grupos universitarios de I+D alguna vez se han integrado con grupos de otros programas para desarrollar proyectos conjuntamente, con la particularidad de que estas relaciones son temporales y además no tienen regularidad, de manera que surgen como resultado de una necesidad mutua que se presenta en la planeación o desarrollo de proyectos de los grupos involucrados donde se comparten tanto los recursos como los resultados de la realización. A pesar de esta situación, la integración de varios programas de ingeniería para realizar trabajos conjuntos orientados a tecnologías de comunicaciones por satélite es exigua. Los grupos de I+D considerados actores reales se articulan mínimamente con otras disciplinas para realizar desarrollos conjuntos alrededor de las tecnologías de comunicaciones por satélite sea bien en desarrollo de hardware o software aún cuando son consientes de la necesidad de este hecho. En la Universidad Distrital los proyectos que se adelantan en torno a la construcción del microsatélite son desarrollados por estudiantes de pregrado en ingeniería electrónica o por estudiantes de maestría pero no participan estudiantes de otras ingenierías hasta ahora. Por su parte, la Universidad Pontificia Bolivariana que cuenta con programas de Aeronáutica y Telecomunicaciones además de electrónica, aún no logra una articulación para realizar trabajos conjuntos por ser los dos primeros programas relativamente nuevos en esa Universidad, no obstante los miembros del grupo tienen la confianza que en la medida del tiempo el trabajo será cada vez más colaborativo. La Universidad del Cauca aún cuando cuenta con programas como ingeniería física e ingeniería de sistemas, actualmente no realiza proyectos conjuntos en materia satelital, pese a que son programas completamente establecidos y con varias promociones de egresados.

2.11 RELACIONES INTERINSTITUCIONALES

Atendiendo a que en el país cada universidad cuenta con espacios, recursos y talentos especializados en determinada área como se mostró en la **Tabla 4**, se presume que una realización en materia satelital produciría mejores y mayores resultados si se realizara conjuntamente entre diferentes grupos de I+D dado que cada uno define líneas de trabajo diferentes pero a la vez complementarias. En este sentido, el diagnóstico buscaba la identificación de integraciones interinstitucionales con el fin de determinar la capacidad existente en el país para el establecimiento de este tipo de relaciones, sea bien entre grupos de I+D tanto universitarios como no universitarios con empresas del sector en convenios de colaboración, trabajo de equipos interinstitucionales, intercambios de personal, entrenamiento de estudiantes, transferencia de materiales o simplemente compartiendo espacios o equipos de desarrollo.

Los resultados encontrados fueron iguales a los encontrados respecto de la actividad interdisciplinaria, alguna vez todos los grupos habían establecido algún tipo de relación con otros grupos o empresas del sector para la realización de un proyecto en particular y se resalta que la mayoría de estas relaciones no se produce por acuerdos oficiales entre las administraciones de los grupos o empresas sino más bien por acuerdos informales entre miembros de ambas partes con frecuencias según el tipo de relación como muestran la **Figura 10**.

Figura 10: Porcentaje del Número de Grupos por Tipo de Relación Interinstitucional



Un hallazgo importante es que entre los actores de la I+D considerados reales y potenciales ninguno desarrolla proyectos a través de la constitución de grupos interinstitucionales de trabajo, pues se trata de asociaciones temporales para desarrollar proyectos específicos. La figura de asociación para colaboración o cooperación en el desarrollo de proyectos de ciencia y tecnología esta reconocida por el SNCyT y además está reglamentada a través del Decreto 393 de 1991, modalidad poco acogida por los grupos, pues no se encontraron grupos interinstitucionales constituidos para el desarrollo de proyectos en el área de electrónica y telecomunicaciones. La posible justificación de esta situación puede ser la carencia de información fácilmente accesible, detallada, actualizada y confiable del estado exacto de los resultados de la I+D de cada uno de los

proyectos o líneas de investigación de los grupos, pues como ya se comentó aún con los esfuerzos de Colciencias todavía es necesario establecer procesos de actualización para el sistema de información del Directorio de Grupos. La indisponibilidad o inaccesibilidad a este tipo de información, redundando en la inversión de recursos, talento y tiempo en la búsqueda de objetivos que probablemente ya se han conseguido por otros grupos y en la incapacidad de conformar redes de cooperación científica y con ello, procurar un crecimiento rápido y ordenado del sector académico para que exista un esfuerzo conjunto en la apropiación del conocimiento, evaluación, adaptación, seguimiento de tecnologías e incluso generación de nueva tecnología que garanticen en el largo plazo una infraestructura de I+D que soporte el crecimiento y desarrollo del país en el área.

En Colombia las empresas prestadoras de servicios no tienen una visión que incluya la asociación con el sector académico del país para adelantar investigación, en este sentido es más apropiado hablar de una interacción donde la figura más común de esta es la transferencia de información representada en un flujo bidireccional de resultados de estudios por parte de las empresas hacia las universidades o de trabajos de grado por parte de las universidades hacia las empresas los cuales son cedidos bajo determinadas condiciones.

Respecto de las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones por satélite específicamente, las relaciones o interacciones de estas con grupos de I+D son escasas, sin embargo se destacan los convenios de la Universidad Pontificia Bolivariana con Internexa para el desarrollo del proyecto RASTA mencionado anteriormente. Además, la intención de empresas como COMSAT y GILAT en vincular estudiantes de La Universidad del Cauca en la modalidad de pasantía para que conozcan la infraestructura y modo de operación de la empresa con el ánimo de identificar puntos claves sobre los cuales exista una oportunidad de asociación para desarrollar proyectos de investigación que favorezcan ambas partes.

2.12 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

La figura más común de I+D en los grupos universitarios son los trabajos de grado y para su realización, la inversión necesaria es compartida entre la Universidad, quien proporciona los recursos hardware y software de los cuales dispone para este efecto, y por los estudiantes, quienes aportan el resto de la inversión. De acuerdo a los objetivos y alcance del proyecto, la financiación puede extenderse al aporte de dinero por parte de la universidad e incluso en la compra de componentes o equipos de instrumentación, pero esto no ocurre en todos los casos ni en todas las universidades. El caso más común en los grupos consultados, es que la universidad aporte el recurso existente únicamente.

Cuando se trata de un proyecto más ambicioso e incorpora un aporte socio tecnológico y goza de pertinencia respecto de las condiciones de la región donde va a ser desarrollado, es posible a través de concurso obtener la financiación de Conciencias; este tipo de proyectos son en realidad un conjunto de trabajos de grado dado el gran alcance que se define para estos. Cuando existe financiación de Colciencias es más factible la

adquisición de componentes e incluso equipo de instrumentación, donde la asignación de los recursos está sujeta a evaluaciones que realiza esta institución a todos los proyectos buscando maximizar y administrar lo mejor posible la inversión en investigación en virtud de las políticas del gobierno, por lo cual no se puede aspirar a que cualquier iniciativa de investigación sea favorecida por esta figura de financiamiento.

La incorporación de empresas a las actividades de I+D de los grupos en las modalidades de patrocinadores o socios estratégicos constituye otra forma de incorporar recursos para los proyectos del grupo, siendo muy poco frecuente el aporte de capital de una empresa a las actividades de I+D dentro de las universidades, al encontrarse esta relación basada principalmente en la transferencia de información y en algunos casos el préstamo de equipos y espacios de desarrollo, hay que reconocer que aún cuando no son aportes financieros, si representa un ahorro para el grupo de I+D. La opción por la cual optan algunos grupos de I+D universitarios para la adquisición de fondos es la realización de actividades donde exponen o divulgan sus resultados o actividades formativas como seminarios donde se invitan participantes de todo el país e incluso universidades foráneas con el propósito de recolectar fondos y autofinanciar sus labores de I+D.

Se establece de esta manera que las fuentes principales para la financiación de los proyectos son los fondos de I+D de la universidades, los estudiantes y de acuerdo al tipo de proyecto la financiación de Colciencias. En la construcción de este diagnóstico no se identificaron fuentes diferentes a las mencionadas y se resalta que en los proyectos orientados a tecnologías satelitales no existe financiación externa para su realización, sino únicamente la realizada por la administración de las mismas universidades.

2.13 FORMACIÓN EN EL ÁREA DE TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE

Aún cuando los procesos básicos de formación de investigadores y estudiantes no constituye parte de la actividad de I+D, en este diagnóstico se ha realizado una indagación sobre la cantidad de horas que se dedican a temas relacionados con comunicaciones por satélite y tecnologías relacionadas en la formación de los estudiantes en los programas de ingeniería asociados a los grupos de I+D considerados en este estudio para construir una idea del nivel de conocimientos de los estudiantes en el área y considerar este factor en la construcción de los proyectos del plan de desarrollo de AVANTES.

Tabla 7: Dedicación Horaria a Tecnologías Satelitales de los Programas de Ingeniería Asociados a los Grupos de I+D

Grupo de I+D	Programa	Numero de Horas	Condición
GAR	Ingeniería Electrónica	12 Horas	Electiva
Grupo de Control y Procesamiento de Señales	Ingeniería Electrónica	8 Horas	Obligatoria
GNNT	Ingeniería de Telecomunicaciones	60 Horas	Electiva
GITUD	Ingeniería Electrónica	60 Horas	Obligatoria
GIDATI	Ingeniería de Telecomunicaciones	60 Horas	Electiva

	Ingeniería Electrónica	8 Horas	Obligatoria
Grupo de Telecomunicaciones y Señales	Ingeniería Electrónica	30 Horas	Obligatoria
I2T	Ingeniería Telemática	4 Horas	Obligatoria
Grupo de Interés en Comunicaciones PUJ-Bogotá	Ingeniería Electrónica	10 Horas	Obligatoria

En los Grupos de I+D consultados la temática pertinente a tecnologías satelitales dentro del programa de ingeniería al cual están adscritos, constituye capítulos al interior de materias cuyo objeto de estudio comprende dominios más amplios donde se incluyen principios de radiocomunicaciones y tecnologías inalámbricas de comunicaciones de manera general. En la **Tabla 7** se expone una medida en horas de la dedicación a la formación en tecnologías satelitales en todo el programa de ingeniería y se especifica la condición de esta formación entre electiva u obligatoria del programa. En la mayoría de los casos estas horas están dedicadas a conceptos básicos sobre la estructura de un sistema de comunicaciones por satélite, estudio de las órbitas, comportamiento del satélite en el espacio y cálculos del enlace de radio. Solamente en las asignaturas que comprenden sesenta horas en la Universidad Pontificia Bolivariana, la Universidad Distrital y la Universidad del Cauca el estudio se extiende a servicios fijos por satélite (FSS) y radiodifusión por satélite (BSS).

También es importante resaltar que en cada uno de los programas de ingeniería asociados a los grupos de I+D reconocidos como actores en este estudio, la orientación de la formación de los estudiantes en pregrado en torno a tecnología satelital es diferente. En la Universidad Pontificia Bolivariana el interés es básicamente el diseño de redes VSAT, en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas la orientación es hacia sistemas microsatelitales y en la Universidad del Cauca el diseño y simulación de enlaces satelitales.

3 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que los grupos de I+D aún cuando declaran líneas de acción amplias, no existe uno que desarrolle de manera homogénea todas las áreas del dominio de investigación que comprenden las tecnologías de comunicaciones por satélite, la tendencia es encontrar grupos con suficientes fortalezas para la ejecución de proyectos en áreas específicas dada la especialización del talento, los espacios físicos y equipos disponibles. Es pertinente considerar la necesidad de articular redes de cooperación científica que comprometan diferentes grupos de I+D de manera que se fusionen fortalezas para enfrentar proyectos a gran escala buscando en el largo plazo, abandonar la posición de adaptadores y seguidores tecnológicos para convertirse en generadores de tecnología de vanguardia que influya directamente el avance global de las tecnologías de comunicaciones por satélite, y sea este hecho un soporte para el progreso nacional en materia tecnológica, social y económica.

Aún cuando en todas las áreas del dominio de investigación definido para este estudio se identificaron grupos realizando actividades de I+D, sucede que no todos aplican u orientan estos esfuerzos hacia tecnologías satelitales, en este sentido, existe la inminente necesidad de promocionar proyectos orientados a la generación de conocimiento y desarrollo de tecnología pertinente a los sistemas de telecomunicaciones por satélite en los programas de pregrado de manera que se cree una vocación de investigación y desarrollo en el área. Se propone entonces, el establecimiento de un plan nacional que defina en coordinación con las universidades interesadas, un conjunto de áreas estratégicas de acuerdo con los recursos y talentos de cada una, de manera que en el país exista al menos una universidad por cada área del dominio especificado con objetivos definidos y coherentes con las demás instituciones para un crecimiento ordenado y colaborativo.

Un elemento preocupante encontrado en el estudio, es la mínima cantidad de trabajos de grado orientados a las tecnologías de comunicaciones por satelitales, pues aún en las universidades donde existen grupos con líneas de acción pertinentes al área, la cantidad de este tipo de proyectos es muy baja. La justificación de esta situación puede ser el marcado enfoque teórico empleado para la formación de los ingenieros en este campo, y además que la formación es opcional en la mayoría de los casos, es decir, la temática es abordada en asignaturas electivas, por lo cual no todos los estudiantes del programa estudian estos contenidos.

En la actualidad existe una fuerte inclinación por la generación de software en los trabajos de grado de los estudiantes de pregrado en los programas de telecomunicaciones, dejando desamparada la generación de hardware bajo el argumento de la insuficiencia de recursos y porque los resultados son difícilmente competitivos en el mercado, ante esto, es necesario que los ingenieros tengan una mínima experiencia en el diseño e implementación de equipo para la infraestructura de telecomunicaciones. Aún cuando se reconoce en este diagnóstico que no existe infraestructura ni fuentes de financiación para adquisición de nuevos equipos para la dotación de laboratorios, es importante que en la medida que el recurso presente lo permita, se desarrolle hardware con objetivos experimentales que conduzcan a elevar la capacidad de generar o adaptar sistemas foráneos a las condiciones y necesidades locales.

Como resultado de las consultas a los diferentes grupos de I+D se estableció que los mecanismos paralelos a la formación de los estudiantes con objetivos de actualización en materia de tecnología satelital son inexistentes, este tipo de actividad se restringe a espacios en eventos más generales donde se incluye temática pertinente a estas tecnologías, pero no se constituyen como eventos exclusivos ni siquiera en el dominio institucional. Dada esta situación, la necesidad de articular espacios de discusión y actualización en el área es evidente, además dado el carácter común de esta carencia a todos los grupos, es posible pensar en que estos eventos se realicen con dominio nacional de manera que participen todos los grupos interesados.

Una de las barreras más grandes para el desarrollo de actividades en torno a las tecnologías satelitales es básicamente la insuficiencia de fondos para adquirir equipos

idóneos para estas realizaciones, por esta razón es de crucial importancia el establecimiento de mecanismos de financiación para proyectos en el área logrados por cooperación internacional, atendiendo a la imposibilidad de articular convenios con las filiales establecidas en el país de los operadores internacionales de servicios satelitales por razones ya expuestas, y además, porque mientras se adquiere una madurez científica en el área, es difícil realizar proyectos de impacto social como desearía Colciencias para ofrecer financiación.

Teniendo en cuenta el esfuerzo de Colciencias y los resultados cada vez mejores en la realización de identificación de grupos de I+D, es importante que los grupos correspondan a este esfuerzo aportando la información real de su actividad así como adquiriendo el compromiso de actualizar periódicamente la información para garantizar un sistema de bases de datos que se constituya como eje de la interacción de grupos de I+D y además, facilite la generación de redes de cooperación.