



INVESTIGACIÓN ____

PASANTIA __X__

Análisis de los servicios de posicionamiento en tiempo real disponibles en Colombia, aplicables al mejoramiento de datos GNSS en proyectos de barrido predial masivo.

Autor

Omar Cortes Buitrago

Director

MSc. Edilberto Suárez Torres

Co-Director

MSc. Carlos Andrés Franco Prieto

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Énfasis en Geomática
Bogotá, Colombia
Junio de 2021

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ENTIDAD.....	7
DIRECCIÓN.....	8
CO-DIRECCIÓN.....	9
RESUMEN.....	10
PALABRAS CLAVE.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
3.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
3.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	17
4. MARCO METODOLÓGICO.....	18
5. CONTEXTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS.....	19
5.1 CONPES 3958 de 2019.....	19
5.2 DEFINICIONES.....	20

5.3	CONSIDERACIONES TECNICAS	21
5.3.1	Resolución 643 de 2018 - IGAC	21
5.3.2	Resolución 388 de 2020 - IGAC	23
5.3.3	Decreto 148 de 2020	23
6.	EXPLORACIÓN DE SERVICIOS EN TIEMPO REAL	26
6.1	NTRIP.....	26
6.2	POSICIONAMIENTO PUNTUAL PRECISO - PPP	28
6.3	GEODESIA - IGAC	31
6.3.1	GNSS	31
6.3.2	Nivelación.....	32
6.3.3	Red MAGNA-ECO	32
6.3.4	Centro de Procesamiento IGA	32
6.3.5	Modelo Geoidal	33
6.3.6	Gravimetría.....	33
7.	INVENTARIO DE LOS SCDTR DISPONIBLES EN COLOMBIA.....	34
7.1	REDES MÓVILES	34
7.2	SERVICIOS DE CORRECCION DIFERENCIAL EN TIEMPO REAL	38
7.3	SERVICIOS DE CORRECCIÓN DIFERENCIAL POR SUSCRIPCIÓN.....	38
8.	CARACTERIZACION DE LOS SCDTR DISPONIBLES EN COLOMBIA.....	40
8.1	SERVICIOS NTRIP PRIVADOS	40
8.2	RED GEODÉSICA DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA ...	42
8.3	SCDTRS PRIVADOS	44
8.4	SERVICIOS EN TIEMPO REAL DEL IGAC.....	44
9.	ESTRATEGIAS.....	48
9.1	INSTITUCIONALES.....	48

9.1.1	Convenios con la academia.....	49
9.1.2	Convenio Marco Universidad Distrital - IGAC	50
9.1.3	Convenios con entidades públicas y privadas.....	51
9.2	TÉCNICAS	51
10.	CONCLUSIONES	53
11.	BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Exactitud posicional absoluta. Fuente: IGAC, 2018.....	22
Tabla 2. Exactitud posicional absoluta – seguridad jurídica. Fuente: IGAC, 2018.	22
Tabla 3. Descripción de los campos de las bases de datos OpenCell.	36
Tabla 4. SCDTRS disponibles en Colombia.....	39
Tabla 5. Redes NTRIP privadas disponibles en Colombia.	40
Tabla 6. Red Geodésica SENA. Fuente: Elaboración propia.	43
Tabla 7. Servicios SCDTRS disponibles en Colombia.	44
Tabla 8. Listado preliminar Banco de proyectos, convenio UD-IGAC.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del flujo metodológico aplicado.	18
Figura 2. Esquema básico de una red NTRIP.	27
Figura 3, Esquema del servicio de corrección por suscripción.	30
Figura 4. Asignación de espectro para servicio móvil.	35
Figura 5. Usuarios únicos e Internet móvil en Colombia 2014-2018.	35
Figura 6. Área de cubrimiento de los servicio de Comunicación móvil en Colombia.	37
Figura 7. Redes NTRIP privadas disponibles en Colombia. TOPORED, GEOSYSTEM y GALINET respectivamente	41
Figura 8. Red Geodésica del SENA.	43
Figura 9. Plan de densificación de la Red MAGNA-Eco.	45
Figura 10. Red actual de estaciones permanentes Magna-Eco- SGC	46
Figura 11. Cubrimiento teórico actual de la red Magna-Eco- SGC.	46
Figura 12. Cubrimiento neto servicio NTRIP–IGAC vs. cubrimiento actual de INTERNET.	47

ENTIDAD

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, fue creado por el Decreto Ley No. 0290 de 1957, es un Establecimiento Público dotado de Personería Jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente, adscrito al Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE.

El IGAC, es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia; elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble; realizar el inventario de las características de los suelos; adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial; capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE (Instituto geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2018).

Como objetivo general el IGAC promulga: “En 2025 ser reconocida como la principal entidad proveedora de información geográfica, catastral y agrológica confiable, actualizada y oportuna, que genera valor a partir de enfoques innovadores, basados en la colaboración y participación de nuestras partes interesadas y aportando en el desarrollo sostenible y resiliente del país”.

DIRECCIÓN

Edilberto Suárez Torres

Ingeniero Catastral y Geodesta - Universidad Distrital 'Francisco José de Caldas'.

Especialista en sistemas de información geográfica e ingeniería de software - Universidad Distrital "Francisco José de Caldas".

Magister en Enseñanza de las ciencias - Universidad Nacional de Colombia.

Profesor de tiempo completo Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Facultad de Ingeniería, proyecto curricular de Ingeniería Catastral y Geodesia.

Coordinador de los laboratorios de Ingeniería Catastral y Geodesia: fotogrametría, geodesia, topografía y observatorio astronómico LatitUD.

CO-DIRECCIÓN

Carlos Andrés Franco Prieto

Ingeniero Catastral y Geodesta - Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”

Magister en Geomática – Universidad Nacional de Colombia

Funcionario de planta del Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Coordinador del Grupo de Trabajo Investigación, Desarrollo e Innovación del Centro de Investigación en Sistemas de Información Geográfica CIAF

RESUMEN

Las técnicas de georreferenciación apoyadas en los sistemas de corrección diferencial en tiempo real – SCDTR, han evolucionado desde la transmisión por radio-módems, pasando por los servicios de transmisión de mensajes RTCM ((Radio Technical Commission for Maritime Services) o archivos nativos empleando Internet hasta la oferta de servicios de transmisión de estas correcciones vía satélite.

Colombia como territorio tiene una topografía caracterizada principalmente por tres sistemas de cordilleras, valles al centro norte y llanuras al sur oriente, con bosques y selvas que cubren más de 59 millones de hectáreas de su territorio, donde las regiones con mayor cobertura de bosques son la Amazonía y el Pacífico. Según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, en promedio a 2018 muestran que por departamentos, Guainía (65,0%), Vaupés (59,4%), Vichada (55,0%), La Guajira (51,4%) y Chocó (45,1%) son las regiones con la mayor población que tienen obstáculos para acceder a las necesidades básicas y elementos de calidad de vida. Con respecto a las comunicaciones móviles, en particular el Internet, Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL, a 2018 el 45,5% de la población accede a Internet; mientras tanto las vastas áreas rurales aún esperan la prometida conectividad. Estas condiciones extrapoladas a Colombia, obligan la evaluación de estos servicios, donde se explorarán las alternativas privadas disponibles en Colombia (oferta, cobertura, características técnicas y disponibilidad), contrastándolas con los servicios tiempo real que el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC está implementando.

Como resultado de este análisis, se busca sugerir al IGAC estrategias que soporten la validación de los resultados en coordenadas obtenidos mediante la aplicación de alternativas diferentes a los servicios en tiempo real del IGAC, en los procesos de Barrido Predial Masivo contemplados en el documento: Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES 3958 de 2019.

Análisis de los servicios de posicionamiento en tiempo real disponibles en Colombia, aplicables al mejoramiento de datos GNSS en proyectos de barrido predial masivo.

PALABRAS CLAVE

GNSS, correcciones diferenciales satelitales, tiempo real, barrido predial masivo, catastro multipropósito.

INTRODUCCIÓN

En primera instancia, se contextualiza este análisis en torno al objeto final por el cual fue motivado como es: facilitar, tanto en tiempo como en presupuesto, el cumplimiento de las metas para el Barrido Predial Masivo, contenidas en el CONPES 3958, ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA DE CATASTRO MULTIPROPÓSITO. Las acciones de este documento buscan corregir las limitaciones observadas hasta la fecha, mediante la integración de un enfoque de competencia y apertura al mercado y de la promoción del uso de la información catastral, más allá de los fines fiscales. Con base en esta estrategia, se propone la actualización, gradual y progresiva de la información catastral del país, pasando del actual 5,68 % del área del territorio nacional con información catastral actualizada, a un 60 % en 2022 y al 100 % en 2025. En el logro de dicha meta, se aplicará gradualmente el enfoque multipropósito, levantando la información que contribuya a los procesos de ordenamiento social de la propiedad y también adelantando la formación catastral en las zonas rezagadas del país. De otro lado, dada la necesidad de generar cambios institucionales estructurales que permitan adelantar más ágilmente la formación y actualización del catastro, es necesario implementar ajustes en el IGAC y abrir espacios para la participación de otras entidades, del orden nacional y subnacional, y de otros sectores. De esta manera se espera crear una dinámica para el desarrollo de capacidades de las entidades públicas y un aprovechamiento de las capacidades del sector privado, para desarrollar mecanismos que permitan una gestión catastral eficiente (Consejo Nacional de Política Económica y Social 3958, 2019).

El CONPES 3958 de 2019, se enfoca en abordar las problemáticas asociadas con la coordinación y articulación interinstitucional, así como los ajustes institucionales que separen y fortalezcan los roles del IGAC y promuevan la participación de otros actores públicos y privados. En este sentido el instituto ha venido actualizando y ampliando su plataforma tecnológica con el objeto de facilitar los procesos de BPM, contenidos en el CONPES 3958, mediante la implementación nuevos servicios como son los Sistemas de

Tiempo Real, apoyados en la cobertura del servicio de Internet disponible en los territorios.

La realidad del territorio nos muestra que a partir de los reportes que los operadores de servicios de telefonía móvil del país envían a Comisión de regulación de Comunicaciones - CRC, grandes extensiones del territorio colombiano no tienen servicio de telefonía móvil (INTERNET) o su calidad es baja.

El análisis aborda este problema y propone generar estrategias que permitan al IGAC, ya sea en la etapa de pruebas o en la etapa inicial de operación, evaluar la calidad de los resultados que se pudieren obtener mediante la aplicación de servicios diferentes a los servicios en tiempo real implementado por el IGAC y que no requieren de la disponibilidad de INTERNET para su aplicación. La realidad del territorio en cuanto a disponibilidad de este recurso hace necesario estudiar alternativas que permitan facilitar las actividades de georreferenciación inmersas en los proyectos de BPM en los territorios apartados donde se necesita consolidar la presencia del estado y a la vez, garantizar el cumplimiento de las propuestas en el CONPES 3958 de 2019.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema de investigación de este proyecto se plantea desde tres deferentes ópticas a saber:

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diagnóstico de la situación Actual: La operación de los nuevos servicios basados sistemas de tiempo real del IGAC, al igual que sus futuros usuarios, dependen y requieren de la cobertura eficiente del servicio de internet.

Los mapas de cobertura suministrados por las operadoras de telefonía celular a la Comisión de regulación de Comunicaciones CRC, muestran que el cubrimiento se limita a la ronda de los centros urbanos (capitales de departamento, cabeceras municipales y a algunas zonas de desarrollo industrial y minero), generando sombras en el servicio de internet por lo menos en el 50% de la superficie de Colombia.

Pronostico: Debido a la deficiente o nula cobertura del servicio de Internet en aproximadamente el 50% de los territorios, se prevé de parte de los gestores catastrales el empleo de alternativas de georreferenciación diferentes a los servicios de tiempo real del IGAC, que no dependan de la cobertura de internet para su operación. Estos servicios son los Servicios de Corrección Diferencial en Tiempo Real Satelital – SCDSTRS.

Control al pronóstico: esta investigación se propone explorar y caracterizar los diferentes servicios de corrección en tiempo real (dependientes de internet o no), disponibles en Colombia. En primera instancia explorarán las alternativas privadas, estudiando las condiciones de: oferta, cobertura, características técnicas y disponibilidad. De igual forma se analizarán los servicios de tiempo real ofertados por el IGAC, donde se estudiarán tópicos relacionados con la cobertura y se contrastará esta con la estimada del servicio de Internet, generando un mapa de cobertura neta, estableciendo las áreas donde se prevé que no sea posible el aprovechamiento de los servicios propuestos por el IGAC.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con el diagnóstico de la situación actual y en coherencia con lo descrito en el control al pronóstico se formula la pregunta:

¿Qué estrategias permitirán validar al IGAC adecuadamente los resultados obtenidos por los gestores catastrales que opten por la aplicación de SCDTR diferentes a los ofrecidos por el IGAC?

1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

El problema planteado sugiere dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿qué SCDTR disponibles en el mercado son aplicables en Colombia para generación de productos cartográficos del BPM?
- ¿qué niveles de precisión ofrecen los SCDTR disponibles en Colombia y como se relacionan con las precisiones exigidas por el IGAC para los productos cartográficos del BPM urbano y rural?
- ¿qué diferencias se pueden encontrar entre los SCDTR caracterizados y los servicios de tiempo real del IGAC?

2. OBJETIVOS

En este capítulo se definen tanto el objetivo general de la investigación como los objetivos específicos del mismo.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Formular estrategias que permitan al IGAC la validar el uso de alternativas diferentes a los servicios de tiempo real IGAC empleadas en las actividades de BPM.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los SCDTR disponibles en Colombia.
- Caracterizar los SCDTR disponibles en Colombia, Identificando las variables claves que los componen.
- Potenciar los objetivos misionales del IGAC, apoyados en el uso de tecnologías alternativas en tiempo real.

3. JUSTIFICACIÓN

En este capítulo se exponen las justificaciones de este proyecto, relacionando el avance actual de tecnologías, la condición actual de territorio y la necesidad perentoria de cumplir con las metas del BPM propuestas por el CONPES 3958.

3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Los SCDTR basados en transmisión satelital son una realidad aplicada en diversos campos como: aeronavegación, agricultura, Sistemas de Información Geográfica SIG, minería, ferrocarriles, vehículos autónomos entre otros. Esta investigación es el espacio oportuno para estudiar los SCDTR satelitales, buscando aprovechar las fortalezas que este servicio ofrece, permitiendo su apropiación y posterior aplicación oportuna a los procesos de BPM.

3.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Generar estrategias que permitan al IGAC establecer los argumentos técnicos que soporten la validación de los resultados en coordenadas obtenidos mediante la aplicación de alternativas diferentes a los servicios de tiempo real del IGAC.

3.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El BPM requiere de alternativas tecnológicas que garanticen el equilibrio económico y el logro de las metas propuestas por el CONPES 3958. Esta necesidad plantea nuevos retos que implican considerar el empleo de nuevas tecnologías que permitan reducir costos y tiempos de operación, manteniendo los estándares de calidad y precisiones exigidas.

4. MARCO METODOLÓGICO

Previo al análisis propuesto, se requiere de una contextualización enmarcada en el CONPES 3958, precisando unas definiciones y unas especificaciones técnicas requeridas.

La figura 1 muestra el flujo del análisis planteado, iniciando con la exploración de los SCDTR disponibles. En la siguiente etapa se hace el inventario de estos en Colombia, incluyendo los servicios de tiempo real en etapa de implementación por parte del IGAC. A continuación se realiza una caracterización de los servicios para el país, donde se identifican las variables claves que a tener en cuenta en la etapa final de generación de las estrategias que facilitarán al IGAC validar los resultados en coordenadas obtenidos mediante la aplicación de alternativas diferentes a los servicios de tiempo real del IGAC.

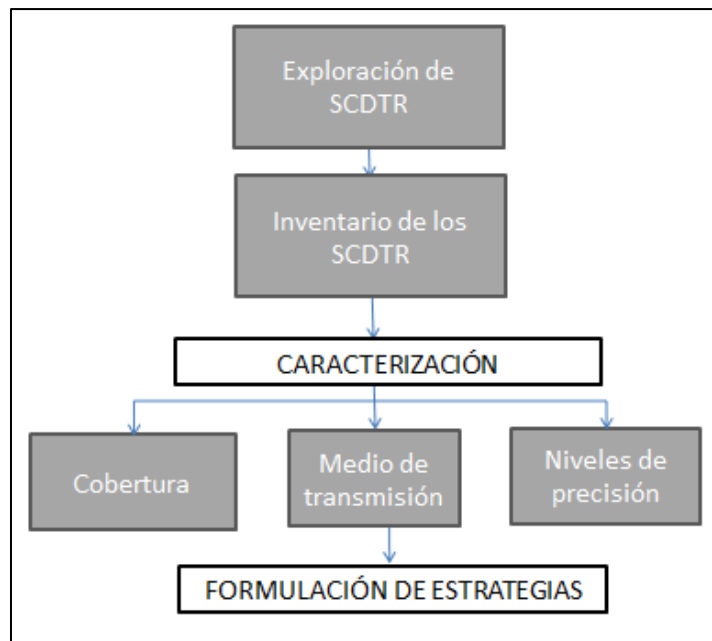


Figura 1. Esquema del flujo metodológico aplicado. Fuente: Elaboración propia.

5. CONTEXTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS

Este capítulo se hace una breve descripción del documento CONPES 3958, algunas definiciones pertinentes al tema de análisis y se mencionan apartes de las resoluciones que orientan técnicamente las actividades de BPM.

5.1 CONPES 3958 de 2019

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021) define:

La Estrategia para la implementación de la Política pública de Catastro Multipropósito, que reemplaza el Documento CONPES N° 3859 Política para la adopción e implementación de un catastro multipropósito rural-urbano, el cual avanzó en la implementación de la fase piloto, pero no logró consolidar ajustes estructurales para la ejecución de la política, debido, principalmente, a limitaciones en la realización de ajustes legislativos.

La presente política se enfoca en abordar, primero, las problemáticas asociadas con la coordinación y articulación interinstitucional, así como los ajustes institucionales que separen y fortalezcan los roles técnico y promuevan la participación de otros actores públicos y privados. En segundo lugar, aborda las problemáticas asociadas a la disposición oportuna de insumos y el ajuste de metodologías, adopción de estándares y fortalecimiento de sistemas de información. En tercer lugar, busca promover su utilidad para el diseño e implementación de otras políticas públicas relacionadas con el desarrollo territorial, estableciendo protocolos y estándares para la interoperabilidad de la información y socializándolos con diferentes actores sectoriales. En línea con el cambio de enfoque, para superar la visión fiscal tradicional del catastro, se propone incorporar mecanismos tecnológicos y financieros que permitan hacer sostenible el catastro multipropósito.

5.2 DEFINICIONES

Barrido Predial Masivo: conjunto de actividades tendientes al levantamiento y registro de los predios que ocupan la totalidad del territorio de un municipio, de forma continua en espacio y tiempo. Levantamiento y registro que debe realizarse de acuerdo con los estándares de producto y metodologías definidas y adoptadas por las autoridades catastral y registral. Estas actividades están encaminadas a identificar e individualizar la totalidad de predios que componen un municipio o una zona determinada, a través de tareas de campo que implican el reconocimiento y levantamiento predial de sus características físicas y jurídicas y permiten la articulación de múltiples actores en terreno (Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES] 3958, 2019).

Calidad: conjunto de características de los datos geográficos que describen su capacidad para satisfacer necesidades establecidas e implícitas (Instituto Colombiano de Normas técnicas [ICONTEC], 2010).

Catastro multipropósito: aquel que dispone información predial para contribuir con la seguridad jurídica del derecho de propiedad inmueble, el fortalecimiento de los fiscos locales, el ordenamiento territorial y la planeación social y económica (Ley 1753, 2015).

Confiabilidad: expresión del nivel de control sobre veracidad de la información (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2018).

Especificación: documento en el que se describen detalladamente las características o condiciones mínimas que debe cumplir un producto geográfico, con el fin de crearlo, proveerlo y usarlo de manera estandarizada, permitiendo la interoperabilidad entre los datos y maximizando la calidad de la información(IGAC, 2018).

Exactitud posicional absoluta: proximidad de los valores reportados de las coordenadas a los valores verdaderos o aceptados como tales (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2014).

Exactitud posicional relativa: posición de un elemento o conjunto de elementos con respecto a la posición de los demás elementos del conjunto (ISO, 2014).

Precisión: Medida de la repetitividad de un conjunto de medidas. Grado de cumplimiento de las observaciones, en relación con su valor real, siendo desconocido, el valor más probable es el que se considera como la media aritmética de estas observaciones o cumple con el 95 % de nivel de confiabilidad (ICONTEC, 2018).

Predio rural: es el ubicado fuera de los perímetros urbanos: cabecera, corregimientos y otros núcleos aprobados por el Plan de Ordenamiento Territorial (Resolución 070, 2011).

Predio urbano: es el ubicado dentro del perímetro urbano (Resolución 070, 2011)

Levantamiento Planimétrico Predial: Conjunto de operaciones ejecutadas sobre el terreno con los instrumentos adecuados, para representar el bien inmueble en un plano horizontal, sobre el cual se proyectan los linderos y construcción (IGAC, 2018).

5.3 CONSIDERACIONES TECNICAS

En esta sección se reseñan las normas técnicas y resoluciones que rigen para la generación de productos en los procesos de BPM y catastro multipropósito.

5.3.1 Resolución 643 de 2018 - IGAC

Por la cual se adoptan las especificaciones técnicas de levantamiento planimétrico para las actividades de barrido predial masivo y las especificaciones técnicas del levantamiento topográfico planimétrico para casos puntuales. Para la contextualización del presente análisis, el artículo 3 de la Resolución 643 de 2108 dice:

Especificación técnica del levantamiento planimétrico para las actividades de barrido predial masivo. Esta especificación deberá cumplirse para los levantamientos planimétricos prediales que se realicen en desarrollo de las actividades de barrido predial masivo de catastro multipropósito, en las de

ordenamiento social de la propiedad (OSP) y en los procesos de formación y actualización catastral en el marco de la Resolución Conjunta 1732 (SNR) y 221 (IGAC) del 21 de febrero de 2018.

En cuanto a la calidad de los productos la Resolución 643 de 2018 específica:

5.1.2 Exactitud posicional absoluta o externa: La exactitud posicional debe ser asegurada y evidenciada durante el proceso de medición y determinada según el método de levantamiento. Cada uno de los puntos de lindero, construcción y eje de servidumbre de tránsito, debe cumplir los valores mínimos estipulados en la siguiente tabla:

Ámbito	CE 95%	RMSE _x /RMSE _y
Urbano	0,52m	0,21m
Rural	5,2m	2,12m

Tabla 1. Exactitud posicional absoluta. Fuente: IGAC, 2018.

En aquellos municipios o áreas de ellos que cuenten con bases cartográficas de referencia con valores de exactitud posicional absoluta mejores a lo estipulado en la tabla anterior, los levantamientos prediales deberán tener la misma o superior exactitud para garantizar la interoperabilidad posicional. Para los predios que requieran levantarse con fines de ordenamiento social de la propiedad o en desarrollo de los procesos de formación y actualización catastral con ocasión de la Resolución Conjunta SNR (1732) e IGAC (221) de 2018 o, en general, para contribuir con la seguridad jurídica, cuando sean predios urbanos la exactitud posicional de la tabla 1 es suficiente, en tanto, que para predios rurales debe garantizarse la siguiente exactitud posicional:

Ámbito	CE 95%	RMSE _x /RMSE _y
Rural	1m	0,41m

Tabla 2. Exactitud posicional absoluta – seguridad jurídica. Fuente: IGAC, 2018.

El anexo 2, en cuanto al empleo de otras tecnologías de corrección diferencial en tiempo real la Resolución 643 de 2018 dice:

9.1.3. Cinemático en tiempo real. Se deben materializar dos (2) puntos topográficos base, cercanos entre sí, conservando las especificaciones del numeral 8° “Puntos topográficos base”, de los cuales uno se empleará como referencia para la corrección diferencial en tiempo real y el otro, para chequeo al inicio y al final del levantamiento topográfico o planimétrico. En caso de emplear para la obtención de puntos de levantamiento otras tecnologías de corrección diferencial en tiempo real, transmitidos a los receptores vía satelital o por protocolos de internet, es esencial relacionar las especificaciones técnicas de los equipos utilizados.

5.3.2 Resolución 388 de 2020 - IGAC

Por la cual se establecen las especificaciones técnicas para los productos de información generados por los procesos de formación y actualización catastral con enfoque multipropósito. El Artículo 6° de esta resolución especifica:

Información catastral física. Corresponde a las variables físicas del predio y representación geográfica de los objetos que conforman el predio. En todo caso, incluyendo predios en condiciones de informalidad de acuerdo con lo mencionado en el artículo 2.2.2.2.1 del Decreto 148 de 2020. Comprende actividades para el posicionamiento de los vértices que componen los linderos de los terrenos, las construcciones y las servidumbres de tránsito. Este proceso puede realizarse mediante métodos directos de medición en campo o indirectos con el uso de ortoimágenes u otros insumos cartográficos, así como implementarse combinaciones u otros métodos que permitan la identificación y localización precisa de los elementos objeto del levantamiento, entre ellos los métodos declarativos y colaborativos, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas definidas en la presente resolución.

5.3.3 Decreto 148 de 2020

Por el cual se reglamentan parcialmente los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley 1955 de 2019 y se modifica parcialmente el Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1170 de

2015, "Por medio del cual se expide el Decreto Reglamentario Único del Sector Administrativo de Información Estadística. Del capítulo 2 - Procedimientos de Enfoque Multipropósito se extracta:

Artículo 2.2.2.2.5. Barrido predial masivo. Es el conjunto de estrategias, actividades y acciones orientadas a conseguir la identificación de las características físicas, jurídicas y económicas de los predios sobre un territorio determinado. El barrido predial masivo comprende diferentes maneras de intervención en el territorio, incluyendo, entre otros, métodos directos e indirectos de captura de información, esquemas colaborativos, uso de registros administrativos, modelos geoestadísticos y econométricos y demás procedimientos técnicos, herramientas tecnológicas e instrumentos de participación comunitaria con enfoque territorial, así como el uso de otras fuentes de información territorio que permitan obtener los datos necesarios para establecer la línea base de información catastral multipropósito en un municipio, igual que para su mantenimiento y actualización permanente. Los productos derivados de las actividades de barrido predial masivo deberán cumplir con las especificaciones técnicas definidas por la autoridad reguladora.

Artículo 2.2.2.2.6. Métodos de recolección de información. Los procesos catastrales podrán adelantarse mediante la combinación de los siguientes métodos:

a) Métodos directos: Aquellos que requieren una visita de campo con el fin de recolectar la realidad de los bienes inmuebles.

b) Métodos indirectos: son aquellos métodos de identificación física, jurídica y económica de los bienes inmuebles a través del uso de imágenes de sensores remotos, integración de registros administrativos, modelos estadísticos y econométricos, análisis de Big Data y demás fuentes secundarias como los observatorios inmobiliarios, para su posterior incorporación en la base catastral.

c). Métodos declarativos y colaborativos: Son los derivados de la participación de la comunidad en el suministro de información que sirva como insumo para el desarrollo de los procesos catastrales. Los gestores catastrales propenderán por la adopción de nuevas tecnologías y procesos comunitarios que faciliten la participación de los ciudadanos.

Parágrafo 1. En los procesos de barrido predial masivo, los gestores catastrales serán los encargados de definir la adecuada combinación de los métodos de intervención, teniendo en cuenta las condiciones propias de sus territorios y la disponibilidad de fuentes secundarias de información, conforme a las especificaciones mínimas establecidas por la autoridad reguladora.

Parágrafo 2. Los métodos declarativos y colaborativos podrán emplearse para el mantenimiento permanente de la información Catastral.

6. EXPLORACIÓN DE SERVICIOS EN TIEMPO REAL

Los errores del sistema GNSS limitan la precisión obtenida en tiempo real; los métodos GNSS diferencial o GPS diferencial, permiten mejorar tanto la precisión como la integridad y la fiabilidad de nuestros resultados. Los sistemas de correcciones diferenciales en tiempo real consisten en algoritmos que corrigen errores GNSS en tiempo real (Garrido-Villen, 2017).

La oferta de soluciones basadas en sistemas de correcciones diferenciales en tiempo real que elimina o modela los errores del sistema GNSS, proporcionando un alto nivel de precisión empleando un solo receptor y entregadas al usuario final vía satélite o por Internet. Las CORS (Estaciones de Referencia de Observación Continua), utilizan los GNSS para determinar con alta precisión una posición, mediante la observación de los satélites de las constelaciones disponibles. Empleando la técnica llamada de Corrección Diferencial, es posible eliminar casi totalmente la influencia de los errores inducidos voluntariamente o producidos por la señal GNSS, tanto en modo Post Proceso como en Tiempo Real. Actualmente están disponibles también soluciones PPP (Precise Point Positioning - Posicionamiento Puntual Preciso), a partir de desarrollos generados en varias agencias de investigación. Últimamente se han presentado ciertos avances sobre PPP (Posicionamiento de Punto Preciso), particularmente en tiempo real. Las Correcciones Diferenciales pueden ser obtenidas directamente a partir de un receptor GNSS, de una CORS o de una red CORS, conectadas a un Servidor-Cáster a través de Internet. El cliente o usuario móvil utilizando tecnología de telefonía móvil (GSM, GPRS, EDGE, UMTS) y un programa Cliente, puede acceder a la dirección IP del Cáster, a través de protocolo NTRIP (Red de Transporte de datos en formato RTCM a través Protocolo de Internet), a fin de obtener los datos de corrección diferencial para el receptor GNSS que está utilizando (Suarez et al, 2013).

6.1 NTRIP

Esta técnica, conocida bajo el nombre de: Transporte en red de RTCM a través de Protocolo de Internet – NTRIP por sus siglas en inglés, utiliza Internet para transmitir y

compartir correcciones diferenciales permitiendo a los usuarios un posicionamiento y navegación precisa. El desarrollo de esta técnica fue realizado por la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia (BKG), junto con socios como la Universidad de Dortmund y Trimble Terrasat GmbH. La intención principal fue utilizar "Internet" más o menos como una alternativa a la actual Servicios de corrección en tiempo real existentes proporcionados a través de transmisión de radio (LF, MF, HF, UHF) o redes de comunicaciones móviles como GSM, GPRS, EDGE o UMTS. NTrip es un protocolo genérico sin estado basado en el Protocolo de transferencia de hipertexto HTTP / 1.1 y está mejorado para flujos de datos GNSS.

Una red NTrip consta de tres tipos de aplicaciones, a saber, NtripClient, NtripServer y NtripCaster. El NtripCaster funciona como un servidor real o divisor (HTTP), los programas NtripClient y NtripServer actúan más como clientes de acuerdo con la Internet clásica, la comunicación que generalmente se basa en el principio clásico de servidor / cliente (uno o más los servidores comparten recursos con los usuarios dentro de una red). La comunicación entre NtripServer y NtripCaster, así como NtripClient y NtripCaster son totalmente compatibles con HTTP 1.1. En caso de perder la conexión TCP (Protocolo de control de transmisión) entre el describieron los componentes del sistema de comunicación (NtripServer-NtripCaster, NtripClient, NtripCaster) los TCP-sockets involucrados reconocerán esto y garantizarán una reconexión (Lenz, 2004).

La figura 2 muestra la configuración básica de una red NTrip.

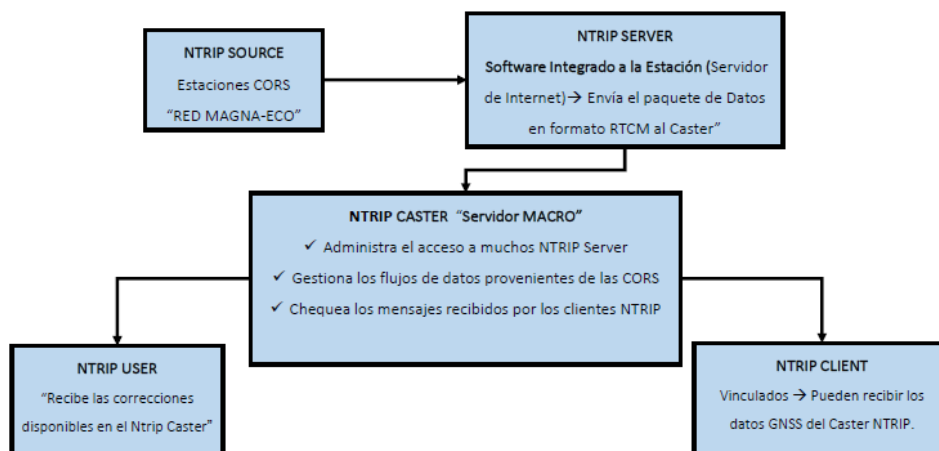


Figura 2. Esquema básico de una red NTRIP. Fuente: Gutierrez, N. (s.f.)

La medición en tiempo real puede ser tanto de los códigos como de las portadoras en el caso del GPS. Cabe destacar que, en este tipo de mediciones en tiempo real, a pesar de su carácter relativo, solo se necesita disponer de un instrumento capaz de realizar medición RTK y de permitir una conexión inalámbrica a Internet, logrando la obtención de resultados de calidad similar a otras modalidades afines como el RTK convencional. Esto resulta beneficioso para aquel usuario que no pueda contar con un mínimo de dos receptores para llevar a cabo el trabajo de campo en modo diferencial. El sistema está compuesto por tres elementos básicos: NTRIPSource, es la fuente generadora de las correcciones diferenciales en formato RTCM, materializada por un receptor GNSS capaz de llevar a cabo este proceso y de enviarlas a un servidor, este último además de recibir las correcciones, también permite transferirlos vía HTTP al siguiente componente del sistema. El servidor NTRIP no es más que un computador con acceso a Internet y un software adecuado para cumplir dichas funciones. NTRIPCaster, es el agente transmisor, su función principal es la de difundir las correcciones GNSS calculadas a la comunidad de usuarios, la cual constituye al NTRIPClient, este segmento es el receptor final de las correcciones diferenciales quien las aplica para la obtención de un posicionamiento preciso en tiempo real. Una amplia gama de aplicaciones pueden beneficiarse con esta modalidad de observación, desde un levantamiento parcelario con fines catastrales hasta la adquisición de datos geoespaciales para la confección de un SIG, incluyendo la generación de puntos de control terrestre para la georreferenciación de imágenes satelitales de mediana y alta resolución espacial. (Briceño et al., 2009).

6.2 POSICIONAMIENTO PUNTUAL PRECISO - PPP

El método de Posicionamiento Puntual Preciso – PPP, fue propuesto por primera vez por Zumbege et al en 1997. Luego, Kouba y Heroux y Kouba y Spinger propusieron el uso de productos IGS combinados precisos y una combinación lineal libre de ionosfera que elimina el retardo ionosférico de primer orden. La precisión de un centímetro y un decímetro se logró para estática y cinemática, respectivamente, utilizando solo GPS. En 2002, el GPS cinemático se utilizó en el trabajo de Gao y Shen. La precisión de varios

decímetros se logró con el tiempo de convergencia de 2 h. Chen et al. en 2004. En 2007, Cai y Gao utilizaron GPS y GLONASS por primera vez. Sin embargo, GLONASS tenía solo 12 satélites y ya entonces se logró una mayor precisión utilizando más satélites (Kiliszek et al, 2020).

En los últimos años, se puede notar un desarrollo significativo del método de PPP, que aumenta la precisión y acelera el tiempo de convergencia de la posición de estimación. Se han desarrollado algoritmos nuevos o mejorados, tales como: Diferencia única entre satélites (BSSD), frecuencia única, multifrecuencia, utilizando observaciones sin procesar, modelado estocástico o modelos que incorporan correcciones de retardo ionosférico de orden superior. El desarrollo también se puede ver en las mediciones en tiempo real que son posibles gracias al Servicio en tiempo real (RTS) del Sistema internacional de navegación global por satélite (GNSS) (IGS). Otra nueva tendencia es el desarrollo de métodos para estimar la ambigüedad entera de PPP-AR / PPP. También existe un interés creciente en el método PPP que utiliza receptores baratos como los teléfonos inteligentes. Sin embargo, lo más importante es la posibilidad de utilizar varios GNSS juntos. El desarrollo constante de GNSS tiene un impacto significativo tanto en la precisión como en el tiempo de convergencia del posicionamiento PPP. Multi-GNSS aumenta el número de satélites observados, lo que mejora la geometría de los satélites. Además, el desarrollo de GNSS aumenta la precisión de los productos y aumenta el número de señales y frecuencias disponibles, lo que mejora, por ejemplo, tomografía atmosférica que ofrece nuevas posibilidades para probar la calidad de la señal y la estimación de la ambigüedad (p. ej. Utilizando observaciones de tres frecuencias y/o varias señales de la misma frecuencia), (Teunissen, P., 2012).

Mediante el uso de órbitas y relojes de satélites, así como otras correcciones (por ejemplo, la rotación de la Tierra, las mareas y la carga oceánica, fase, etc.), se calcula la posición del receptor GNSS y se pueden estimar otros parámetros, como retrasos atmosféricos. En los últimos años se han desarrollado servicios que permiten que los datos de efemérides de alta precisión estén disponibles en tiempo real para los usuarios. Tal disponibilidad ha creado, y lo seguirá creando, una amplia gama de aplicaciones PPP. Además, son posibles varias formas de PPP, como, por ejemplo, PPP de frecuencia única utilizando mapas ionosféricos globales (GIM), PPP de doble frecuencia utilizando

combinaciones sin ionosfera, o resolución de ambigüedad entera habilitada PPP cinemática en tiempo real (Teunissen, P., 2012).

El Servicio Internacional de GNSS (IGS) hizo posible la mayoría de estos estudios con su proyecto piloto denominado experimento de GNSS múltiple (MGEX). La red mundial de estaciones habilitada para recopilar, analizar, procesar y finalmente proporcionar datos y productos precisos de todas las señales GNSS / Regional Navigation Satellite System (RNSS) disponibles (Kiliszek et al, 2020).

Existe otra implementación con fines comerciales llamada OmniSTAR, que brinda un servicio corrección diferencial, para lo cual se debe contratar la señal. Estos sistemas proporcionan los datos de correcciones de distintas estaciones. Según la región, el tipo de servicio y el alcance del contrato, se puede acceder a distintas señales, con diferentes precisiones y costos ((Suarez et al, 2013).

Los servicios de corrección por suscripción se apoyan en datos de reloj del satélite GNSS y correcciones de la órbita generados a partir de una red de estaciones de referencia global que son transmitidas al usuario final empleando la red de satélites geoestacionarios (Banda L), tal como se aprecia en la figura 3.

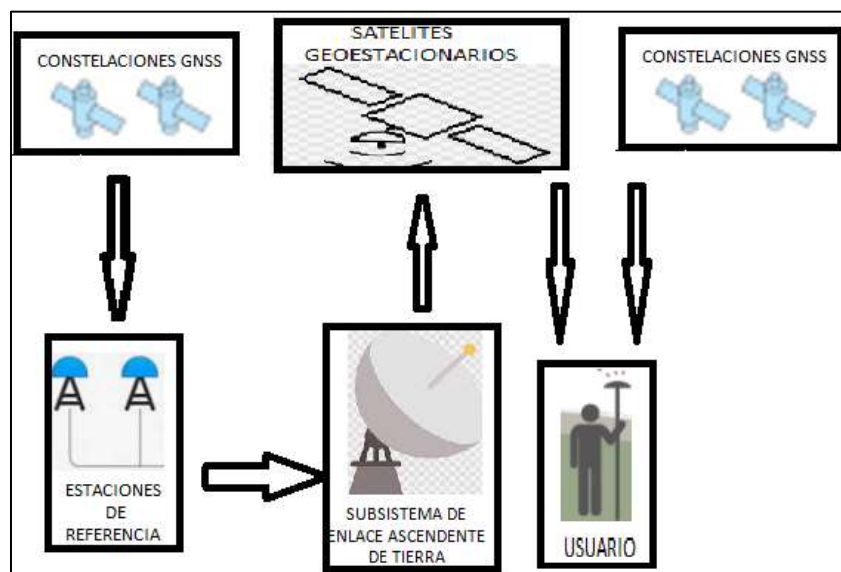


Figura 3, Esquema del servicio de corrección por suscripción.
Fuente: elaboración propia.

6.3 GEODESIA - IGAC

Los objetivos de geodesia del IGAC van mucho más allá de su compromiso con el CONPES 3958. La geodesia es la herramienta fundamental de monitoreo de la tierra que abarca entre otras aplicaciones:

Actualmente la geodesia proporciona los fundamentos científicos de la navegación con la exploración y uso de los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS). Sus actividades tienen como alcance entre tantos la definición del sistema global de referencia terrestre (IGAC, 2021). En este sentido, el plan de fortalecimiento de la infraestructura geodésica nacional está dirigido a potenciar su actuación en los siguientes campos:

6.3.1 GNSS

Realiza actividades enmarcadas en la densificación de la Red Geodésica Nacional fortaleciendo y manteniendo actualizado el sistema de referencia oficial del país, así, se garantiza al usuario que la información proporcionada cumpla con los requerimientos técnicos necesarios. Además, se están desarrollando redes locales que permitirán darle fiabilidad técnica a los diferentes proyectos ejecutados, como obras civiles y estudios de infraestructura municipal y de investigación.

Teniendo en cuenta los objetivos misionales del IGAC se continuará con la densificación de la Red Pasiva entendiendo el compromiso que tiene el Grupo de Trabajo en el desarrollo del Marco de Referencia Geodésico Global (GGRF) el cual, comprende la cooperación internacional y las políticas de desarrollo sostenible. Adicionalmente, generar convenios con municipios dando a conocer la importancia de un Sistema de Referencia preciso y actualizado, de tal manera que les permita administrar adecuadamente su territorio y les facilite la toma de decisiones.

También con el compromiso de mejorar y mantener la infraestructura geodésica nacional como medio esencial para el desarrollo sostenible es necesario la actualización y ajuste de las coordenadas al ITRF vigente (ITRF2014) que permite brindar información eficaz, oportuna y de calidad, enmarcada dentro de los lineamientos de la Asociación

Internacional de Geodesia-AIG y el International Earth Rotation and Reference Systems Service - IERS.

6.3.2 Nivelación

Actualmente, desde la Subdirección de Geografía y Cartografía, se encuentran adelantando el proceso de densificación de la red de nivelación nacional, con dos propósitos fundamentales: el primero de ellos es cerrar las redes de nivelación, para poder realizar el ajuste en bloque de los circuitos en términos de números geopotenciales; como segundo propósito tiene, generar conexiones con las redes geodésicas de los países vecinos; todo esto encaminado para lograr consolidar y establecer el Marco Nacional de Referencia Vertical y así mismo aportar en la definición y realización del Marco Internacional de Referencia de Altura (IHRF) –Sistema Internacional de Referencia de altura (IHRF).

6.3.3 Red MAGNA-ECO

La Red MAGNA-ECO actualmente se encuentra en proceso de renovación, realizando la instalación de nuevos Equipos Geodésicos GNSS de alta precisión y la instalación de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica que permiten generar autonomía en cada una de las estaciones continuas (alimentación con energía solar y transmisión de datos a través de una Red móvil), con la finalidad de mantener la comunicación constante entre las estaciones continuas y el servidor central del IGAC. La Red se encuentra en proceso de densificación para ampliar la cobertura a nivel Nacional con la finalidad de garantizar la implementación de nuevos Sistemas de Tiempo Real; Estaciones Virtuales de Referencia (VRS), Protocolo para el envío de datos GNSS por Internet (NTRIP) y Posicionamiento Puntual Preciso (PPP).

6.3.4 Centro de Procesamiento IGA

El centro de procesamiento IGA tiene como labor principal la recopilación, descompresión, organización y procesamiento de datos GNSS de las estaciones

permanentes de la red SIRGAS-CON con el objetivo de generar coordenadas semanales, las cuales, en combinación con las soluciones generadas por cada uno de los centros de procesamiento, constituyen el informe de coordenadas oficiales semanales de la red publicadas por SIRGAS; teniendo en cuenta los estándares internacionales en términos de precisión y calidad de los resultados. Paralelo al procesamiento para la obtención de coordenadas, se han realizado estudios para la implementación de nuevas aplicaciones con datos GNSS, como el estudio de la ionósfera por medio de la generación de modelos ionosféricos.

Uno de los objetivos a futuro para el centro de procesamiento IGA es la conversión a centro de procesamiento combinado de SIRGAS, donde se realizará la integración de las soluciones semanales de los centros de procesamiento para la generación y publicación de coordenadas oficiales finales.

6.3.5 Modelo Geoidal

Las actividades que desarrollan en este tema van orientadas a un mediano plazo, principalmente, hacia la obtención de una superficie de referencia vertical para el país que esté integrada con SIRGAS y su densificación nacional con MAGNA SIRGAS, y a largo plazo hacia la integración con un Marco Global de Referencia Geocéntrico, abriendo la posibilidad de todo un abanico de aplicaciones que van desde el desarrollo de obras de infraestructura civil hasta el monitoreo del cambio climático.

6.3.6 Gravimetría

Actualmente el IGAC se encuentra trabajando en la actualización y el cálculo de la Red Gravimétrica de Colombia, esto con el fin de apoyar la actualización del modelo Geoidal, la implementación del Marco de Referencia Internacional de Alturas (IHRF) y la obtención de alturas normales. La Red Gravimétrica cuenta con la línea de Calibración conformada por las estaciones absolutas Bogotá y Honda, haciendo parte estas de la Red de orden cero de Colombia (IGAC, 2021).

7. INVENTARIO DE LOS SCDTR DISPONIBLES EN COLOMBIA

En esta sección se hace un inventario de la disponibilidad actual de servicios SCDTR ofrecidos por la empresa privada en el territorio colombiano. El inventario inicia con la descripción de las redes móviles (Internet), por ser la estructura base para la operación de los servicios de los SCDTR.

7.1 REDES MÓVILES

Las redes móviles en Colombia son utilizadas en la prestación de diferentes tipos de servicios. Por un lado, servicios de telecomunicaciones a través de teléfonos móviles que son predominantes en esas redes, como voz, mensajería e internet; y, por otro lado, servicios móviles prestados a través de dispositivos Máquina a Máquina - M2M e Internet de las Cosas-IoT, que vienen en progresivo avance, a saber: servicios de georreferenciación, telemetría, de pago y monitoreo de seguridad, entre otros. Las nuevas tecnologías para redes móviles incentivan nuevos modelos de comunicación, de transferencia de datos y de servicios digitales. El acceso a internet móvil de mayor velocidad y calidad incorpora una gran cantidad de beneficios sociales que facilitan la vida de los ciudadanos, como los servicios de telecomunicaciones, financieros y de transporte, el acceso a trámites y servicios del Estado, el comercio electrónico, servicios de educación y salud en línea, mecanismos de participación ciudadana, el desarrollo del arte y la cultura, entre otros; incrementa el producto interno bruto y la creación de nuevos empleos en las diferentes economías y comunidades; todo lo cual contribuye al desarrollo económico y la inclusión social (CRC,2019).

Durante el año 2019, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia – MinTIC, desarrolló el Plan de Acción de la subasta del espectro radioeléctrico, publicado en abril de 2019, en conjunto con la resolución de manifestación de interés. Como resultado de estas asignaciones Colombia pasó de tener tres operadores en 3G a seis operadores en 4G. En la figura 4 se muestra el estado

actual de asignación de espectro para servicio móvil por Operadores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) y banda de frecuencia en Colombia.

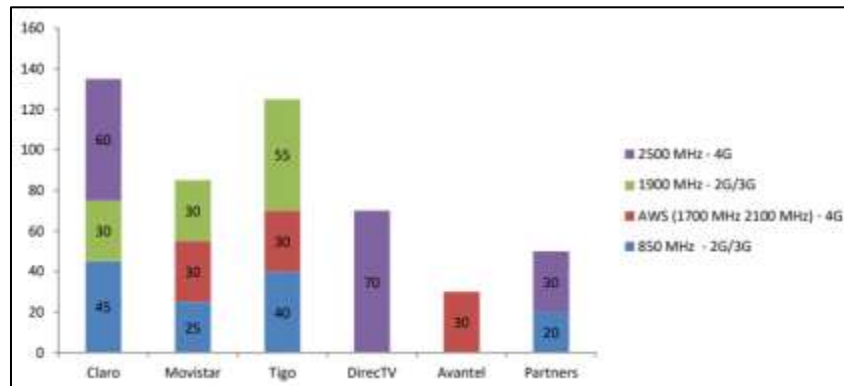


Figura 4. Asignación de espectro para servicio móvil.
Fuente: CRC, 2019.

De acuerdo con el informe de la CRC de 2019, con respecto a la penetración de líneas móviles suscritas, se encontró que supera el 100% de la población y en términos de usuarios únicos se encuentra alrededor de 70%. Pero, solo el 55% de la población tiene acceso al servicio de internet móvil (CRC, 2019). La figura 5 muestra estos resultados.

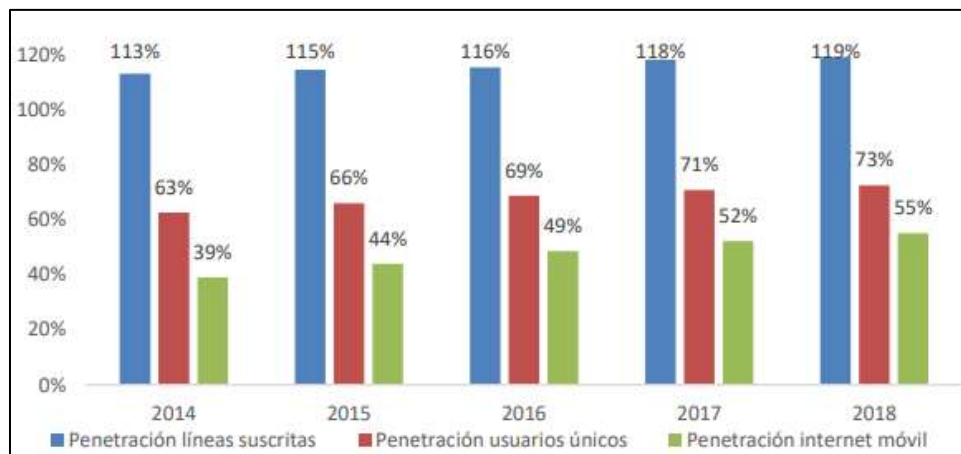


Figura 5. Usuarios únicos e Internet móvil en Colombia 2014-2018.
Fuente: CRC, 2019.

El análisis sobre el despliegue de redes móviles en Colombia muestra que, aunque la instalación de redes 4G a nivel nacional ha crecido sustancialmente, el número de sitios 4G sigue siendo relativamente bajo y se concentra en las grandes ciudades y cabeceras municipales en donde se encuentra la mayor densidad poblacional. Se identifica que en

198 de los municipios colombianos no se han instalado sitios 4G y que en 41 de ellos no se ha desplegado ninguna modalidad de tecnología móvil. Adicionalmente, se encontró que manera que en una proporción significativa de municipios de Colombia el número de sitios 4G instalados es bajo (entre 1 y 3). Con respecto al uso de las redes móviles, el estudio indica que el tráfico de datos a través de redes 4G ha crecido significativamente en todos los municipios, no obstante, se evidencian grandes disparidades regionales (CRC, 2019).

Para analizar el cubrimiento de la telefonía móvil (INTERNET), se consultaron los datos que reportan los PRST a la CRC. Los datos están representados en mapas interactivos que no permiten extraer información detallada para análisis, lo que obligo a hacer una búsqueda de fuentes de información externa que aportaran bases de datos apropiadas para el análisis de cubrimiento de los servicios de telefonía móvil en Colombia.

OpenCellID de Unwired Labs es un proyecto comunitario colaborativo que recopila las posiciones GPS de las torres celulares y área de cubrimiento correspondiente. Estas bases de datos contienen cerca del 85% de las antenas instaladas. La tabla 3 describe los campos de las bases de datos disponibles.

Parameter	Description
Radio	The generation of broadband cellular network technology (Eg. LTE, GSM)
MCC	Mobile country code. This info is publicly shared by International Telecommunication Union (link)
MNC	Mobile network code. This info is publicly shared by International Telecommunication Union (link)
LAC/TAC/NID	Location Area Code
CID	This is a unique number used to identify each Base transceiver station or sector of BTS
Longitude	Longitude, is a geographic coordinate that specifies the east-west position of a point on the Earth's surface
Latitude	Latitude is a geographic coordinate that specifies the north-south position of a point on the Earth's surface.
Range	Approximate area within which the cell could be. (In meters)
Samples	Number of measures processed to get a particular data point
Changeable=1	The location is determined by processing samples
Changeable=0	The location is directly obtained from the telecom firm
Created	When a particular cell was first added to database (UNIX timestamp)
Updated	When a particular cell was last seen (UNIX timestamp)
AverageSignal	To get the positions of cells, OpenCellID processes measurements from data contributors. Each measurement includes GPS location properties (Signal strength). In this process, signal strength of the device is averaged. Most 'averageSignal' values are 0 because Op

Tabla 3. Descripción de los campos de las bases de datos OpenCell.

Fuente: <http://opencellid.org/>.

Previo a la elaboración de mapas de cubrimiento, los datos obtenidos, se sometieron a una exploración inicial de los datos para detectar outliers y datos ambiguos que sesgaran los análisis y consultas. De los 253.921 datos iniciales se seleccionaron los que cumplieran con lo registrado en el artículo “10 cuestiones básicas sobre telefonía móvil (s.f)”, $1000 \text{ mts} \leq \text{Rango} \leq 20000 \text{ mts}$. El rango mínimo contemplado en la base de datos de OpenCell es de 500 mts, por lo cual el rango para análisis de cubrimiento se estableció así: $500 \text{ mts} \leq \text{Rango} \leq 20000 \text{ mts}$. A partir de este criterio, se encontraron 510 datos fuera de este rango, obteniéndose 253.411 datos habilitados para análisis de cubrimiento del servicio. A partir de estos datos se obtuvo un mapa de distribución de antenas en el territorio. A este mapa se le aplico el criterio de geoprocresamiento Buffer de 20 Kms, considerado como el promedio máximo de alcance de una antena celular. Como resultado, en la figura 6 se muestra el mapa de cubrimiento del servicio móvil en Colombia igual a de 587.411,23 km² equivalente al 51.4% del total del territorio continental colombiano. Estos resultados son congruentes con las estadísticas DE 2019 de la CEPAL extrapoladas a Colombia. De la figura 6 se puede concluir que del área total continental de 1.141.748 Km.², el 51.45% del territorio colombiano no cuenta con cubrimiento de internet.



Figura 6. Área de cubrimiento de los servicio de Comunicación móvil en Colombia.
Fuente: Elaboración propia.

7.2 SERVICIOS DE CORRECCION DIFERENCIAL EN TIEMPO REAL

Son varias las empresas que ofrecen SCDTR basados en NTRIP. Cada casa comercial genera su propia red de estaciones permanentes y pone a disposición para sus usuarios-clientes los datos producidos. Cada casa comercial establece sus propias Estaciones de Referencia de Operación Continua (CORS) en las ciudades donde tiene representación mediante sucursales y comparte los datos vía NTRIP a sus clientes. Como resultado de la exploración de servicios se encontraron las siguientes redes CORS de propiedad de diferentes casas comerciales:

- Topored
- Galinet (sin información)
- CORS Geosystem (sin información)

El acceso a los datos (rinex o correcciones diferenciales en tiempo real) están restringidas a los usuarios-clientes de cada casa comercial y en las respectivas paginas no se encuentra mayor información.

- Topored : Es una red CORS activa, compuesta por 28 estaciones de referencia localizadas a lo largo de Colombia Y Panamá, constituyendo la red CORS más grande del país, con su centro de control en la ciudad de Bogotá - Colombia. Topored está configurado para almacenar registros de observaciones estáticas en cada una de sus estaciones en formato Rinex, disponible para cálculos de observaciones pos-proceso, así mismo, está configurado para emitir correcciones diferenciales mediante el protocolo NTRIP, que permite trabajar en método RTK con el uso de solo un receptor GNSS (TOPORED, s.f.).

7.3 SERVICIOS DE CORRECCIÓN DIFERENCIAL POR SUSCRIPCIÓN

Estos servicios se han utilizado durante años en entornos agrícolas que requieren de aplicaciones para obtención de posicionamiento preciso 24 horas al día durante siete días a la semana. Esta tecnología es también aplicada en operaciones aún más crítica como son la navegación vehículos autónomos. Las aplicaciones de estos servicios se han

extendido a brindar soluciones para aplicativos SIG, En los últimos años, las casas comerciales en Colombia han incrementado las ofertas de estos servicios, donde cada representante de marca esta aliada con un proveedor de correcciones vía satélite, ofreciendo diferentes tarifas de suscripción según la precisión requerida. La tabla 4 relaciona los servicios de transmisión de corrección diferencial en tiempo real satelital - SCDTRS, disponibles en Colombia.

SERVICIO	NOVATEL			OMNISTAR				RTX				SPOT		ATLAS		
	STAR-X	STAR C-P	STAR-L	VBS	XP	HP	G2	C. POINT	F.POINT	R. POINT	V. POINT	PRIME	LITE	H100	H30	H10
ESTACIONES REF	OVER 100			OVER 100				OVER 100				OVER 100		OVER 200		
COBERTURA	USA	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL				GLOBAL				GLOBAL		GLOBAL		
APLICACIÓN	AGRICOLA	AGRICOLA	AGRICOLA	MULTIPLE				MULTIPLE				MULTIPLE		CART., GIS Y SURVEY		

Tabla 4. SCDTRS disponibles en Colombia. Fuente: elaboración propia.

8. CARACTERIZACION DE LOS SCDTR DISPONIBLES EN COLOMBIA.

En Colombia, cabe destacar que la estrecha dependencia que tiene el NTRIP de la Internet representa su principal desventaja cuando se desee utilizar en zonas rurales del país e inclusive en aquellas áreas semi-urbanas donde el cubrimiento de internet por parte de las operadoras de telefonía móvil no es total.

La ventaja de SCDTRS es que es posible realizar un posicionamiento de alta precisión en tiempo real en zonas donde no hay recursos disponibles (internet, red de referencia, estación local de referencia).

8.1 SERVICIOS NTRIP PRIVADOS

El cubrimiento del territorio colombiano no es completo, pues está limitado a algunas ciudades capitales de departamento, según la conveniencia de mercado y las posibilidades de establecimiento de sucursales.

RED	ESTACIONES	CIUDADES
GEOSYSTEM CORS	12	Armenia, Barranquilla, Bucaramanga, Bogotá, Cali, Cartagena, Manizales, Medellín, Pasto, Popayan, Valledupar
GALINET	16	Armenia, Barranquilla, Bucaramanga, Bogotá, Cali, Florencia, Ibagué, Medellín, Montería, Neiva, Palmira, Pasto, Santa Marta, Tunja, Valledupar, Villavicencio, Yopal
TOPORED	20	Barrancabermeja, Barranquilla, Bucaramanga, Bogotá, Cali, Cartagena, Florencia, Ibagué, Medellín, Montería, Neiva, Pasto, Pereira, Popayan, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio, Yopal.

Tabla 5. Redes NTRIP privadas disponibles en Colombia. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 5 muestra los servicios de red NTRIP privadas, número de estaciones y ciudades de localización. La cobertura y distribución en las estaciones en el territorio no es suficiente para garantizar un cubrimiento total y se limita solo a cubrimiento de centros

urbanos. El total de capitales principales con estación CORS, sumando los tres servicios disponibles es de veinticuatro y considerando un radio de 100 km (mayor distancia, menor precisión) de radio de cobertura por estación, se tendría un área de 240000 Km² con beneficiado con este servicio, donde esta área es equivalentes al 21% del área continental de Colombia (1.141.748 km²). La figura 7 muestra el número y distribución de estaciones que componen cada uno de los servicios SCDTR privados disponibles en Colombia basados en el protocolo NTRIP.



Figura 7. Redes NTRIP privadas disponibles en Colombia. TOPORED, GEOSYSTEM y GALINET respectivamente. Fuente: elaboración propia.

Un usuario está limitado a la cobertura de servicio que tenga la casa comercial a la cual esté vinculado como cliente y como estrategia puede ser cliente de otras casas comerciales para acceder a otros servicios NTRIP y así ampliar las áreas de aprovechamiento del servicio.

Las soluciones en tiempo real ofrecidas por estas CORS privadas bajo el protocolo NTRIP están supeditadas a la buena aplicación de las técnicas GNSS y no hacen parte de la Red SIRGAS “Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas” de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) que se encuentran registradas en SIRGAS. Esto hace una gran diferencia en cuanto a especificaciones, adquisición de datos, monitoreo y procesamiento de los datos, lo que hace necesario caracterizar estos servicios y su compatibilidad con la red Magna-Eco del IGAC verificando: cubrimiento de la red (número

de estaciones CORS), especificaciones de monumentación y vinculación al ITRF entre otras.

La desventaja que significa la obtención de corrección a las coordenadas en tiempo real de estos servicios, es la ambigüedad en cuanto a la vinculación de un marco de referencia único y que puede llevar a confusiones o dudas sobre el mismo. Adicionalmente, estas redes no incluyen en sus redes de puntos de datos el componente gravimétrico en sus estaciones, condición necesaria en el IGAC para considerar un punto con categoría geodésica.

8.2 RED GEODÉSICA DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA

El SENA desde el año 2013 hasta la fecha, tiene instaladas 9 estaciones de referencia GPS CORS, con la meta de realizar su red interna institucional con miras a fortalecer sus procesos de formación titulada, complementaria y generar aportes en proyectos de innovación e investigación en cada centro donde fue instalada la antena, de acuerdo con la demanda y necesidades del sector productivo, como también generar la oportunidad de sus aprendices en centros de formación donde no existen estos equipos y darles la misma equidad a la formación académica. Para esto han creado un proyecto en la red de conocimiento en construcción e infraestructura para la consolidación de la red de estaciones de referencia GPS CORS del SENA a nivel nacional” y se busca un aliado estratégico que tiene las mismas expectativas que la institución en la densificación de la red geodésica del país MAGNA SIRGAS, se le propone al IGAC una alianza interinstitucional entre las dos entidades del estado colombiano y se crea el convenio Marco interadministrativo N°0299 del 30 de diciembre 2016 entre el SENA y el IGAC (Avella, 2018).

La figura 8 muestra la distribución de las estaciones que componen la red geodésica del SENA.



Figura 8. Red Geodésica del SENA. Fuente: Avella, 2018.

En la tabla 6 se muestra el número y ciudades donde se encuentran materializadas las estaciones de la red del SENA.

RED	ESTACIONES	CIUDADES
Red Geodésica SENA	9	Armenia, Barranquilla, Bogotá, Espinal, Floridablanca, Manizales, Medellín, Puerto Berrio, Velez.

Tabla 6. Red Geodésica SENA. Fuente: Elaboración propia.

8.3 SCDTRS PRIVADOS

En Colombia se ofertan soluciones basadas en la técnica SCDTRS, que eliminan o modelan los errores del sistema GNSS, proporcionando un alto nivel de precisión de posición empleando un solo receptor. Estas soluciones dependen del reloj del satélite GNSS y las correcciones de la órbita, generadas a partir de una red de estaciones de referencia global de propiedad de cada marca, a partir de las cuales calculan correcciones y se entregan al usuario final vía satélite, previa suscripción al servicio, tal como se muestra en la tabla 7.

SERVICIO	CATEGORIA	COBERTURA	APLICACIÓN	FRECUENCIAS	CONSTELACIONES	PRECISIÓN HOR.	PRECISIÓN VER.	CONVERGENCIA
NOVATEL	TERRA-STAR-X	MID-WEST USA	AGRICULTURA	L1/L2	GPS/GLONASS	2 cm (RMS)	5 cm (RMS)	< 2 MINUTOS
	TERRA STAR C-PRO	GLOBAL	AGRICULTURA	L1/L2		2.5 cm (RMS)	5 cm (RMS)	< 18 MINUTOS
	TERRA STAR-L OEM7 REC	GLOBAL	MULTIPLE	L1/L2		40 cm (RMS)	60 cm (RMS)	< 5 MINUTOS
OMNISTAR	VBS	GLOBAL	MULTIPLE	L1	GPS	SUBMETRICO	SUBMETRICO	< 15 MINUTOS
	XP			L1/L2		15cm (RMS)	30 cm (RMS)	< 15 MINUTOS
	HP			L1/L2		20 cm (RMS)	40 cm (RMS)	< 15 MINUTOS
	G2			L1/L2		GPS/GLONASS	10 cm (RMS)	20 cm (RMS)
RTX	CENTER POINT	GLOBAL	MULTIPLE	L1/L2	GPS, GLONASS, Galileo, QZSS and BeiDou.	2 cm (RMS)	5 cm (RMS)	< 8 MINUTOS
	FIELD POINT					10 cm (RMS)	20 cm (RMS)	< 8 MINUTOS
	RANGE POINT					30 cm (RMS)	50 cm (RMS)	< 8 MINUTOS
	VIEW POINT					50 cm (RMS)	100 cm (RMS)	< 8 MINUTOS
SPOT	PRIME	GLOBAL	MULTIPLE	L1/L2	GPS/GLONASS	<10 cm (RMS)		< 15 MINUTOS
	LITE					<60 cm (RMS)		< 8 MINUTOS
ATLAS	H100	GLOBAL	CARTOGRAFIA, GIS Y SURVEY	L1/L2	GPS, GLONASS, Galileo, QZSS and BeiDou.	<50 cm (RMS)		< 2 MINUTOS
	H30					<15 cm (RMS)		< 5 MINUTOS
	H30					<15 cm (RMS)		< 5 MINUTOS
	H10					<4 cm (RMS)		< 20 MINUTOS

Tabla 7. Servicios SCDTRS disponibles en Colombia. Fuente: elaboración propia.

8.4 SERVICIOS EN TIEMPO REAL DEL IGAC

La Red MAGNA-ECO cuenta en la actualidad con la operación de sesenta y cinco (65) estaciones continuas administradas por el Centro de Control del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, de las cuales cuarenta y tres (43) estaciones GNSS se encuentran registradas en SIRGAS y forman parte de la Red SIRGAS-CON, Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas - de Operación continua. Paralelo a esto, el Servicio Geológico Colombiano SGC y el IGAC, obediendo a lo establecido en el CONPES 3958 de 2019, suscribieron un convenio de cooperación para fortalecer la gestión de datos e información geodésica nacional Magna-Sirgas. De tal forma que la Red Geodésica Nacional de Estaciones Geodésicas Permanentes con propósitos geodinámicos (GeoRED) del SGC, contribuye con los datos de más de 104 estaciones, pilar

fundamental del Plan de Fortalecimiento de la Infraestructura Geodésica Nacional, elaborado en 2019 (IGAC, 2021).

El plan de fortalecimiento de la infraestructura geodésica nacional contempla la configuración de un centro de control de procesamiento con capacidad para una red de hasta 300 estaciones, mostradas en la figura 9. La red final estará compuesta por las 169 estaciones (IGAC- SGC) actualmente en funcionamiento, las nuevas 13 estaciones que hacen parte del convenio con el Banco Mundial y aproximadamente 108 nuevas estaciones provenientes de nuevos proyectos de densificación por parte del IGAC y convenios institucionales (universidades, SENA, entidades públicas y privadas) para la homologación de otras redes. Toda esta infraestructura configura la plataforma para la implementación de los Sistemas de Tiempo Real: Estaciones Virtuales de Referencia, VRS, CASTER NTRIP - Protocolo para el envío de datos GNSS por Internet y Servicios de PPP.



Figura 9. Plan de densificación de la Red MAGNA-Eco.
Fuente: IGAC-GIT GEODESIA, 2018.

La figura 10 muestra la red actual de estaciones permanentes conformada por el total de 169 estaciones de la red Magna-Eco (65) y SGC (104).



Figura 10. Red actual de estaciones permanentes Magna-Eco- SGC
Fuente: elaboración propia.

En la figura 11 se muestra el área total de cubrimiento actual de las estaciones 169 estaciones permanentes (MAGNA Magna-Eco- SGC) que apoyarán los servicios en tiempo real proyectados por el IGAC, considerando un radio de cubrimiento de 50 km. para cada estación.

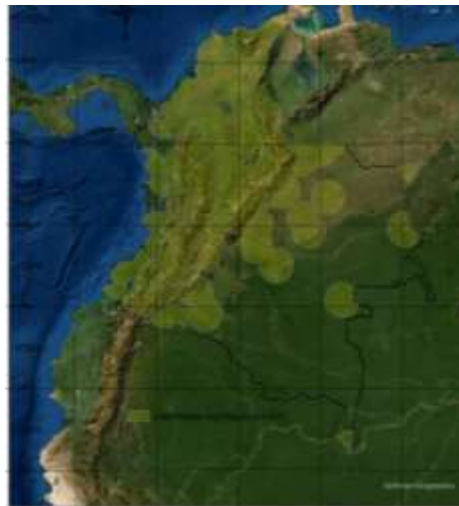


Figura 11. Cubrimiento teórico actual de la red Magna-Eco- SGC.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 12, se muestra el área de cubrimiento neto del servicio NTRIP proyectado con 169 estaciones (Magna-Eco - SGC) vs cubrimiento actual de INTERNET (587.411,23 km²), equivalente al aproximadamente 51.4 % de la totalidad del territorio.

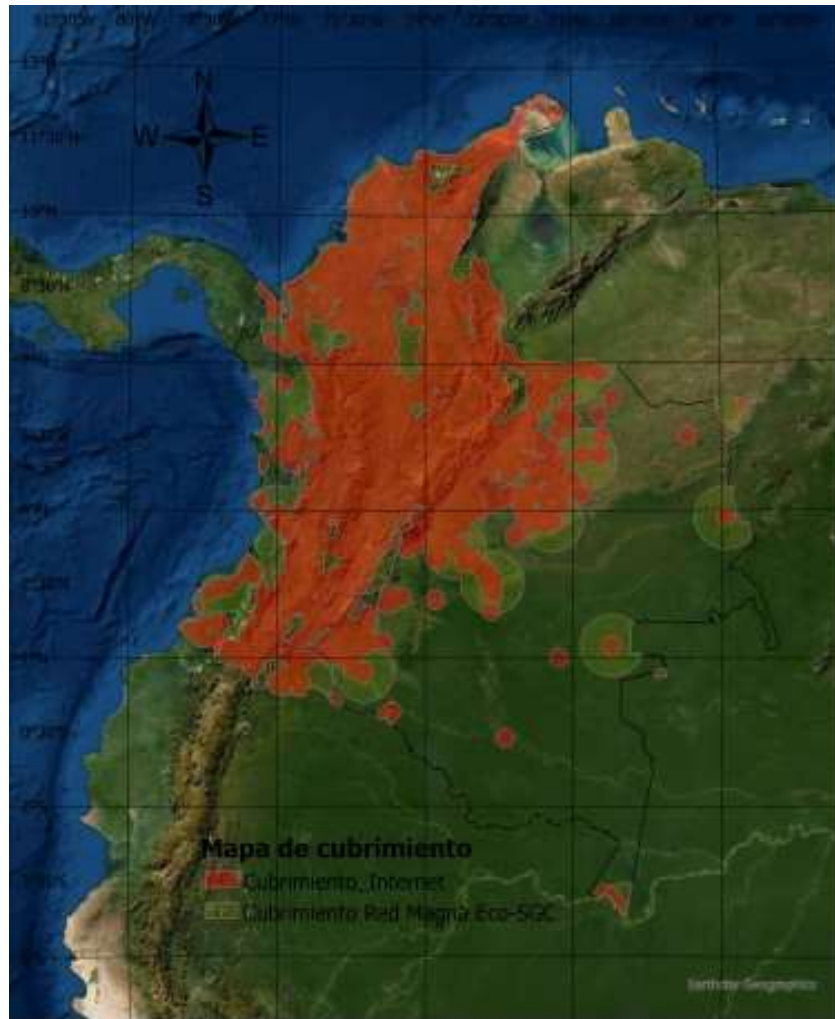


Figura 12. Cubrimiento neto servicio NTRIP–IGAC vs. cubrimiento actual de INTERNET.
Fuente: elaboración propia.

Como se observa, el cubrimiento neto de los servicios en tiempo real del IGAC está supeditado a la cobertura de INTERNET en el territorio, lo que afecta directamente el logro de las metas del BPM y obliga a plantear estrategias alternas que permitan el cumplimiento de las metas propuestas por el CONPES 3958.

9. ESTRATEGIAS

Las metas de actualización de la información catastral del país, las estrategias de modernización y ampliación de la plataforma tecnológica del IGAC, contrastados con los resultados de este análisis, conducen a formular estrategias tanto institucionales como técnicas que potenciarán el logro de los objetivos misionales del IGAC y los objetivos específicos enmarcados en el CONPES 3958 de 2019, dirigido particularmente a facilitar las actividades de BPM.

El IGAC en conjunto con el Servicio Geológico Colombiano, definirá e implementará una estrategia para la integración y densificación de la red activa, incluyendo la habilitación de las estaciones que no están en funcionamiento, la instalación de nuevas estaciones permanentes y la disposición conjunta de servicios de información geodésica obtenida por las dos entidades, con el fin de optimizar recursos y evitar duplicidad de esfuerzos. Esta estrategia incluirá las especificaciones técnicas que garanticen una red geodésica fortalecida, eficiente y de bajo costo, y que además permita la disposición de la información para el desarrollo de las actividades de campo (CONPES 3958, 2019).

9.1 INSTITUCIONALES

Las estrategias institucionales están compuestas por una serie de acciones encaminadas a potenciar, tanto los objetivos propuestos por las políticas CONPES 3958 como los objetivos institucionales y misionales del IGAC, optimizando la inversión del estado mediante convenios colaborativos con pares del estado y particulares, buscando la representación total de todos los intereses comunes a los objetivos del IGAC. Dichas estrategias implican sinergias entre lo público y lo privado, la academia y el estado, la sociedad y los individuos, redundando en el mejoramiento de calidad de vida de toda la sociedad, reflejándose en una eficiente y efectiva la inversión del estado, aportando propositivamente en el logro de reducción de la brecha social, coadyudando a la consolidación de los procesos de paz, fomentando el trabajo de todos para todos,

permitiendo el reinventar constante de procesos de mejoramiento tanto en lo técnico como en lo social con la participación de todos los interesados.

9.1.1 Convenios con la academia.

La academia juega un papel preponderante en la investigación, desarrollo y apropiación del nuevo conocimiento, consolidando el activo tecnológico que el país requiere para trascender los estadios del subdesarrollo. Sin desconocer el aporte e importancia de las instituciones de educación superior privadas, los programas con contenidos en georreferenciación, cartografía, topografía y afines, requieren de alta inversión en equipos y software lo que conlleva a que sean las universidades públicas, quienes pueden implementar estos programas y financiarlos con erario público. En este orden se enfatiza la necesidad estrechar los vínculos colaborativos con la universidad pública, buscando optimizar la inversión del estado, canalizando el talento de las nuevas generaciones en formación, configurando el retorno de activos representado en los avances en investigación transferidos a los proyectos misionales del IGAC.

Colombia cuenta con pocas instituciones de educación superior con programas afines a las disciplinas que participan en el logro de los objetivos misionales del IGAC, pero por su ubicación geográfica han jugado un importante papel en el desarrollo de sus regiones y han acumulado un vasto conocimiento de territorio adquirido durante su quehacer académico que representa un gran activo de interés para el IGAC. Para el logro de los objetivos misionales del IGAC, es de gran importancia buscar acercamientos y consolidar convenios con:

- Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Unidades Tecnológicas de Santander.
- Universidad del Valle.
- Universidad del Quindío.
- Universidad del Tolima.

9.1.2 Convenio Marco Universidad Distrital - IGAC

Como resultado de la interacción entre: el docente director de esta pasantía (Coordinador de los laboratorios de Ingeniería Catastral y Geodesia: fotogrametría, geodesia, topografía y observatorio astronómico LatitUD), el co-director de la misma (Coordinador del Grupo de Trabajo Investigación, Desarrollo e Innovación del Centro de Investigación en Sistemas de Información Geográfica CIAF), el representante de la Subdirección de Geografía Cartografía del IGAC y el pasante, se evidencio la necesidad de protocolizar convenios marco de investigación (UNIVERSIDAD DISTRITAL - IGAC) a nivel de: doctorado, maestría, especialización y pregrado centrados en los nuevos proyectos de fortalecimiento de recursos técnicos y tecnológicos para la modernización institucional. Para garantizar la continuidad de los convenios ya establecidos y los nuevos que fuere necesario protocolizar se recomienda:

- Consolidación y socialización por parte del IGAC de un banco de proyectos que represente y que le aporte una cuota significativa en Investigación y Desarrollo.
- Creación de un acuerdo marco o fortalecimiento (adendos o extensiones) de convenios existentes entre los programas académicos (doctorados, maestrías o pregrado) entre la UD y el IGAC en la modalidad de investigación, profundización o pasantías.
- Participación del IGAC en los eventos de socialización programados por la UD, donde las instituciones del estado y la empresa privada ofrecen proyectos para desarrollar según los convenios establecidos.
- Participación en los eventos de socialización programados por la UD, para exposición de los proyectos de investigación o pasantía realizados dentro de los convenios UD – IGAC.

9.1.3 Convenios con entidades públicas y privadas

Uno de los objetivos institucionales del IGAC es: “Trabajar de manera colaborativa y participativa con nuestras partes interesadas para la generación de valor público, mediante: fortalecimiento de estrategias de comunicación institucional y Fortalecimiento de las alianzas estratégicas de cooperación técnica y científica”.

Para alcanzar la densificación adecuada de estaciones permanentes que garantice el servicio continuo y cubrimiento total del territorio, con inversión mínima del estado, es perentorio protocolizar convenios de homologación de estaciones geodésicas con instituciones públicas y privadas que han avanzado en la configuración sus redes con fines académicos, institucionales o comerciales. Algunas instituciones con avances significativos en la configuración de redes CORS GNSS son:

- Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA.
- Empresas Municipales de Cali – EMCALI.
- Empresas Públicas de Medellín – EPM.
- GEORED (Casa del Topógrafo)
- GEOSYSTEM CORS (Geosystem Ingeniería SAS)
- GALINET (Galileo Instruments SAS).

9.2 TÉCNICAS

Las estrategias técnicas promueven la generación de nuevo conocimiento, avances en investigación e innovación, apropiación de nuevas tecnologías y democratización del conocimiento. De acuerdo con el numeral 5.3.4 contenido en el plan de acción destinado al cumplimiento de los objetivos del CONPES 3958, la línea de acción 12 específica:

Identificación, desarrollo y adopción de esquemas de actualización y de tecnologías más eficientes para mantener la información catastral actualizada. El IGAC, de acuerdo con las orientaciones del DANE, identificará e implementará tecnologías que

permitan hacer más eficiente el proceso de levantamiento de información y el mantenimiento y conservación de esta. Para ello, entre julio de 2019 y diciembre de 2021.

En primer lugar, revisarán las tecnologías utilizadas, tanto en el país como a nivel internacional, para identificación de la expansión de los límites urbanos o los cambios en predios o construcciones (p.ej. el uso de drones para la identificación de cambios en las construcciones).

En segundo lugar, para la adecuada incorporación de estas tecnologías y la información derivada de estas, el IGAC definirá lineamientos sobre su uso e incorporación de la información, de manera que los gestores catastrales tengan claridad en la materia. Además, a diciembre de 2021, el CIAF del IGAC, con Colciencias, establecerá una línea de investigación enfocada en identificar oportunidades para hacer más eficiente la actualización catastral. Esta línea de investigación contribuirá a articular la participación de la academia en la revisión e identificación de oportunidades de mejora en cuanto a procesos, metodologías, estándares y tecnologías que incluya el mantenimiento.

Enmarcados en esta línea de acción y con base en lo expuesto en este análisis, como estrategia en lo técnico, en la tabla 8 se sugiere un listado inicial que conforma el banco de proyectos del IGAC para ser desarrollados dentro del convenio marco UD-IGAC y las demás instituciones académicas con las que se suscriban convenios.

1	Manuales de usuario para aplicación de tecnologías en tiempo real.	- Investigación - profundización - Pasantía	- Software - Equipos - Presupuesto
2	Validación de precisiones obtenidas empleando Ntrip - IGAC		
3	Revisión las tecnologías alternativas de transmisión de correcciones en tiempo real.		
4	Validación de precisiones empleando Correcciones Satelitales - BPM Rural		
5	Validación de precisiones empleando correcciones Satelitales - BPM Urbano		
6	Validación de precisiones empleando servicios PPP		
7	Validación de precisiones empleando Estaciones Virtuales de referencia - VRS		
8	Homologación de redes de estaciones CORS públicas o privadas		

Tabla 8. Listado preliminar Banco de proyectos, convenio UD-IGAC.

Fuente: elaboración propia.

10. CONCLUSIONES

La implementación de estrategias en el IGAC no es un proceso estático, por el contrario obedece al continuo y rápido avance de la ciencia y tecnología que obliga a la revisión, actualización y apropiación de nuevas metodologías, en un actualizar constante que le mantenga en la senda del logro satisfactorio de sus objetivos institucionales.

Mirando hacia el futuro los SCDTRS apuntan a una mayor flexibilidad para los usuarios de GNSS en todos los ámbitos. Es razonable esperar un crecimiento en las aplicaciones basadas en la ubicación que pueden beneficiarse del posicionamiento en tiempo real de alta precisión.

Las tendencias de la industria indican una mayor expansión de la disponibilidad de inicialización rápida junto con un mayor uso de los SCDTRS en los mercados geoespaciales tradicionales. Al actuar como un complemento de RTK y VRS, los SCDTRS son una herramienta comprobada y rentable aplicable a procesos catastrales como son los trabajos de BPM.

Considerando que para el 2025, se debe completar 100% de la de información catastral del país, se hace urgente validar los resultados que se obtengan con las nuevas tecnologías basadas en transmisión de correcciones vía satélite, permitiendo a los gestores catastrales dinamizar las actividades de BPM, propendiendo así por el cumplimiento de las metas propuestas en el COMPES 3958.

Este análisis estableció que el área de cubrimiento neto del servicios en tiempo real proyectado por el IGAC está limitado por la cobertura Internet de aproximadamente el 51.4 %. Esto hace necesario incluir en el banco de proyectos, iniciativas encaminadas a investigar y profundizar en alternativas de transmisión de datos diferentes al servicio de Internet.

Las múltiples estrategias que el IGAC ha venido implementando para el logro satisfactorio de sus objetivos institucionales no son el único propósito o razón de ser de la institución. Estos van más allá del ámbito nacional y su territorio, enmarcándose en el propósito mundial proclamado por la ONU en la resolución aprobada por la asamblea general del 26 de febrero de 2015 como es la participación en la conformación del Marco geodésico Mundial de Referencia – GGRF.

En el ámbito nacional, la tarea misional del IGAC y el logro de sus objetivos específicos es clave para configurar un desarrollo sostenible como territorio, coadyudando a la construcción de unos cimientos sólidos que soporten las políticas promulgadas por el CONPES 3958, encaminadas a la consecución de una paz duradera enmarcada en principios de equidad y distribución justa de la tierra.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alcay, S., Turgut, M. 2021. Evaluation of the positioning performance of multi-GNSS RT-PPP method. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(3). <https://doi.org/10.1007/s.12517-021-06534-4>.
- Alvarez, I. 2011. Implementación de Mediciones GNSS para la Realización de Correcciones Diferenciales en Tiempo Real mediante el uso de NTRIP. Quito, Ecuador.: Facultad de Ingeniería Geográfica.
- Avella, P. 2018. Consolidación de la red de estaciones de referencia GPS CORS del SENA a nivel nacional desde la plataforma IGAC. *Revista Teinnova*, 2, 21–24. <https://doi.org/10.23850/25007211.1480>.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. 2019. Documento CONPES 3958. Estrategia Para la Implementación de la Política Pública De Catastro Multipropósito.
- Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC, 2019. Redes móviles en Colombia: Análisis y Hoja de Ruta regulatoria para su modernización. <https://www.crc.com.gov.co/uploads/images/files/Documento-modernizacion-redes-moviles.pdf>.
- Garrido-Villén, N. 2017. GNSS diferencial. GPS diferencial. Correcciones GNSS (GPS) en tiempo real. Recuperado de: <https://nagarvil.webs.upv.es/gnss-diferencial-gps-diferencial/>. 05-16-2021.

Gutierrez, N. (s.f.). Avances en la Infraestructura MAGNA-SIRGAS, para la implementación de Tecnologías de Transmisión de Datos GNSS en Tiempo Real; Servicios NTRIP Caster y VRS. IGAC – GIT GEODESIA. Recuperado de: http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol23/15_Gutierrez_2018_MAGNA-SIRGAS_TR.pdf. 04-17-2021.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC. 2010. NTC 5043, Información geográfica. Conceptos básicos de calidad de los datos geográficos. ICONTEC.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2018. Avances en la Infraestructura MAGNA-SIRGAS, para la implementación de Tecnologías de Transmisión de Datos GNSS en Tiempo Real; Servicios NTRIP Cáster y VRS. GIT – Geodesia. Recuperado de: http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol23/15_Gutierrez_MAGNA-SIRGAS_TR.pdf. 06-11-2021.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2021. Geodesia. Recuperado de: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-Estrategicas/geodesia>. 06-11-2921.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2018. Resolución 643 de mayo 30 de 2018.

International GNSS Service - IGS, 2021. <https://www.igs.org/mgex/>. Consultado: 04/20/2021.

Jiménez-López, A., & Zabaleta-Laverde, Óscar. (2010). Banderillero satelital, guianza de maquinaria agrícola con tecnologías de agricultura de precisión. *Ingeniería Investigación Y Desarrollo*, 10(1), 2-6. Recuperado a partir de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/910. Consultado: 25/04/2014.

Kiliszek, D., Kroszczyński, K. (2020). Performance of the precise point positioning method along with the development of GPS, GLONASS and Galileos Systems. *Measure-*

- nement: Journal of the International Measurement Confederation, 164.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108009>.
- Ley 1753 de 2015. Junio 9 de 2015. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Todos por un nuevo país. D.O. 49538.
- OmniStar. s.f., Recuperado de: <http://www.omnistar.com/Applications/Agriculture.aspx>.
03/04/2014.
- Organización Internacional de Normalización - ISO, 2014. ISO 19157, Información geográfica. Calidad de datos.
- Organización de Naciones Unidas – ONU. 2015. Resolución 69/266, 69/266. Marco de referencia geodésico mundial para el desarrollo sostenible. Recuperado de:
https://ggim.un.org/documents/A_RES_69_266_S.pdf. 06-17-2021.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. 2021. Estrategia para la implementación de la Política pública de Catastro Multipropósito. Documento CONPES N°3958. Recuperado de: <http://www.fao.org/faolex/results/Details/es/c/LEX-FAOC191590/>. Consultado: 06/06/2021.
- Resolución 070. 2011. Por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral. 4 de febrero de 2011. IGAC. Recuperado de: https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/norma/resolucion_70_de_2011.pdf. Consultado: 06-03-221.
- Teunissen, P.. (2012). A-PPP: Array-Aided Precise Point Positioning With Global Navigation Satellite Systems. Signal Processing, IEEE Transactions on. 60. 2870-2881. 10.1109/TSP.2012.2189854.

Suarez N, Perez R, Yelicich R. 2013. Red de transporte de datos en formato RTCM, vía protocolo de Internet (NTRIP). Implementación en la región y proyección futura a través de SIRGAS. Revista cartográfica 89. P. 165 – 187.

TOPORED. (s.f). Recuperado de: https://colombia.casadeltopografo.com/en_US/cors. 5-7-2021.

Zumberge, J.F. & Heflin, M. & Jefferson, D.C. & Watkins, Michael & Webb, Frank. (1997). Precise Point Positioning for the Efficient And Robust Analysis of GPS Data from Large Networks. Journal of Geophysical Research. 102. 10.1029/96JB03860.

10 cuestiones básicas sobre telefonía móvil. (s.f.) Recuperado de: <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/campos-electromagneticos>. 5-13-2021.