



Proyecto Gestión Minero Digital
Sistema Integrado de Gestión Minera SIGM

**DOCUMENTO TÉCNICO PARA LA
ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE
REFERENCIA Y LA ADOPCIÓN DE LA
CUADRÍCULA MINERA EN LA ANM
2018
Versión 2**

Bogotá D.C. abril de 2018

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
2	2018-07-04	Se incluye el detalle de tamaño y denominación de los niveles de la cuadrícula minera
3	2018-09-21	Se ajusta la descripción gráfica de la nomenclatura de la Zona UTM en la que se incluye la zona marítima

CONTENIDO

CONTROL DE CAMBIOS.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
SIGLAS	6
GLOSARIO	8
INTRODUCCIÓN.....	18
1. OBJETIVOS	20
1.1 General	20
1.2 Específicos	20
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1 MAGNA-SIRGAS	21
2.2 CUADRÍCULA MINERA.....	24
2.2.1 Títulos Mineros.....	24
2.2.2 Solicitudes	27
3. CONSIDERACIONES BÁSICAS	29
3.1 Sistema de Referencia MAGNA-SIRGAS.....	29
3.2 Cuadrícula minera.....	32
3.2.1 Criterios Para Construir La Cuadrícula Minera	37
3.2.2 Tamaño y Estructura	38
3.2.3 Parámetros de Nomenclatura	41
3.2.4 Simbología	45
4. CONCLUSIONES.....	47
5. BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema MAGNA-SIRGAS: Red Básica GPS	21
Figura 2. Sistema tridimensional de coordenadas geocéntricas	22
Figura 3. Regionalización de los parámetros de transformación según el índice de planchas del IGAC	23
Figura 4. Tiempos de las fases del contrato de concesión.....	25
Figura 5. Ubicación de los títulos mineros en Colombia por rangos de tamaño.	26
Figura 6. Ubicación de las solicitudes en Colombia por rangos de tamaño.	28
Figura 7. Mapa de diferencias de área en Ha. entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS.....	30
Figura 8. Distribución de los títulos mineros por tamaño.	33
Figura 9. Distribución de las solicitudes por tamaño.....	34
Figura 10. Contraste entre el total de títulos mineros y solicitudes de acuerdo con el rango de tamaño.....	35
Figura 11. Sistemas de nomenclatura para la Cuadrícula Minera.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de longitud y latitud para las ocho (8) regiones de transformación	22
Tabla 2. Porcentaje de participación por tipo de titular de los derechos mineros.	27
Tabla 3. Estadísticas exploratorias de las diferencias de las áreas de los títulos mineros en Ha., entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS.	30
Tabla 4. Parámetros de transformación de Datum Bogotá a MAGNA-SIRGAS de la información de la ANM	31
Tabla 5. Información títulos mineros tomada del CMC con fecha del 18 de marzo de 2018.	32
Tabla 6. Porcentaje de títulos según tamaño.	33
Tabla 7. Porcentaje de solicitudes según tamaño.	35
Tabla 8. Rangos de tamaño vs. porcentaje de títulos y solicitudes.	36
Tabla 9. Características de los vértices de la cuadrícula minera.	37
Tabla 10. Descripción de los niveles de la Cuadrícula Minera.	38
Tabla 11. Nombres para cada nivel de cuadrícula y tamaños	42
Tabla 12. Símbolos de los niveles de grilla y escalas de despliegue.	45
Tabla 13. Escalas de visualización de las etiquetas de la Cuadrícula Minera.	46

SIGLAS

IAG	International Asociation of Geodesy (Asociación Internacional de Geodesia)
ANM	Agencia Nacional de Minería
ARENA	Antigua Red Nacional
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CMC	Catastro Minero Colombiano
Ecocarbon	Empresa Colombiana de Carbón
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GNSS	Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegación por Satélite)
GSA	Global Navigation Satellite Systems Agency (Agencia de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite)
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service (Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia)
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IGS	International GNSS Service (Servicio Internacional del GNSS)
IHRS	International Height Reference System (Sistema Internacional de Referencia de Alturas)
Ingeominas	Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras hoy día Servicio Geológico Minero – SGM
IPGH	Instituto Panamericano de Geografía e Historia
MinAgricultura	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MinMinas	Ministerio de Minas y Energía
Mineralco	Minerales de Colombia
Minercol Ltda.	Empresa Nacional Minera Limitada
PAR	Punto de Atención Regional

RedI3Geo	Red de Iberoamericana de Infraestructuras de Información Geográfica
RMN	Registro Minero Nacional
UE	Unión Europea
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
URT	Unidad de Restitución de Tierras

GLOSARIO

A

Agencia Nacional de Minería – ANM

Autoridad minera en Colombia, creada por el [Decreto 4134 de 2011](#), como una agencia estatal de naturaleza especial, con personería jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, técnica y financiera adscrita al Ministerio de Minas y Energía (MinMinas, 2011).

ArcGIS®

Software desarrollado por la casa [ESRI](#), que proporciona herramientas contextuales para el mapeo y el razonamiento espacial con el fin de explorar datos y compartir ideas basadas en la ubicación. (ESRI, Sin Fecha).

Esta plataforma es utilizada por al [ANM](#) para el manejo, gestión, actualización y mantenimiento de la información geoespacial que produce y tiene en custodia.

Altura elipsoidal (h)

Distancia medida a lo largo de la normal elipsoidal entre la superficie del elipsoide y el punto de medición. En este documento se hace referencia al GRS80 (Geodetic Reference System, 1980), equivalente al WGS84, que es el datum asociado a [MAGNA-SIRGAS](#) (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico en las Américas) (IGAC, 2004).

C

Catastro Minero Colombiano – CMC

Sistema actual de la ANM, diseñado para atender la Contratación y Titulación Minera, en sus aspectos técnicos, financieros y jurídicos, así como para realizar las anotaciones en el RMN y generar los diferentes reportes de información.

Catastro Minero Nacional

Conformación física en documentos cartográficos de todas las alinderaciones de las áreas que son objeto de Títulos Mineros o solicitudes para explorar o explotar minerales, así como las áreas de reserva para utilidad pública, parques naturales, zonas de protección ecológica, agrícola o ganadera, perímetros urbanos, entre otros (MinMinas, 2003).

Coordenadas geográficas o geodésicas

Sistema de referencia esférico usado para localizar un punto sobre la superficie de la Tierra. Se establece a partir de la medida de dos ángulos diedros que se conocen como latitud y longitud. La latitud (φ) es el ángulo formado por el plano ecuatorial (sobre el cual se encuentra el eje del elipsoide de revolución que es la forma de la Tierra) y un plano normal a él que pasa por el punto a localizar. La longitud (λ) corresponde al ángulo diedro formado por un [Meridiano de referencia](#), que es el Meridiano 0 ó Meridiano de Greenwich y el [Meridiano](#) que pasa por el punto a localizar. Los dos se toman en unidades de arco: grados, minutos, segundos y fracción de segundos. Como la [Geodesia](#) bidimensional ofrece algunas insuficiencias, se asegura la localización del punto sobre la superficie, mediante la medida de altitud, la cual corresponde a la distancia vertical medida en metros, desde el elipsoide hasta el punto a localizar. Se obtiene así la llamada altura elipsoidal (h) ([MinMinas](#), 2003).

Coordenadas planas

Este Sistema de Referencia permite representar la superficie del [Elipsoide](#) (o de la esfera) sobre un plano a partir de reglas matemáticas o geométricas, principios y condiciones.

La principal ventaja de las coordenadas planas es que permiten calcular fácilmente las propiedades geométricas de las entidades espaciales mediante las reglas de la geometría clásica (euclídeana). Su principal desventaja es su distorsión (deformación), la cual depende de la localización de la entidad espacial.

Las principales distorsiones se presentan en distancias, ángulos y áreas.

Los sistemas de coordenadas planas pueden clasificarse de acuerdo con la naturaleza de la superficie a representar, las propiedades de las distorsiones y la extensión y uso geográficos. Sin embargo, siempre que se trabaje con sistemas de coordenadas planas debe tenerse en cuenta que subyace un modelo terrestre y su Datum geodésico (Martínez Díaz, 2013).

CUADRÍCULA MINERA

Unidad comprendida entre dos Meridiano y dos Paralelos, cuya profundidad es indefinida (Adaptado de Gobierno de España, 1973).

D

Datum	Parámetro o conjunto de parámetros que definen la posición del origen, la escala y la orientación de un sistema de coordenadas (ISO/TC 211, Sin fecha).
Datum Bogotá	<p>Materialización del elipsoide Internacional en el territorio colombiano. Localizado en el Observatorio Astronómico de Bogotá, cuyas coordenadas astronómicas se asumieron como elipsoidales, con la suposición que en este sitio el elipsoide y el geoide (forma real de la Tierra) coinciden (<u>MinMinas</u>, 2011).</p> <p>Tiene los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Semieje mayor $a = 6.378.388$ m. • Achatamiento $f = 1:297$

E

Elipsoide	Superficie generada por la rotación de una elipse alrededor de un eje principal, cuyos principales parámetros son:
------------------	--

- Semieje mayor (a): semidiámetro del eje más largo de un elipsoide.
- Semieje menor (b): semidiámetro del eje más corto de un elipsoide.
- Achatamiento: relación entre el semieje mayor (a) y el semieje menor (b) de un elipsoide con respecto al semieje mayor: $f = (a-b)/a$ ([Red3Geo](#), 2012).

Exactitud Posicional

Es el valor cuantificable que representa la diferencia posicional entre dos capas geoespaciales o entre una capa geoespacial y la realidad. Un ejemplo de esto es la comparación de la ubicación de carreteras en una clase de entidad frente a su ubicación en una [Imagen TIFF](#). Si la clase de entidad y TIFF están usando la misma proyección, puede acceder a la diferencia posicional entre la clase de entidad y el TIFF. La herramienta Evaluación de exactitud posicional (PAAT) le permite comparar dos elementos para evaluar la exactitud de una capa de datos con relación a una capa de referencia de exactitud conocida o desconocida (ESRI, 2018).

G

Geodesia

Es una ciencia de la Tierra que trata del levantamiento y de la representación de la forma y de la superficie de la Tierra, global y parcial, con sus formas naturales y artificiales. Es usada en matemáticas para la medición y el cálculo sobre superficies curvas.

La Geodesia suministra, con sus teorías y sus resultados de mediciones y cálculos, la referencia geométrica para las demás geociencias como también para la geomática, los Sistemas de Información Geográfica, el catastro, la planificación, la ingeniería, la construcción, el urbanismo, la navegación aérea, marítima y terrestre, entre otros e inclusive, para aplicaciones militares y programas espaciales ([IGAC](#); [CIAT](#); [UE](#), 2007).

Geoide	Superficie equipotencial del campo de gravedad de la Tierra, que es en todas partes perpendicular a la dirección del vector de gravedad, y que mejor se ajusta al nivel medio del mar tanto local como globalmente (ISO/TC 211, Sin fecha).
Gobernaciones delegadas	Entidades territoriales con funciones delegadas para la gestión de los derechos mineros (MinMinas, 2009) (MinMinas, 2011).

I

Imagen TIFF	Tagged Image File Format o formato de archivo de imágenes con etiquetas en español, es un formato de archivo concebido para almacenar imágenes de mapa de bits. Fue desarrollado en 1987 y sus últimas especificaciones se publicaron en 1992. Este formato permite almacenar imágenes de mapas de bits (Ráster) muy grandes (más de 4 GB comprimidos) sin pérdida de calidad y sin considerar las plataformas o periféricos utilizados (CCM, 2017).
--------------------	---

M

Marco de Referencia	Materialización, realización y/o concreción del sistema de referencia mediante puntos reales, cuyas coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado. Para Colombia, la materialización del sistema de referencia terrestre internacional se realiza mediante la adopción del Marco de Referencia Geocéntrico Nacional MAGNA-SIRGAS (IGAC , 2004).
Marco Internacional de Referencia Terrestre – ITRF (International Terrestrial Reference Frame)	Es un conjunto de puntos con sus coordenadas cartesianas tridimensionales que materializan un sistema de referencia ideal, en este caso, el Sistema Internacional de Referencia Terrestre – ITRS (IERS , 2013).

Meridiano	<p>Intersección de un Elipsoide por un plano que contiene el semieje menor del Elipsoide.</p> <ul style="list-style-type: none">• NOTA. Este término se usa a menudo para el arco que va de un polo al otro polo más que la figura completa cerrada (Consejo Superior Geográfico, 2007).
Meridiano de referencia	<p>O meridiano cero es el Meridiano desde el cual se cuantifican las longitudes y tiempos de los otros meridianos (Consejo Superior Geográfico, 2007).</p>
Modelo Molodensky – Badekas	<p>Conjunto de ecuaciones que sirve para pasar las coordenadas geográficas (longitud, latitud) de un datum a otro. Está orientado a minimizar el error de la transformación en zonas relativamente pequeñas, del orden de 1 millón de km². o menos (GVSIG, 2012).</p> <p>Para el caso de Colombia, se utilizaron un total de siete (7) parámetros: tres (3) de rotación, tres (3) de traslación y uno (1) de factor de escala (IGAC, 2004).</p>

P

Paralelos	<p>Son círculos menores completos, formados por planos paralelos al Ecuador, que cortan a la tierra en cada latitud. Tienen las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none">• Los paralelos cortan a los meridianos formando ángulo recto.• Todos los paralelos, a excepción del Ecuador, son círculos menores; el Ecuador es un círculo máximo.• Se pueden trazar infinitos paralelos (IGAC; CIAT; UE, 2007).
Proyección Cartográfica	<p>Es un tipo de transformación matemática de la tierra (superficie curva) sobre un plano (hoja). Esta transformación implica una serie de deformaciones (Lineal, angular, de área) (IGAC, 2010).</p>

**Proyección Gauss-Krüger,
Colombia (Transversa de
Mercator)**

Proyección cartográfica oficial de Colombia. Es una representación conforme del elipsoide sobre un plano, es decir, que el ángulo formado entre dos líneas sobre la superficie terrestre se mantiene al ser éstas proyectadas sobre el plano. Los [Meridiano](#) y [Paralelos](#) se intersecan perpendicularmente, pero no son líneas rectas, sino curvas complejas, excepto el meridiano central ([Meridiano de referencia](#)) y el paralelo de referencia. La escala de la representación permanece constante sobre el meridiano central, pero ésta varía al alejarse de aquel, introduciendo deformaciones en función de la longitud (λ). Por tal razón, el desarrollo de la proyección se controla mediante husos, que en el caso de Colombia se extienden 1,5° al lado y lado del meridiano central ([IGAC, 2004](#)).

R

Ráster

Se define como una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura. Los rásteres son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados (ESRI, 2016).

**Registro Minero Nacional
– RMN**

Servicio de cubrimiento nacional, que se prestará desde la capital de la República directamente, o a través de dependencias regionales, departamentales y locales propias o, de las gobernaciones y alcaldías que se comisionen o deleguen (Art. 327 [Código de Minas](#))

S

SIRGAS

Es un sistema de referencia geodésico continental fruto de la densificación de una red de estaciones de operación continua del [Sistemas de Navegación Satelital](#) de alta precisión en la región de las Américas (SIRGAS, Sin fecha).

Sistema Internacional de Referencia Terrestre – ITRS (International Terrestrial Reference System)

Es un sistema de referencia espacial que co-rota con la Tierra en su movimiento diurno en el espacio. En un sistema de este tipo, las posiciones de los puntos unidos a la superficie sólida de la Tierra tienen coordenadas que experimentan solo pequeñas variaciones con el tiempo, debido a los efectos geofísicos como deformaciones tectónicas o de mareas (IERS Convention Center, 2010)

Sistemas de Navegación Satelital

En este documento se entenderá como [GNSS](#). Se refiere a las constelaciones de satélites que proporcionan señales desde el espacio que transmiten datos de posicionamiento y temporización a los receptores GNSS. Los receptores luego usan esta información para determinar la ubicación.

Por definición, GNSS proporciona cobertura global. Entre los ejemplos de GNSS se incluyen el Galileo de Europa, el Sistema de Posicionamiento Global NAVSTAR (GPS) de EE. UU., el Sistema Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya (GLONASS) de Rusia y el Sistema de Navegación Satelital BeiDou de China.

El rendimiento de GNSS se evalúa utilizando cuatro criterios:

- Precisión: la diferencia entre la posición, velocidad o tiempo medida y real del receptor.
- Integridad: la capacidad de un sistema para proporcionar un umbral de confianza y, en el caso de una anomalía en los datos de posicionamiento, una alarma.
- Continuidad: la capacidad de un sistema para funcionar sin interrupción.
- Disponibilidad: el porcentaje de tiempo que una señal cumple con los criterios de precisión, integridad y continuidad anteriores ([GSA](#), 2018).

Sistema de Posicionamiento Global – GPS

Es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría

(Global Positioning System)

gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo. A todo el que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos (Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite, Sin fecha).

Sistemas de proyección

En este documento se asocia al concepto «[Proyección Cartográfica](#)»

Sistema de Referencia WGS-84 (World Geodetic System)

Se trata de un sistema de referencia geocéntrico fijo con la Tierra y orientado positivamente (a derechas).

Es un sistema tridimensional que tiene como origen (O) el centro de masas de la Tierra; su eje Z coincide con el polo terrestre; el eje X coincide con el meridiano de Greenwich terrestre y el eje Y completa completa el sistema ortogonal.

Sus parámetros son:

- Semieje Mayor a: 6.378.137,0 m
- Semieje Menor b: 6.356.752,31424 m
- Achatamiento f: 1/298,257223563
- Producto de la Constante Gravitacional (G) y la Masa de la Tierra (M): $GM = 3,986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$
- Velocidad Angular de la Tierra ω : $7,292115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$

La última revisión realizada en 2004 tenía un error de cálculo menor de 2 cm. y sobre este sistema de referencia se basa el Sistema de Posicionamiento Global ([GPS](#)) (Sistema de Referencia WGS84, 2003).

Superficie de referencia

Representaciones, matemáticas o físicas, aproximadas a la forma de la Tierra. En geodesia se utilizan principalmente el [Elipsoide](#) (elipse en rotación) y el [Geoide](#). Adaptado de



<https://kartoweb.itc.nl/geometrics/Reference%20surfaces/refsurf.html>

INTRODUCCIÓN

La creación de la [ANM](#) en 2011 fue una iniciativa determinada a fortalecer el sector minero, ya que es una entidad de carácter técnico que tiene como misión «Administrar los recursos minerales del Estado de forma eficiente, eficaz y transparente a través del fomento, la promoción, otorgamiento de títulos, seguimiento y control de la exploración y explotación minera, a fin de maximizar la contribución del sector al desarrollo integral y sostenible del país» (ANM, 2018).

Aunque la puesta en marcha de la nueva institucionalidad estuvo llena de retos, debido al legado de sus antecesoras ([Ingeominas](#), [Minercol Ltda.](#), [Mineralco](#), [Ecocarbon](#) y [Gobernaciones delegadas](#), entre otras), no sólo por su importancia y notoriedad sino por situaciones que no habían podido ser resueltas, la Agencia proyectó y ejecutó planes de choque para descongestionar las solicitudes pendientes y avanzar en los procesos de formalización; también se planteó retos como la transformación de coordenadas de la información cartográfica del catastro minero colombiano al Datum oficial de Colombia Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: [MAGNA-SIRGAS](#) ([MinMinas](#), 2013).

A propósito de esto último, en 2005 el [IGAC](#) adoptó la nueva red geodésica nacional a través de la [Resolución 068](#) debido a que el [Datum Bogotá](#) tenía algunas desventajas en relación con las tecnologías modernas, por la incompatibilidad con la tecnología [GPS](#), en parte porque su origen difiere del geocentro en 530 m. y a que materializa el Marco Internacional de Referencia Terrestre – [ITRF](#) con un error de 250 m. Si se tiene en cuenta que una de las principales actividades del Catastro Minero (CM) es fijar y delimitar la posición de los derechos mineros, los cuáles no poseen límites físicos visibles y que ello requiere el uso eficiente y experto de técnicas cartográficas y geodésicas (Banco Mundial - Ortega Gironés y otros, 2009), el camino natural, es la adopción de la red geodésica nacional, pues cuando el CM no se encuentra en una red geodésica moderna y actualizada o no cuenta con una cobertura cartográfica adecuada, da lugar a errores en el posicionamiento de los títulos mineros y afecta su seguridad e incluso se ocasionan inexactitudes relacionadas con la mezcla de datos o de coordenadas calculadas con diferentes [Sistemas de proyección](#) o diferentes [Datum](#).

De forma complementaria, la ordenación del otorgamiento de derechos mineros requiere de técnicas que hayan probado su efectividad tal como la [CUADRÍCULA MINERA](#), medida tomada por países como [Canadá](#), [Estados Unidos](#), [España](#), [México](#), [Perú](#) y [Bolivia](#) entre otros; una de las principales ventajas de su uso es que facilita el acopio y la clasificación de los datos de situación de las explotaciones mineras, con el consecuente beneficio de la localización de las áreas libres para el desarrollo de las actividades mineras (Gobierno de España, 1973).



Atendiendo las buenas prácticas en minería y estableciendo la importancia de la cuadrícula minera, la [ley 1753 del 9 de junio de 2015](#) por la cual se adopta el Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018, abordó este tema de manera seria y decidida dejando su uso a potestad de la Autoridad Minera (Artículo 21).

Con base en los argumentos expuestos, este documento se conforma de tres secciones: la primera, un breve marco teórico tanto de los sistemas de referencia geodésicos como de la cuadrícula minera; la segunda parte, muestra las especificaciones técnicas a tener en cuenta para la transformación de la información geoespacial a la red geodésica nacional vigente y las definiciones de la [CUADRÍCULA MINERA](#). Finalmente, la sección tres contiene algunas conclusiones derivadas del desarrollo de este documento.

1. OBJETIVOS

1.1 General

Sustentar técnicamente las disposiciones adoptadas por la Resolución ## de 2018.

1.2 Específicos

- Brindar las consideraciones básicas para la modernización de la información geoespacial de la ANM.
- Definir los elementos básicos para el establecimiento de la Cuadrícula Minera.

2. MARCO TEÓRICO

Con el fin de brindar un contexto fundamentado en los desarrollos teóricos de los dos principales temas de que trata este estándar, se hace una breve explicación de [MAGNA-SIRGAS](#) y de la Cuadrícula Minera en las siguientes secciones.

2.1 MAGNA-SIRGAS

Teniendo en cuenta que el [IGAC](#) es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia (IGAC, 2018) función encomendada mediante el [Decreto 2113 de 1992](#), y que también es el encargado de determinar, establecer, mantener y proporcionar los sistemas de referencia geodésico, gravimétrico y magnético establecido por los Decretos [2113/92](#) y [208/2004](#) (IGAC, 2004) adoptó, a través de la [resolución 068 del 28 de enero de 2005](#), el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, también denominado MAGNA-SIRGAS, como único datum oficial de Colombia, reemplazando a [ARENA](#), establecida en 1941.

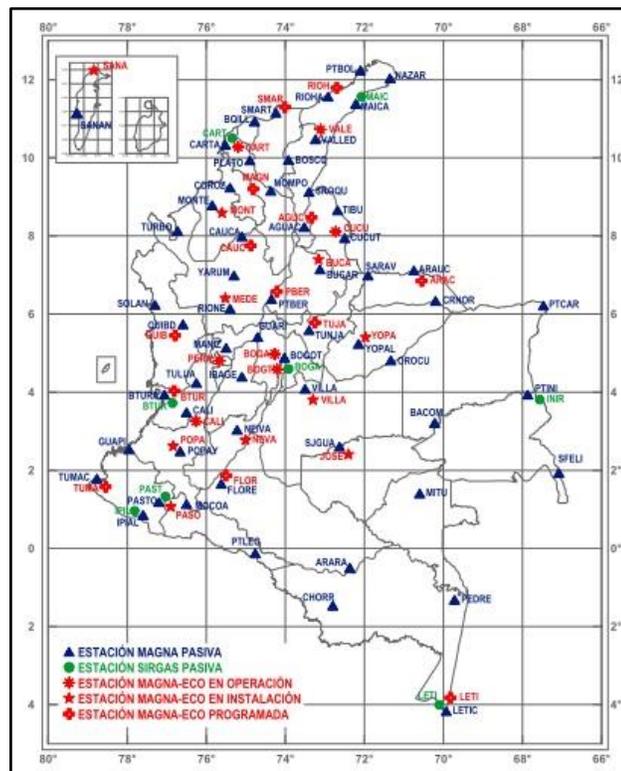


Figura 1. Sistema MAGNA-SIRGAS: Red Básica GPS

Fuente: Adopción MAGNA-SIRGAS como Datum Oficial de Colombia

MAGNA corresponde a la densificación de [SIRGAS](#) en Colombia el cual es la extensión del [ITRF](#) en América, es decir, están vinculados; esto significa que las coordenadas de la red básica nacional están definidas sobre el mismo sistema que sirve como base para el cálculo de las órbitas de los satélites GPS (IGAC, 2004).

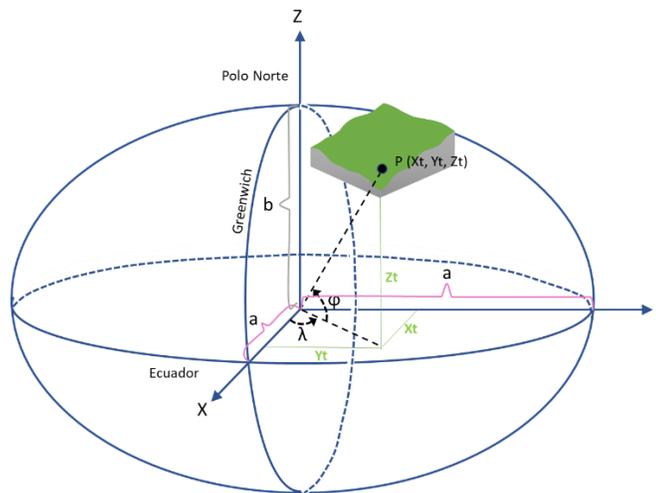


Figura 2. Sistema tridimensional de coordenadas geocéntricas

Fuente: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-slope-works.htm>

Este marco de referencia es un [Datum](#) geodésico tridimensional (Ver [Figura 2](#)) que permite establecer las coordenadas para cualquier punto con respecto a la superficie de referencia, en este caso el [Elipsoide](#) (IGAC, 2004).

Dentro de la concepción del MAGNA-SIRGAS se consideró el proceso de transformación respecto al [Datum Bogotá](#), fundamentándolo en el modelo de transformación tridimensional [Molodensky – Badekas](#) y estableciendo para ello ocho (8) regiones (Ver [Figura 3](#)). Los valores de latitud y longitud establecidos para cada una de ellas se relacionan en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Valores de longitud y latitud para las ocho (8) regiones de transformación

Fuente: (IGAC, 2004)

REGIÓN	LATITUD		LONGITUD	
	Desde	Hasta	Desde	Hasta
I	10,0 N	13,0 N	73,0 W	71,0 W
II	9,4 N	11,6 N	76,0 W	73,0 W
III	8,0 N	9,4 N	77,6 W	74,4 W
IV	5,0 N	9,4 N	74,4 W	72,0 W

REGIÓN	LATITUD		LONGITUD	
	Desde	Hasta	Desde	Hasta
V	5,0 N	8,0 N	78,0 W	74,4 W
VI	3,0 N	5,0 N	78,0 W	74,4 W
VII	1,0 S	3,0 N	79,0 W	74,0 W
VIII	4,5 S	3,0 N	74,0 W	66,5 W
	3,0 N	5,0 N	74,4 W	66,5 W
	5,0 N	7,3 N	72,0 W	66,5 W

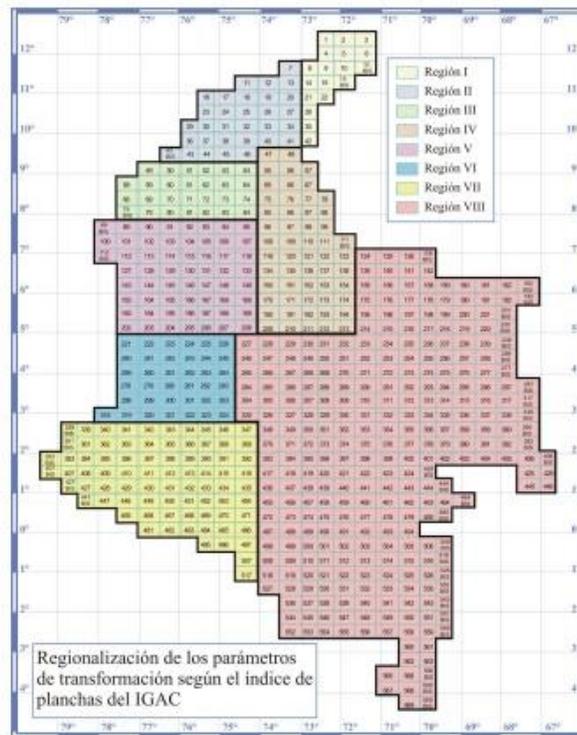


Figura 3. Regionalización de los parámetros de transformación según el índice de planchas del IGAC

Fuente: (IGAC, 2004)

Considerando lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que MAGNA-SIRGAS es un marco geocéntrico, tridimensional y preciso cuyo desarrollo se ha dado bajo los lineamientos de la geodesia internacional (IGAC, 2004), puesto que está integrado al [ITRF](#), lo cual permite obtener valores más precisos de las posiciones sobre la superficie terrestre, que además son compatibles con las tecnologías modernas de geolocalización ([GPS](#)) facilitando el intercambio de información georreferenciada entre diferentes usuarios y sectores.

2.2 CUADRÍCULA MINERA

De acuerdo con la experiencia internacional incluida en la publicación del Banco Mundial sobre Catastro Minero (2009), se considera una buena práctica utilizar una malla o grilla regular predefinida y estandarizada con el fin de otorgar los derechos mineros sobre un área determinada. Esta grilla está formada por polígonos cuadrangulares de dimensiones constantes denominados unidades catastrales o (UC) que es la unidad mínima, indivisible y referida a un sistema de coordenadas que le da una posición fija, la cual, interpretando los conceptos de Daniel Terrón Santos (2007) sobre la actualización de la Ley de minas de España, facilita la recolección y la clasificación de la situación y la localización de las explotaciones mineras y las áreas libres y de igual forma puede contribuir a la desaparición de los errores de medición y de las superposiciones, así como a normalizar la forma de los perímetros de los títulos mineros.

En países como Perú, Bolivia y Honduras, se ha adoptado la declaración de la Ley de minas de España, [Ley 22 de 1973](#), la cual define la cuadrícula minera como el «volumen de profundidad indefinida cuya base superficial quede comprendida entre dos paralelos y dos meridianos, cuya separación sea de veinte segundos sexagesimales, que deberán coincidir con grados y minutos enteros y, en su caso, con un número de segundos que necesariamente habrá de ser veinte o cuarenta» (Gobierno de España, 1973). Por supuesto, el tamaño de la grilla difiere en cada país; mientras en Perú el tamaño es de 100 Ha. ([Decreto Supremo N° 018-92 del 7 de septiembre de 1992](#)), en Bolivia es de 25 Ha. ([Ley 535 de 28 de mayo de 2014](#)) y en Honduras de 400 Ha. ([Decreto 238 de 2012](#)).

La cuadrícula minera también es la forma en la que se materializan los [Títulos Mineros](#) y sobre la cual se plasman las [Solicitudes](#) de otorgamiento de derechos mineros. A continuación, se hace una breve definición técnica de estos dos conceptos.

2.2.1 Títulos Mineros

Tal como lo expone el [Glosario Técnico Minero](#) del Ministerio de Minas de Colombia, un título minero es el acto administrativo escrito (documento) mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo minero de propiedad de la Nación.

El título minero se materializa mediante el contrato de concesión minera el cual es otorgado por la Autoridad Minera y debe ser debidamente inscrito en el [RMN](#). Las fases de un contrato de concesión son: i) Exploración técnica; ii) Construcción y montaje y iii) Periodo de prórroga (MinMinas, 2017). Los tiempos empleados en cada una de las anteriores fases, se muestra en la [Figura 4](#).

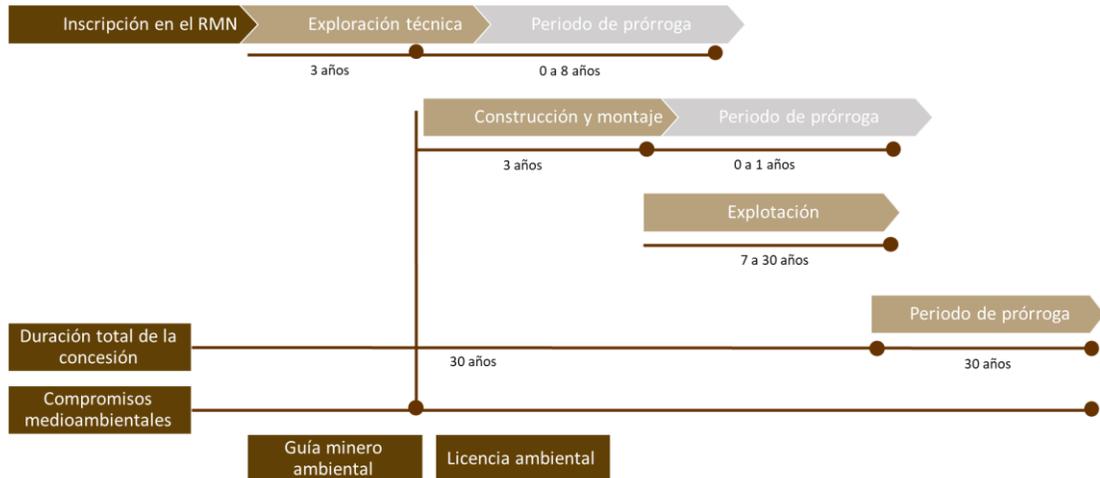


Figura 4. Tiempos de las fases del contrato de concesión

Fuente: (MinMinas, 2017).

Es de anotar que en Colombia existen otros tipos de títulos mineros que tienen validez, y que fueron otorgados en vigencia de normas anteriores como la Ley 20 de 1969 y el Decreto 2655 de 1988, tales como:

- Licencias de Exploración.
- Licencias de Explotación.
- Permisos.
- Contratos de Explotación.
- Contratos sobre áreas de aporte.
- Reconocimientos de Propiedad Privada.
- Registro Mineros de Cantera.

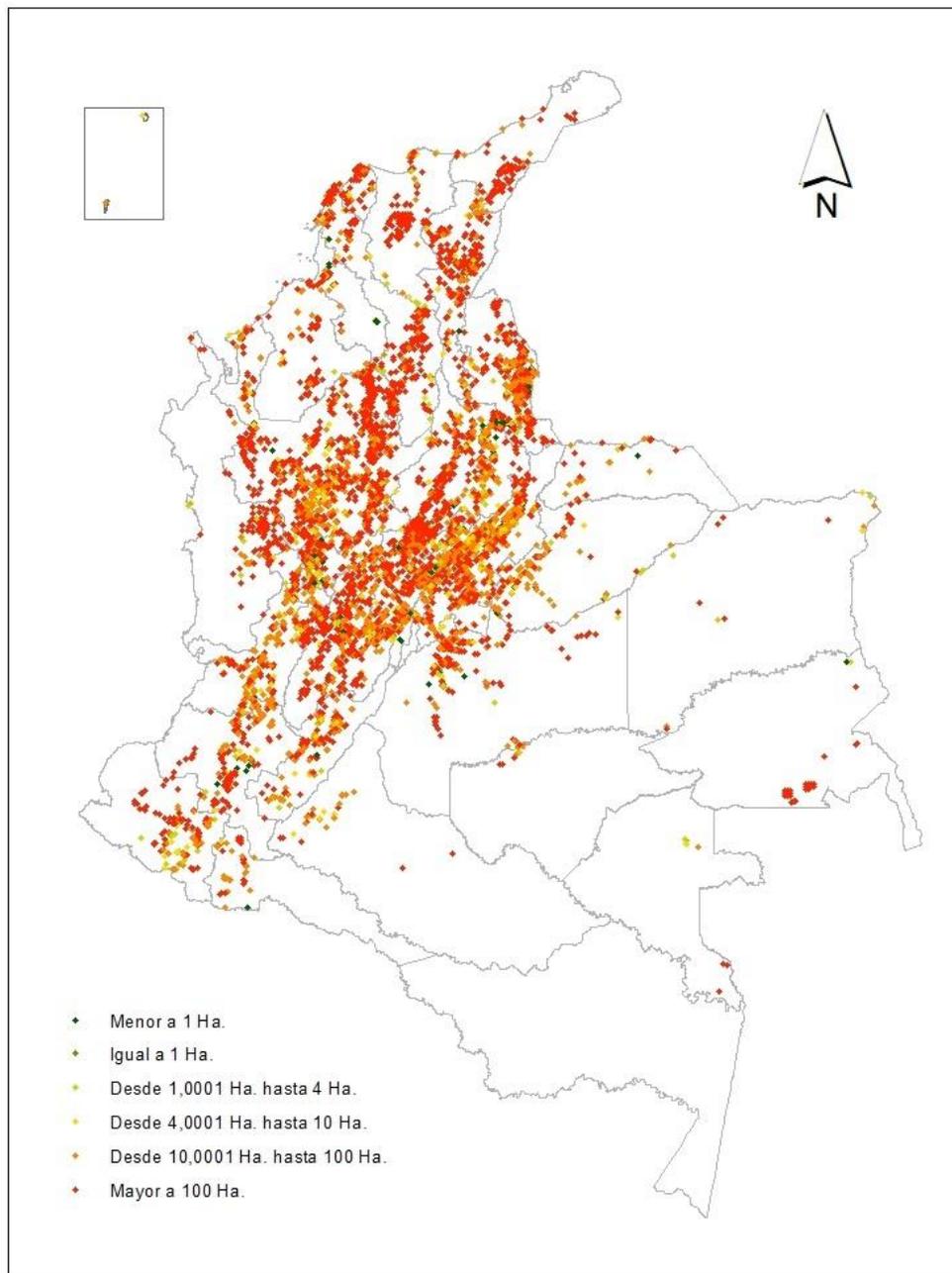


Figura 5. Ubicación de los títulos mineros en Colombia por rangos de tamaño.

Fuente: CMC, 18 de marzo de 2018.

El análisis sobre el tipo de titulares de los derechos mineros fue el resultado de un ejercicio de fiscalización realizado por la [ANM](#) en 2014, cuyos resultados se muestran en la [Tabla 2](#).

Tabla 2. Porcentaje de participación por tipo de titular de los derechos mineros.

Fuente: (ANM, 2014).

Porcentaje	Pertenencia del título
74,14%	Empresas y personas colombianas
10,12%	Empresas multinacionales
5,68%	Resguardos indígenas
8,56%	Autorizaciones temporales
1,11%	Asociaciones mineras
0,39%	Cooperativas

2.2.2 Solicitudes

Se pueden considerar como el trámite que se realiza para un posible otorgamiento de derechos mineros, el cual no confiere ningún derecho a celebración de contrato, por cuanto constituye una mera expectativa para acceder a un título minero, lo cual sólo ocurre en la medida en que se cumplan los requisitos de orden técnico, jurídico y económico definido por la Ley.

Según la Cartilla Minera ([ANM](#); [URT](#); [MinAgricultura](#), 2015), existen los siguientes tipos de solicitudes:

1. Propuestas de Contrato de Concesión Minera: es la modalidad precontractual ordinaria a través de la cual se solicita al Estado el permiso para explorar y explotar. Inicia con la presentación de la propuesta del contrato de concesión ante la Autoridad Minera por el interesado, bajo su cuenta y riesgo.
2. De legalización de minería de hecho: aquellas que se tramitaron bajo la ley 685 de 2001 ([Código de Minas](#) vigente), dentro del programa de legalización de minería de hecho. Aplica para los explotadores, los grupos y asociaciones de minería tradicional que explotan minas de propiedad estatal sin título y que están solicitando le sean otorgados en concesión llenando los requisitos exigidos por la norma.
3. De Formalización Minera: aquellas que son recogidas en las solicitudes de legalización de minería tradicional radicadas bajo la vigencia de la Ley 1382 de 2010. Aplica para los explotadores, los grupos y asociaciones de minería tradicional que explotan minas de propiedad estatal sin título y que están solicitando le sean otorgados en concesión llenando los requisitos exigidos por la norma.
4. De Áreas de Reserva Especial: las cuales se constituyen en un mecanismo de legalización para comunidades mineras tradicionales en áreas libres, con base en el artículo 31 de la Ley 685 de 2001.

5. Zonas de minería indígena, negra o mixta: el cual está consagrado en el artículo 124 y 133 del [Código de Minas](#).
6. Áreas de reserva para el desarrollo minero: las cuales se establecen conforme al artículo 20 [Ley 1753 de 2015](#) (ANM; URT; MinAgricultura, 2015).

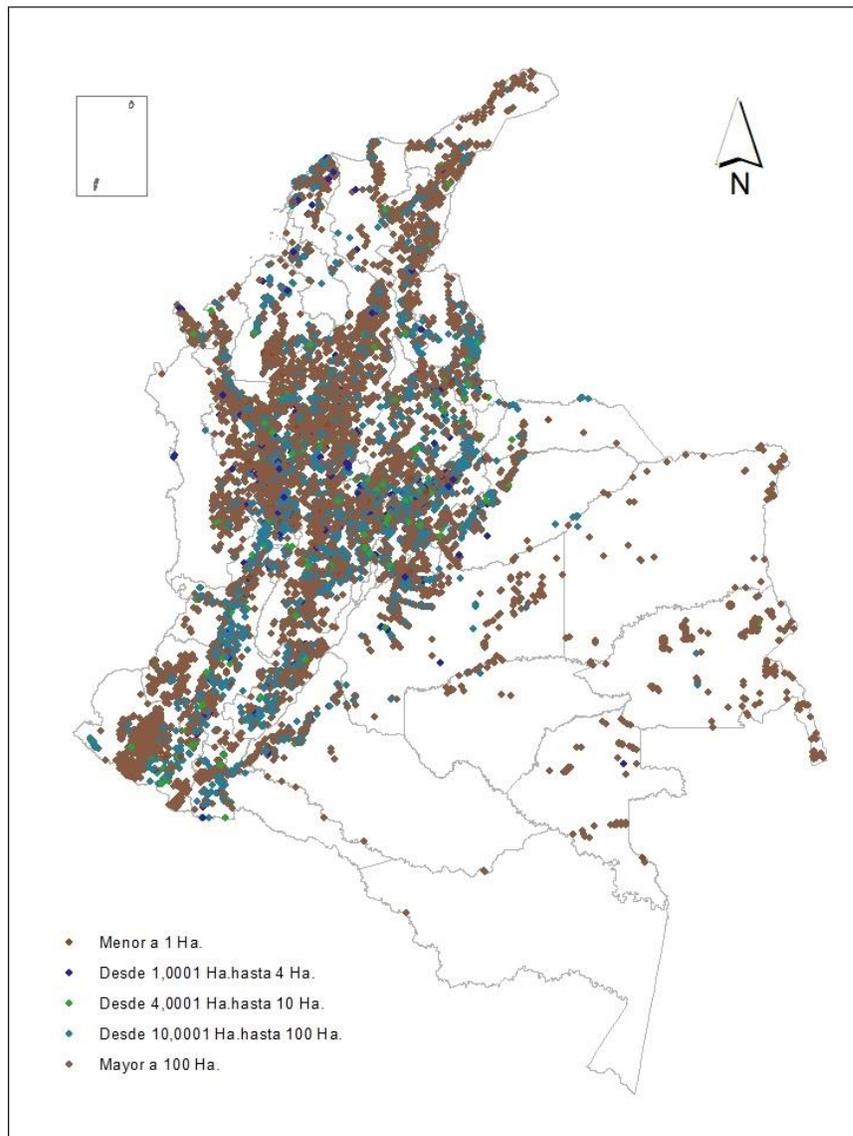


Figura 6. Ubicación de las solicitudes en Colombia por rangos de tamaño.

Fuente: CMC, 18 de marzo de 2018

7. Autorización del Subcontrato de Formalización Minera, celebrado entre el beneficiario de un título minero y los explotadores mineros de pequeña escala, desde antes del 15 de julio de 2013, tal como sanciona el artículo 1° del [Decreto 1949 de 2017](#).

3. CONSIDERACIONES BÁSICAS

La [ANM](#), al igual que sus predecesores, ha utilizado el [Datum Bogotá](#) para referenciar la información geoespacial que genera, sin embargo, este modelo de referencia no cumple con los parámetros geodésicos modernos y presenta bajas precisiones con respecto a la tecnología disponible hoy día.

Esto también se traduce en dificultades para realizar los procesamientos de información geoespacial necesarios para conceder o modificar un título minero (Ver [Código de Minas](#) art. 34 y 35), debido a que la información geoespacial proveniente de otras fuentes se encuentra en el sistema [MAGNA-SIRGAS](#); además, el hecho de que la información de la ANM no esté referida a la Red Geodésica Nacional, genera imprecisiones a la hora de tomar decisiones en temas que competen a la autoridad minera.

De forma complementaria, el artículo 65 del [Código de Minas](#) observa expresamente: «El área para explorar y explotar terrenos de cualquier clase y ubicación con exclusión del cauce de las corrientes de agua, estará delimitada por un polígono de cualquier forma y orientación delimitado con referencia a la **red geodésica nacional**. Dicha área tendrá una extensión máxima de diez mil (10.000) hectáreas». En este sentido, es claro que la información espacial generada por la [ANM](#) debe estar en el sistema MAGNA-SIRGAS o el que haga las veces de la red geodésica nacional.

En cuanto a la forma en que en la actualidad se solicitan y conceden los títulos mineros, es necesario establecer una herramienta técnica (cuadrícula minera) que pueda subsanar, de forma eficiente, las dificultades técnicas y administrativas que se presentan debido a la superposición de títulos o de bloqueos de áreas libres y que pueda resolver las solicitudes de los diferentes usuarios.

A continuación, se establecen las características para la actualización del Sistema de Referencia Geodésico y la adopción de la Cuadrícula Minera aplicables a la información geoespacial de la ANM.

3.1 Sistema de Referencia MAGNA-SIRGAS

Una de las principales preocupaciones en relación con el cambio entre sistemas de referencia (de [Datum Bogotá](#) a [MAGNA-SIRGAS](#)) es la diferencia de áreas que pueda presentarse, pues se busca minimizar los impactos generados de este proceso. La [Tabla 3](#), muestra el promedio de la diferencia de los valores absolutos de las áreas de los títulos mineros, por departamento, en hectáreas, así como los valores mínimos y máximos de cada una de las ocho (8) zonas de

transformación establecidas para MAGNA-SIRGAS, tomando para todos el Origen Central (Ver [Resolución 0399 de 2011](#) del IGAC).

Tabla 3. Estadísticas exploratorias de las diferencias de las áreas de los títulos mineros en Ha., entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
Promedio	8,3895	3,4246	1,1900	2,1048	0,5134	1,3000	2,7883	0,4515
Valor Máximo	76,5108	29,9967	9,6255	15,1985	4,5819	13,5801	37,3000	2,2224
Valor Mínimo	0,0249	0,0093	0,0012	0,0066	0,0010	0,0004	0,0047	0,0002

Se puede apreciar que la Zona 1, tiene los mayores valores, tanto de promedio (8,3895) como de valores mínimo (0,249) y máximo (76,5108); en contraste, la Zona 8, muestra los valores más bajos: Promedio 0,4515, valor mínimo 0,0002, valor máximo 2,2224. Esto es consistente con el hecho de que los parámetros de transformación de la Zona 8 presentan la mayor exactitud como consecuencia de las menores distorsiones de la red geodésica a partir de las cuales fueron calculados.

La [Figura 7](#) muestra un mapa de calor sobre las diferencias de las áreas en valores reales para cada departamento.

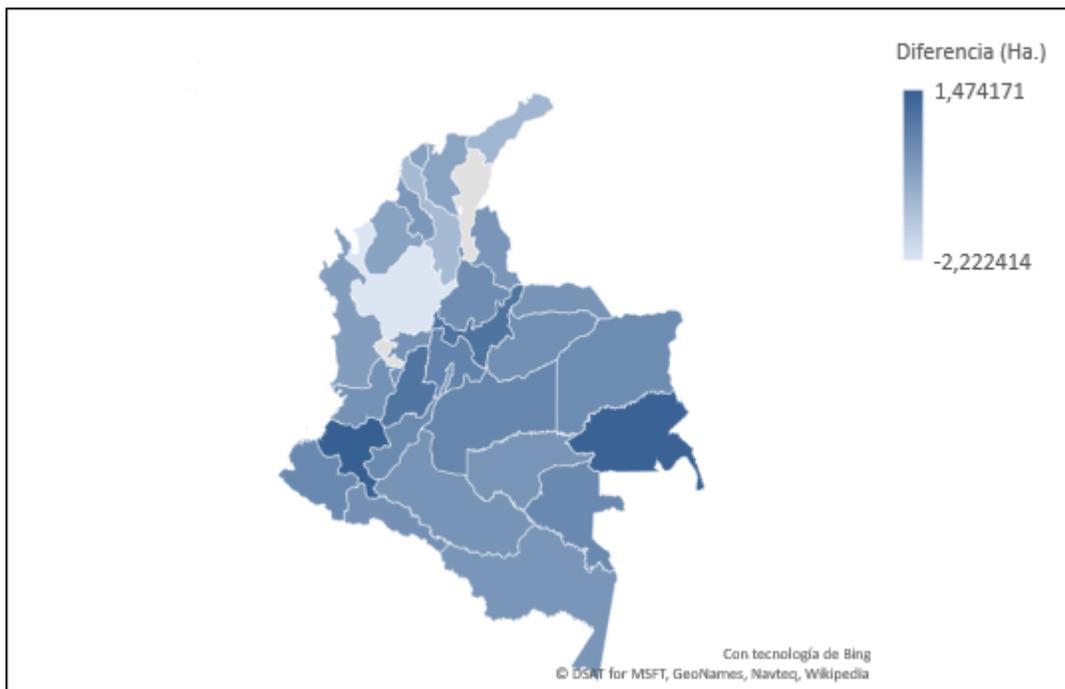


Figura 7. Mapa de diferencias de área en Ha. entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS.

Teniendo en cuenta las cifras presentadas, en la [Tabla 4](#) se establecen los siguientes parámetros de transformación de la información de la Agencia:

Tabla 4. Parámetros de transformación de Datum Bogotá a MAGNA-SIRGAS de la información de la ANM

Sistema de Referencia	MAGNA-SIRGAS ¹
Tipo de coordenadas	Geográficas ² : latitud (φ), longitud (λ) y iError! No se encuentra el origen de la referencia. ³ referidas al elipsoide GRS80 (equivalente al sistema WGS-84) o el que en su lugar defina la IAG y/o el SIRGAS .
Modelo de transformación	Molodensky – Badekas
Exactitud Posicional	1 m. en coordenadas y 1 m ² en áreas ⁴

Parámetro	Valor
ΔX (m)	302,529
ΔY (m)	317,979
ΔM (m)	-319,080
λ	-2,199 976 E-06
R_X (radianes)	1,361 566 E-05
R_Y (radianes)	-2,174 456 E-06
R_Z (radianes)	-1,362 418 E-05
X_0 (m)	1 738 580,767
Y_0 (m)	-6 120 500,388
Z_0 (m)	491 473,306

- ¹ Los criterios de la Tabla 4 de este escrito aparecen en el documento técnico «Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia [MAGNA-SIRGAS](#), como [Datum](#) oficial de Colombia», el cual de acuerdo con el Parágrafo 4 del Artículo 1, es parte integral de la [Resolución IGAC 068 de 2005](#).
- ² La [ANM](#) podrá mantener el uso de las [Coordenadas planas](#) a través de la [Proyección Gauss-Krüger, Colombia \(Transversa de Mercator\)](#), referida a MAGNA-SIRGAS origen Central, de de conformidad con la [Resolución 0399 de 2011](#) expedida por el IGAC.
- ³ Además de las alturas elipsoidales referidas al [WGS-84](#), la ANM podrá utilizar las cotas o alturas referidas al sistema de referencia vertical de Colombia y/o el [IHRS](#).

- ⁴ La exactitud de la información geoespacial proveniente de otras fuentes está sujeta a su escala o error de elaboración. La ANM utilizará los errores correspondientes a la escala 1:25.000.

En relación con la exactitud posicional, se establece 1 m. como el valor estándar para las coordenadas de los vértices de las solicitudes y los títulos mineros. Este es el valor que de facto utiliza la ANM desde la implementación del [Radicador web](#). Para el caso de las áreas, la exactitud equivalente es la del metro cuadrado (m²). Por lo tanto, los valores de área expresados en hectáreas (ha) contendrán cuatro cifras decimales, dado que:

$$1 \text{ m}^2 = 0,0001 \text{ ha}$$

De manera equivalente, en coordenadas geográficas, las posiciones de los vértices se expresan como grado con cinco cifras decimales para obtener la exactitud aproximada al metro.

La información geoespacial generada por la ANM será transformada por la zona 8 origen central, de manera que los valores finales corresponderán a la transformación con exactitud de 1 m. Esto también obedece a que al utilizar una única región para ubicar la información, se mantienen estables los errores que ya trae la información, es decir, que los problemas de superposiciones y coordenadas se mantendrán tal y como se tienen hoy en día.

3.2 Cuadrícula minera

Partiendo de los datos obtenidos del [RMN](#) para establecer el número total de títulos mineros (Capa de información TITULOS_RMN) y del [CMC](#) para el total de solicitudes (Capa de información Geo_Solicitudes) del 18 de marzo de 2018, consignados en la [Tabla 5](#), se derivan estadísticas base para la definición de los parámetros de la especificación técnica de la [CUADRÍCULA MINERA](#).

Tabla 5. Información títulos mineros tomada del [CMC](#) con fecha del 18 de marzo de 2018.

Número total de títulos	Número total de solicitudes
8.703	11.609

El gráfico de la [Figura 8](#), muestra la distribución por cantidad de títulos mineros, de cada rango de tamaño establecidos para este análisis.

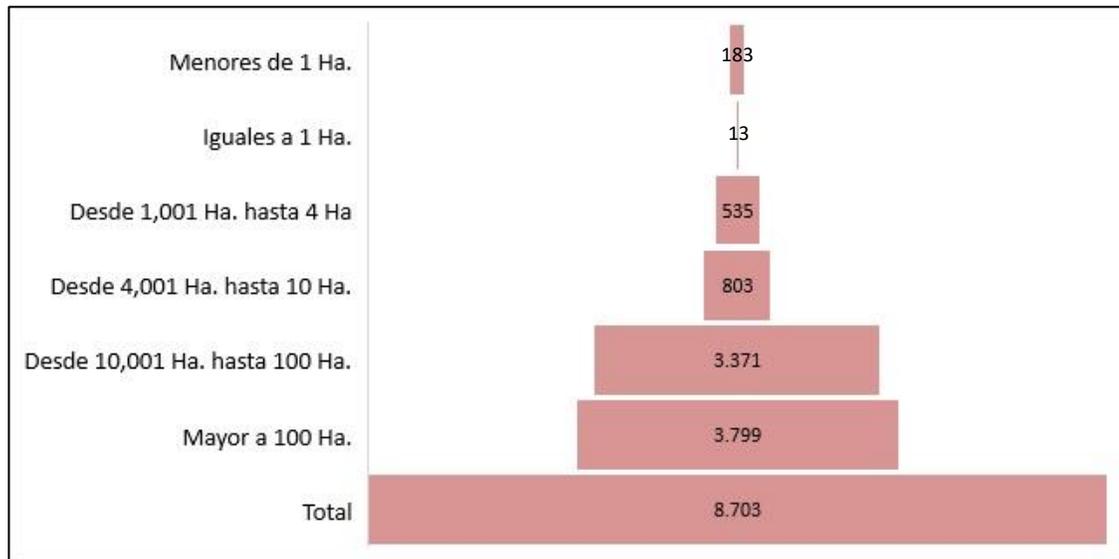


Figura 8. Distribución de los títulos mineros por tamaño.

De acuerdo con el gráfico, hay 183 títulos mineros con un área menor a una hectárea, distribuidos en veintidós (22) departamentos. Cundinamarca es el que tiene un mayor porcentaje con 41 títulos equivalentes al 22,4%; le siguen Boyacá con 32 títulos equivalentes al 17,6% y Caldas con 27 títulos equivalentes al 14,8%.

Tabla 6. Porcentaje de títulos según tamaño.

Rangos de tamaño	No. Títulos	Porcentaje
<i>Menor a 1 ha</i>	183	2,46%
<i>Igual a 1 ha</i>	13	0,06%
<i>Desde 1,001 ha hasta 4 ha</i>	534	6,14%
<i>Desde 4,001 ha hasta 10 ha</i>	803	9,20%
<i>Desde 10,001 ha hasta 100 ha</i>	3.371	41,70%
<i>Mayor a 100 ha</i>	3.799	40,43%
TOTAL	8.703	100%

En cuanto a los trece (13) títulos mineros vigentes de 1 ha se ubican en Cauca, Caldas, Norte de Santander, Tolima y Santander, siendo este último el que cuenta con el mayor número de ellos (6 títulos).

En la [Tabla 6](#) se consigna la participación porcentual por tamaños de los títulos mineros de la cual se desprende que el mayor número se encuentra en el rango tamaño de 10,001 a 100 ha seguido por el de más de 100 ha, sumando entre los dos el 82,13%.



Figura 9. Distribución de las solicitudes por tamaño.

Pasando a las solicitudes, la [Figura 9](#) indica la distribución dentro de los rangos de tamaño establecidos, de lo cual se desprende que hay 268 menores a 1 ha las cuales han sido solicitadas en 27 departamentos.

Boyacá encabeza la lista de solicitudes con 63 títulos, los cuáles corresponden al 23,51%, luego está Antioquia con 39 solicitudes, es decir 14,55%, seguidos de Cundinamarca, Caldas, Tolima y Valle del Cauca con 37, 33, 11 y 10 solicitudes respectivamente. Estos cuatro (4) departamentos representan el 33,96%.

Según el gráfico de la [Figura 9](#), basado en los datos del CMC correspondientes al 18 de marzo de 2018, no hay solicitudes de 1 ha y la gran mayoría se concentra en el rango de más de 100 ha el cual representa el 58,64% como lo muestra la [Tabla 7](#).

Tabla 7. Porcentaje de solicitudes según tamaño.

Rangos de tamaño	No. Solicitudes	Porcentaje
Menor a 1 ha	268	2,31%
Igual a 1 ha	0	0,00%
Desde 1,001 ha hasta 4 ha	421	3,63%
Desde 4,001 ha hasta 10 ha	576	4,96%
Desde 10,001 ha hasta 100 ha	3.537	30,47%
Mayor a 100 ha	6.807	58,64%
TOTAL	11.609	100%

Cotejando los datos arriba expuestos, se puede deducir que los rangos que presentan mayor número de títulos mineros y de solicitudes están en los rangos entre 10,001 a 100 ha y mayor a 100 ha (Ver [Figura 10](#)).

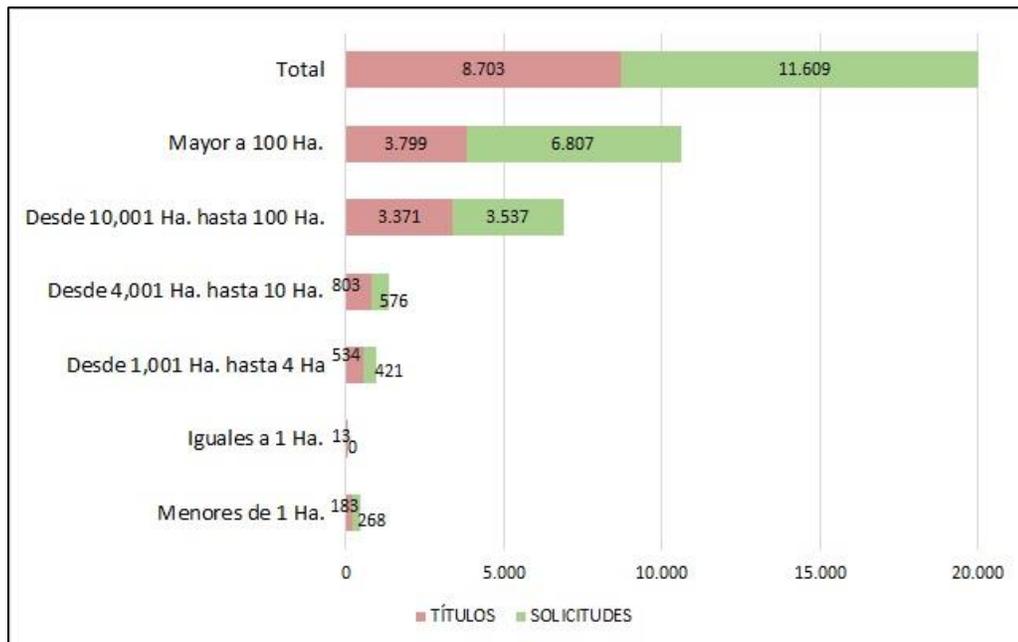


Figura 10. Contraste entre el total de títulos mineros y solicitudes de acuerdo con el rango de tamaño.

Como se mencionó arriba, en ambos casos la porción mayor de los títulos mineros y las solicitudes está en los rangos mayores, aunque presentan similitudes en su proporción en todos los rangos, según se aprecia en la [Tabla 8](#).

Tabla 8. Rangos de tamaño vs. porcentaje de títulos y solicitudes.

Rangos de tamaño	% Títulos	% Solicitudes
<i>Menor o igual a 1 ha</i>	3%	4%
<i>Desde 1,001 ha hasta 4 ha</i>	6%	4%
<i>Desde 4,001 ha hasta 10 ha</i>	9%	5%
<i>Desde 10,001 ha hasta 100 ha</i>	42%	30%
<i>Mayor a 100 ha</i>	40%	57%
NÚMERO TOTAL	8.207	11.767

Teniendo en cuenta la variable de tamaño de los títulos y las solicitudes, se puede advertir que los rangos desde menos de 1 ha. Hasta 10 ha, representan el 18% de los títulos y el 13% de las solicitudes y que el mayor número se presenta en el rango de 10 a 100 ha. Este aspecto nos indica que el tamaño mínimo de la [CUADRÍCULA MINERA](#), podría estar entre 4 y 10 ha.

Sin embargo, es importante considerar otras perspectivas que se desprenden del carácter socioeconómico de la actividad y que se relacionan con la capacidad financiera de los solicitantes de los derechos mineros y el número de personas que se ocupan gracias a las actividades de la minería.

Según Fedesarrollo (2011) la pequeña y mediana minería de carbón en Norte de Santander genera en promedio empleo directo a cerca 10.500 personas y se calcula que del carbón viven 20 mil familias. En Boyacá, se estima que la misma actividad genera empleo para entre 4.000 y 8.000 personas. En Cundinamarca la cifra asciende a 16.000 empleos (Fedesarrollo, 2012).

En noticias publicadas en el año inmediatamente anterior, se hizo referencia al importante crecimiento en la producción empresarial formal en minerales como oro y níquel (Portafolio, 2017) y que hay un 10% de fuerza laboral en el sector para las mujeres, según los resultados de la Encuesta Referenciada de Titulares Mineros, realizada por la [UPME](#).

Adicionalmente, el sector jalona fuertemente empleo indirecto a través de sus encadenamientos con otros sectores.

Con base en las consideraciones realizadas en este acápite, el parámetro técnico establecido para el tamaño de la Cuadrícula Minera debe ser de 3,6" x 3,6" (tres coma seis segundos por tres coma seis segundos) que equivalen aproximadamente a lados de 111,2 m x 111,2 m y un área aproximada de 1,25 ha, tamaño que es manejable técnicamente y es adecuado de acuerdo con las dimensiones de títulos mineros y solicitudes.

3.2.1 Criterios Para Construir La Cuadrícula Minera

Los criterios tomados en cuenta para la construcción de la Cuadrícula Minera son los propuestos por Pacific Geotech Systems, en el documento «Conceptos Generales Cuadrícula PGS», los cuales se listan a continuación:

1. Utilizar «multi niveles» con el fin de optimizar el sistema de forma visual y operacional.
2. Generarse en formato de polígono en todos sus niveles.
3. Integrar el modelo de datos (atributos), en cada uno de los niveles.
4. Tener un identificador único en todos los niveles y para cada una de las celdas de forma que tengan relación y estén en contexto con el nivel anterior (superior).
5. Estar recortada y ajustada al límite administrativo de Colombia.
6. Generar las especificaciones de visualización para los siguientes elementos:
 - a. Simbología de las líneas de la cuadrícula
 - b. Color de la línea de cada nivel
 - c. Tipo de línea de cada nivel (sólido/intermitente y el grosor)
 - d. La escala de presentación de cada nivel
 - e. La simbología de representación del texto en cada nivel
7. Validar la dependencia que se tenga con los datos y su migración.
8. Construirse en un formato que proporciona el máximo rendimiento con el visor de mapas.
9. Expresar el área cuadrangular más pequeña de la medida de la cuadrícula como «celda».
10. Expresar en estándar GCS SIRGAS 2000 las coordenadas de los vértices y las aristas de la unidad (Ver [Tabla 9](#)).

Tabla 9. Características de los vértices de la cuadrícula minera.

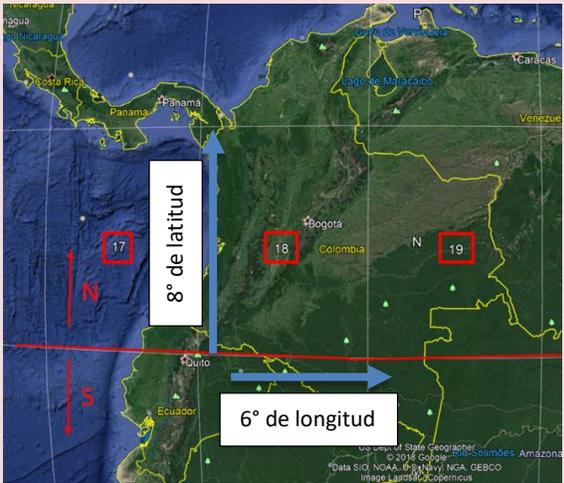
Componente	Característica
Sistema de Coordenadas Proyectadas	MAGNA_Colombia_Bogota
Proyección	Trasversa de Mercator
Falso Este	1.000.000,00
Falso Norte	1.000.000,00
Meridiano Central	-74,07750792

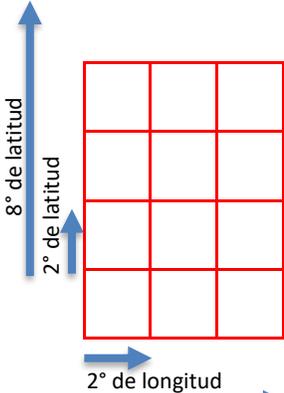
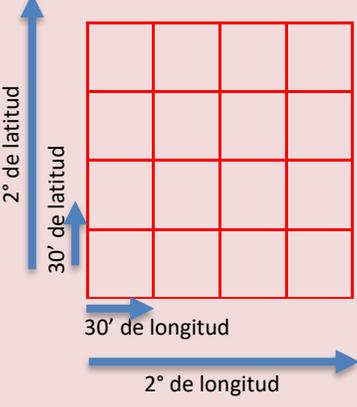
Componente	Característica
Factor de Escala	1,000000
Latitud de Origen	4,59620042
Unidad Lineal	Metros
Sistema de Coordenadas Geográficas	GCS_MAGNA
Referencia	D_MAGNA
Meridiano	Greenwinch
Unidad angular	Grado (°)

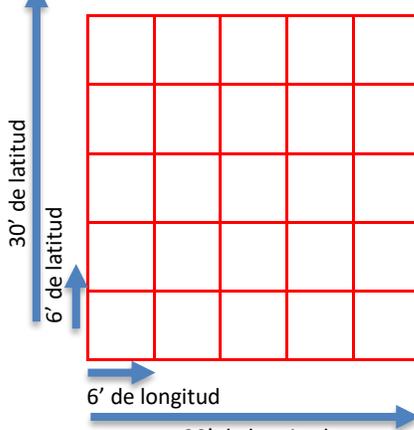
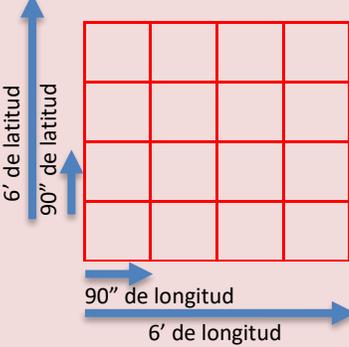
3.2.2 Tamaño y Estructura

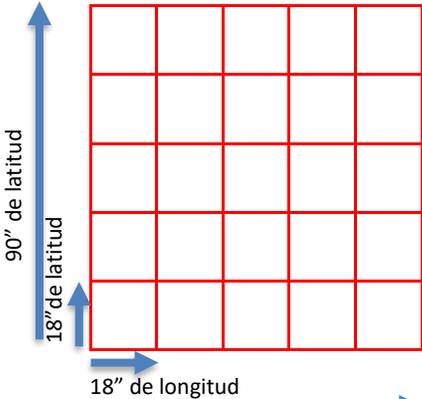
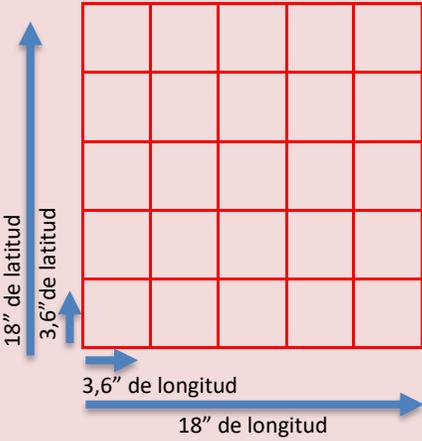
La Cuadrícula Minera consta de siete niveles, los cuales se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Descripción de los niveles de la Cuadrícula Minera.

Nivel	Descripción
1	<p>Conformado por Zona UTM y banda de Latitud. Colombia está cubierta por tres (3) Zonas UTM (17, 18 y 19) y tres (3) bandas de latitud (M, N Y P). Cada zona tiene 8° (ocho grados) de latitud por 6° (seis grados) de longitud.</p> 

Nivel	Descripción
2	<p>El segundo nivel se conforma al dividir el nivel anterior doce (12) celdas de 2° de latitud por 2° longitud.</p> 
3	<p>Este nivel se genera al dividir el nivel anterior en dieciséis (16) celdas de 30' (treinta minutos) de latitud por 30' (treinta minutos) de longitud.</p> 

Nivel	Descripción
4	<p data-bbox="613 363 1232 472">Este nivel se genera al dividir el nivel anterior en veinticinco (25) celdas de 6' (seis minutos) de latitud por 6' (seis minutos) de longitud.</p> 
5	<p data-bbox="613 924 1232 1033">Este nivel se genera al dividir el nivel anterior en dieciséis (16) celdas de 90" (noventa segundos) de latitud por 90" (noventa segundos) de longitud.</p> 

Nivel	Descripción
6	<p>Se genera al dividir el anterior en veinticinco (25) celdas de 18" (dieciocho segundos) de latitud por 18" de longitud.</p> 
7	<p>Se genera al dividir el anterior en veinticinco (25) celdas de 3,6" (tres coma seis segundos) de latitud por 3,6" (tres coma seis segundos) de longitud.</p> 

3.2.3 Parámetros de Nomenclatura

Se tomaron como base las siguientes formas de nombrar las celdas de las cuadrículas, tal como se ve en la [Figura 11](#).

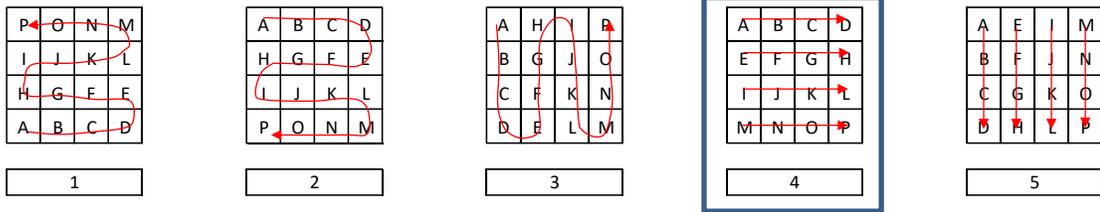


Figura 11. Sistemas de nomenclatura para la Cuadrícula Minera.

Tomando en cuenta los sistemas que se utilizan en Colombia similares a una cuadrícula, como la nomenclatura de planchas de la cartografía básica del IGAC, se escogió el esquema número cuatro, teniendo en cuenta que es la forma natural de lectura.

Con base en los siete niveles establecidos para la construcción de la Cuadrícula Minera, la [Tabla 11](#) muestra los nombres asignados y sus tamaños.

Tabla 11. Nombres para cada nivel de cuadrícula y tamaños

No. Nivel	Nombre Nivel	Tamaño Celda	Muestra Gráfica de Nomenclatura												
1	Zona UTM	6° x 8°	<p>Ej: 17P</p>												
2	Sector	2° x 2°	<table border="1"> <tr> <td>01</td> <td>02</td> <td>03</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>05</td> <td>06</td> </tr> <tr> <td>07</td> <td>08</td> <td>09</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> </tr> </table> <p>Ej: 17P01</p>	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
01	02	03													
04	05	06													
07	08	09													
10	11	12													

No. Nivel	Nombre Nivel	Tamaño Celda	Muestra Gráfica de Nomenclatura																									
3	Sección	30' X 30'	<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>F</td> <td>G</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>J</td> <td>K</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>N</td> <td>P</td> <td>Q</td> </tr> </table> <p>Ej: 17P01A</p>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q									
A	B	C	D																									
E	F	G	H																									
I	J	K	L																									
M	N	P	Q																									
4	Conjunto	6' X 6'	<table border="1"> <tr> <td>01</td> <td>02</td> <td>03</td> <td>04</td> <td>05</td> </tr> <tr> <td>06</td> <td>07</td> <td>08</td> <td>09</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>25</td> </tr> </table> <p>Ej: 17P01A01</p>	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
01	02	03	04	05																								
06	07	08	09	10																								
11	12	13	14	15																								
16	17	18	19	20																								
21	22	23	24	25																								
5	Bloque	90" x 90"	<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>F</td> <td>G</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>J</td> <td>K</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>N</td> <td>P</td> <td>Q</td> </tr> </table> <p>Ej: 17P01A01A</p>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q									
A	B	C	D																									
E	F	G	H																									
I	J	K	L																									
M	N	P	Q																									

No. Nivel	Nombre Nivel	Tamaño Celda	Muestra Gráfica de Nomenclatura																									
6	Grupo	18" X 18"	<table border="1"> <tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td><td>05</td></tr> <tr><td>06</td><td>07</td><td>08</td><td>09</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td></tr> </table> <p>Ej: 17P01A01A01</p>	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
01	02	03	04	05																								
06	07	08	09	10																								
11	12	13	14	15																								
16	17	18	19	20																								
21	22	23	24	25																								
7	Celda	3,6" X 3,6"	<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td></tr> <tr><td>F</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>J</td></tr> <tr><td>K</td><td>L</td><td>M</td><td>N</td><td>P</td></tr> <tr><td>Q</td><td>R</td><td>S</td><td>T</td><td>U</td></tr> <tr><td>V</td><td>W</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td></tr> </table> <p>Ej: 17P01A01A01A</p>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	B	C	D	E																								
F	G	H	I	J																								
K	L	M	N	P																								
Q	R	S	T	U																								
V	W	X	Y	Z																								

Con el fin de evitar confusiones de la letra **O** con el número 0, ningún nivel de nomenclatura alfabética contiene esta letra.

3.2.4 Simbología

La [Tabla 12](#) muestra la simbología propuesta para cada nivel de la Cuadrícula Minera.

Tabla 12. Símbolos de los niveles de grilla y escalas de despliegue.

ESCALA	NIVEL	SÍMBOLO	OBSERVACIONES
1:15.000.000	Zona UTM		Polígono sin relleno Grosor de línea 1,25 cm RGB 76 0 115 En una escala 1:18.000.000 se ven las 9 zonas UTM
1:8.000.000	Sector		Polígono sin relleno Grosor de línea 1 cm RGB 115 0 76
1:2.000.000	Sección		Polígono sin relleno Grosor de línea 0,75 cm RGB 168 0 32
1:500.000	Conjunto		Polígono sin relleno Grosor de línea 0,5 cm RGB 169 0 230
1:100.000	Bloque		Polígono sin relleno Grosor de línea 0,5 cm RGB 232 40 195
1:25.000	Grupo		Polígono sin relleno Grosor de línea 0,5 cm RGB 232 40 195
1:5.000	Celda		Polígono sin relleno Grosor de línea 0,5 cm RGB 232 40 195 Línea en ArcGIS: Cartographic line symbol Dashed 6:6

En relación con las etiquetas de cada celda, se establecieron los rangos de visibilidad, tal como se ve en la [Tabla 13](#).

Tabla 13. Escalas de visualización de las etiquetas de la Cuadrícula Minera.

NIVEL	DESDE LA ESCALA	HASTA LA ESCALA	FUENTE
Zona UTM	1:15.000.000	1:5.000.000	Arial, 8 pto. RGB 0 0 0
Sector	1:7.000.000	1:1.000.000	Arial, 8 pto. RGB 0 0 0
Sección	1:1.500.00	1:250.000	Arial, 8 pto. RGB 0 0 0
Conjunto	1:400.000	1:60.000	Arial, 8 pto. RGB 0 0 0
Bloque	1:80.000	1:15.000	Arial, 8 pto. RGB 0 0 0
Grupo	1:20.000	1:3.000	Arial, 8 pto. RGB 0 0 0
Celda	1:4.000	1:1	Arial, 8 pto. RGB 0 0 0

4. CONCLUSIONES

1. La adopción de [MAGNA-SIRGAS](#) en la [ANM](#) está basada en una serie de pruebas que permitieron establecer que, al transformar la información geográfica de [Datum Bogotá](#) a la Red Geodésica Nacional se minimizan los errores de ubicación e identificación de los títulos y aumenta la efectividad en la resolución de las solicitudes al ser compatible con las demás fuentes de información.
2. El establecimiento del tamaño de la [CUADRÍCULA MINERA](#) no sólo obedece a los análisis realizados sobre las dimensiones de los títulos mineros y las solicitudes, sino a variables de empleo (directo e indirecto) y capacidad financiera de los solicitantes. De igual forma, se tuvo como criterio importante el de generar el menor impacto entre los actuales y futuros titulares de derechos mineros.
3. En cuanto a la [CUADRÍCULA MINERA](#), es importante tener en cuenta que, aunque el tamaño propuesto de 3" x 3" es adecuado en este momento, las cifras que arroja sobre el área de los títulos muestran que la mayoría está en los mayores rangos, es decir, de más de 10 Ha. hasta más de 100 Ha., por lo cual es conveniente que se realicen revisiones periódicas que permitan cambiar el tamaño mínimo de la cuadrícula, de forma que se ajuste a las realidades del país y respondan a las mejores prácticas en minería tanto en el ámbito internacional como nacional.
4. La implementación tanto del sistema de referencia, como la cuadrícula minera, permiten a la [ANM](#) dar un paso muy importante en cuestiones de transparencia y acceso a la información. De otra parte, se mejora la interoperabilidad, compatibilidad y compartición de información con el sector y la sociedad en general.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ANM. (12 de Mayo de 2014). *¿Quiénes son los dueños de los títulos mineros en Colombia?* Recuperado el 4 de Abril de 2018, de Agencia Nacional de Minería: https://www.anm.gov.co/?q=Quienes_son_los_duenos_de_los_titulos_mineros_en_Colombia
- ANM. (2018). *Agencia - Misión Visión*. Obtenido de Agencia Nacional de Minería: <https://www.anm.gov.co/?q=agencia/mision>
- ANM; URT; MinAgricultura. (Noviembre de 2015). *Cartilla Minería*. Obtenido de Agencia Nacional de Minería: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/cartilla_de_mineria_final.pdf
- Arista Sur. (8 de Septiembre de 2012). *Sistema de Coordenadas Geográficas: Longitud y Latitud*. Obtenido de Arista Sur: <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-longitud-y-latitud>
- Banco Mundial - Ortega Gironés, Enrique; Pugachevsky, Alexandra; Walser, Gotthard. (2009). *Catastro Minero. Promoviendo la transparencia en el acceso a los recursos naturales* (Vol. 4). Washington D.C., E.U.A.: Banco Mundial. Recuperado el 23 de 03 de 2018
- CCM. (27 de 07 de 2017). *Enciclopedia CCM High Tech*. Obtenido de CCM: <https://es.ccm.net/contents/724-el-formato-tif>
- Centro de Inversión Sostenible de la Universidad de Columbia; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - UNDP; Red de Soluciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible; Foro Económico Mundial; Cooperación Alemana - GIZ. (2016). *Libro Blanco - Cartografía de la minería en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Cologny, Ginebra, Suiza.
- Congreso de Colombia. (8 de Septiembre de 2001). *Ley 685 de 2001*. Obtenido de Agencia Nacional de Minería: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/ley_685_2001.pdf
- Consejo Superior Geográfico. (05 de Octubre de 2007). *Términos y Definiciones de la ISO 19111*. Recuperado el 05 de 03 de 2018, de Ministerio de Fomento: <http://www.mfom.es/NR/rdonlyres/D3E6EB1F-993C-453D-AC07-CFCA4B04FF77/29824/terdef.pdf>
- ESRI. (2016). *¿Qué son los datos ráster?* Obtenido de ESRI: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>

- ESRI. (2018). *¿Qué es una evaluación de exactitud posicional?* Obtenido de ESRI: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/data-reviewer/what-is-positional-accuracy-assessment.htm>
- ESRI. (Sin Fecha). *About ArcGIS*. Recuperado el 28 de 02 de 2018, de ESRI: www.esri.com/arcgis/about-arcgis
- Fedesarrollo. (2011). *Pequeña y mediana minería de carbón del interior del país: alternativa de comercialización y financiación a partir de la conformación de alianzas estratégicas*. Obtenido de Asociación Colombiana de Minería - ACM: <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/363>
- Fedesarrollo. (Abril de 2012). *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia . Informe para la minería en gran escala*. Obtenido de Asociación Colombiana de Minería - ACM: http://acmineria.com.co/sites/default/files/publications/Impacto_de_la_miner%a_Fedesarrollo.pdf
- Glosarios de Alicante. (7 de Enero de 2018). *Glosario Topografía, Geodesia y GPS*. Obtenido de Glosarios: <https://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/coordenadas-planas>
- Gobierno de España. (24 de Julio de 1973). Ley 22 de 1973 de minas. *Boletín Oficial del Estado*. Madrid, España. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/1973/BOE-A-1973-1018-consolidado.pdf>
- GSA. (2018). *What is GNSS?* Obtenido de Global Navigation Satellite Systems Agency: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>
- GVSIG. (Noviembre de 2012). *8a. Conferencia*. Recuperado el 26 de 02 de 2018, de GVSIG: http://downloads.gvsig.org/download/events/gvSIG-Conference/8th-gvSIG-Conference/posters/Poster-8j-Transformacion_Molodensky-Badekas.pdf
- ICAO. (2002). *World Geodetic System — 1984 (WGS-84) Manual*. Recuperado el 16 de 03 de 2018, de International Civil Aviation Organization: <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2014/ECARAIM/REF08-Doc9674.pdf>
- IERS. (2013). *Sistema Internacional de Referencia Terrestre*. Recuperado el 16 de 03 de 2018, de <https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/ITRF/itrf.html>
- IERS Convention Center. (2010). *IERS Convention (2010) - IERS Technical Note; No. 36* (Vol. 36). (G. Petit, & B. Luzum, Edits.) Frankfurt, Alemania: Editorial de la Oficina Federal de Cartografía y Ciencia Geodésica de Frankfurt.

- IGAC. (1997). *Guía Metodológica para la Obtención de Alturas Sobre el Nivel Medio del Mar Utilizando el Sistema GPS*. Obtenido de Instituto Geográfico Agustín Codazzi: http://www2.igac.gov.co/igac_web/UserFiles/File/MAGNAWEB_final/documentos/obtencion%20de%20alturas.pdf
- IGAC. (Octubre de 2004). Adopción de Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como Datum oficial de Colombia. Bogotá, Bogotá D.C., Colombia. Recuperado el 22 de Febrero de 2018
- IGAC. (Octubre de 2010). *Curso Cartografía básica y digital*. Recuperado el 06 de Marzo de 2018, de Telecentro Regional: http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/cartografia_basica/cursos/se_m_1/uni2/S1_proyecciones_catografiav2_bas.pdf
- IGAC. (2018). *¿Qué hacemos?* Recuperado el 21 de 03 de 2018, de Instituto Geográfico Agustín Codazzi: <https://www.igac.gov.co/es/node/1>
- IGAC; CIAT; UE. (Marzo de 2007). *Mejora de los Sistemas de Cartografía del Territorio Colombiano*. Obtenido de Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT: ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/Geodesia_Cartografia/Geodesia_Modulo.pdf
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. (Sin fecha). *Sistema Geodésico de Referencia - Conceptos Básicos*. Recuperado el 16 de 03 de 2018, de IDE de Andalucía: <http://www.ideandalucia.es/portal/iderap-portlet/content/300e9cf2-5fa1-471a-9885-26f36f68b9b7>
- ISA-INTERNEXA. (Mayo de 2012). *Diseño - Arquitectura Empresarial Servicio Geológico Colombiano – Catastro Minero Colombiano*. Obtenido de FONADE: http://www.fonade.gov.co/Contratos/Documentos/3757__20130412100346Anexo%201%20-%20Documento%20de%20diagnostico%20de%20la%20arquitectura%20empresarial.pdf
- ISO/TC 211. (Sin fecha). *ISO/TC 211 Multi-Lingual Glossary of Terms*. Obtenido de ISO/TC 211: http://www.isotc211.org/TC211_Multi-Lingual_Glossary-2016-06-28_Published.xls
- Martín Furones, Á. (2011). *Sistema y Marco de Referencia Terrestre. Sistemas de Coordenadas*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: <http://www.upv.es/unigeo/index/docencia/etsigt/astrologia/teoria/astrologiaT2.pdf>
- Martínez Díaz, W. A. (2013). Generalidades sobre los Sistemas de Coordenadas. *Curso SIG para Estadística*. Bogotá D.C., Colombia.

- MinMinas. (Agosto de 2003). *Glosario Técnico Minero*. Obtenido de Agencia Nacional de Minería:
<https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
- MinMinas. (2009). *Memoria de Minas, sección b*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía:
https://www.minminas.gov.co/documents/10180/616678/B_Memorias_MINAS.pdf/55bb05c7-2a89-4e66-9b0d-1ec1ad42a76d
- MinMinas. (3 de Noviembre de 2011). Decreto 4134. *Por medio del cual se crea la Agencia Nacional de Minería, ANM, se determina su objetivo y su estructura orgánica*. Bogotá D.C., Colombia.
- MinMinas. (2011). *Sector Minas*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía:
<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23400/04-MINAS2010-2011.pdf/efe01669-0332-4648-ab58-c00dedce0fbd>
- MinMinas. (2013). *Memorias al Congreso de la República 2012 - 2013*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía: Transformación de coordenadas de la información cartográfica del catastro minero colombiano al datúm oficial de Colombia Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA –SIRGAS.
- MinMinas. (Abril de 2017). *Normatividad general para el control a la explotación ilícita de minerales*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía:
https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23876760/120417_cartilla_norma_ctrl_explotacion_ilicita.pdf/3a88a8ce-8e17-415d-ac6b-87f474cc304d
- Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite. (Sin fecha). *Sistema de Posicionamiento Global al Servicio del Mundo*. Recuperado el 15 de 03 de 2018, de GPS.GOV: <https://www.gps.gov/spanish.php>
- Olaya, V. (Sin fecha). *Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de Volaya:
<http://volaya.github.io/libro-sig/index.html>
- Portafolio. (2017). PIB minero se contrajo más de 6% este año. *Portafolio*, <http://www.portafolio.co/economia/pib-minero-se-contrajo-en-2017-afectado-por-la-incertidumbre-juridica-512731>.
- Red R3IGeo. (Diciembre de 2012). *Versión panhispánica del glosario normalizado de ISO/TC211*. Obtenido de Instituto Geográfico Nacional:
<http://www.ign.es/web/ign/portal/ide-glosario-panhispanico>
- Sánchez Menéndez, F. J. (2004). *Geografía y Cartografía: los conceptos y sus aplicaciones prácticas*. Madrid, España: EOS GIS. Recuperado el 23 de 02 de 2018



SIRGAS. (Sin fecha). *Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)*. Obtenido de SIRGAS: <http://www.sirgas.org/es/>

Sistema de Referencia WGS84. (2003).

Terrón Santos, D. (6 de Noviembre de 2007). *Comentarios a la Ley 22/1973*. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/247990.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

TAMAÑO DE LA CUADRÍCULA MINERA

ANÁLISIS AUTORIZACIONES TEMPORALES

Grupo de Catastro y Registro

Objetivo general

Analizar tanto las solicitudes como los títulos mineros para establecer su comportamiento y al determinar su tamaño dar bases para la cuadrícula minera.

Solicitudes

El análisis se realiza con la base de datos con fecha 28 de diciembre de 2017; las solicitudes se dividen en tres categorías:

1. Solicitud de Legalización 933. El Auto 20 de abril de 2016, proferido por el Consejo de Estado, Sala de lo Contencioso Administrativo - Sección Tercera Subsección C, dentro del proceso 11001-03-26-000-2014-00156-00 (52506), ORDENA SUSPENDER PROVISIONALMENTE los efectos Decreto 0933.
2. Solicitud de Legalización ley 685 de 2001.
3. Solicitudes Mineras: donde se encuentra (área de reserva especial, autorización temporal, contrato de concesión L685, licencia de exploración, licencia de explotación, licencia especial de materiales de construcción y zonas especiales).

1. Solicitud de Legalización 933

La [Tabla 14](#) condensa la información sobre solicitudes realizadas en el marco del Decreto 933 de 2010, de acuerdo con el rango de tamaño.

Tabla 14. Número y porcentaje de solicitudes de legalización Dec. 933 por rango de tamaño.

Rangos	Solicitudes	Porcentaje
De 0 ha - 1 ha	29	1,488%
De 1 ha - 4 ha	78	4,002%
De 4 ha - 10 ha	150	7,696%
Mayor a 10 ha	1.692	86,814%
Total	1.949	100,000%

La [Figura 12](#) muestra la distribución de las 1.949 solicitudes tomadas en este análisis, de las cuales el 87% están en el rango de más de 10 ha.

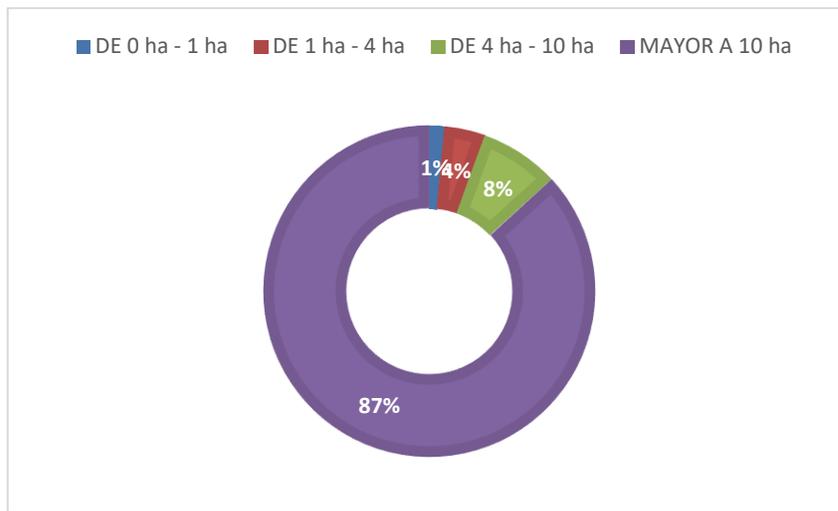


Figura 12. Distribución porcentual de las solicitudes de legalización Dec. 933 por rango de tamaño.

2. Solicitudes de legalización Ley 685

En cuanto a las solicitudes de legalización de Ley 685, la [Tabla 15](#) muestra cómo se distribuyen de acuerdo con los rangos de tamaño

Tabla 15. Número y porcentaje de solicitudes de legalización Ley 685 por rango de tamaño.

Rangos	Solicitudes	Porcentaje
De 0 ha - 1 ha	16	12,214%
De 1 ha - 4 ha	29	22,137%
De 4 ha - 10 ha	23	17,557%
Mayor a 10 ha	63	48,092%
Total	131	100,000%

La [Figura 13](#), muestra la distribución porcentual de esta categoría, según su rango de tamaño.

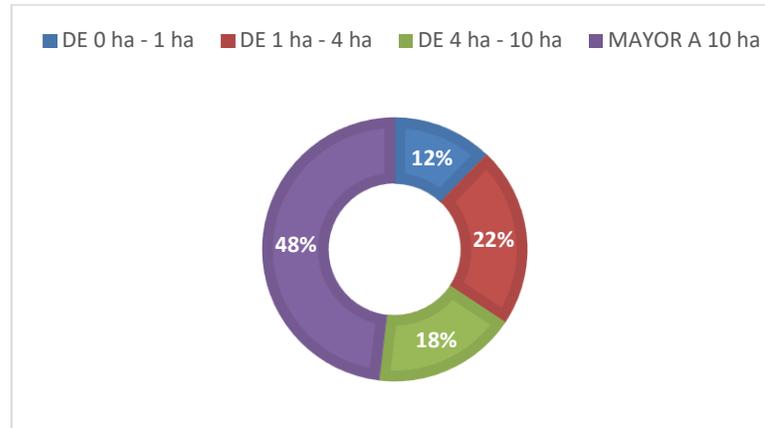


Figura 13. Distribución porcentual de las solicitudes de legalización Ley 685 por rango de tamaño.

3. Solicitudes mineras diferentes de Dec. 933 y Ley 685.

Finalmente, se muestran las solicitudes diferentes a las dos anteriores en la [Tabla 16](#).

Tabla 16. Número y porcentaje de solicitudes por rango de tamaño.

Rangos	Solicitudes	Porcentaje
De 0 ha - 1 ha	445	4,540%
De 1 ha - 4 ha	314	3,204%
De 4 ha - 10 ha	415	4,234%
Mayor a 10 ha	8.627	88,022%
Total	9.801	100,000%

La [Figura 14](#) expone la distribución porcentual de esta categoría por rango de tamaño

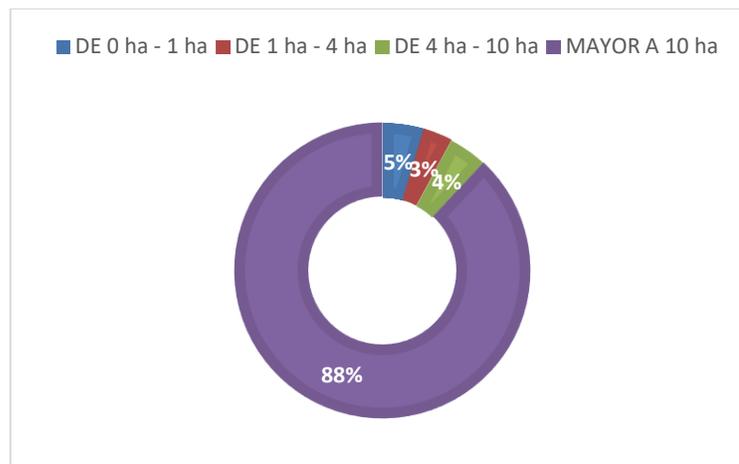


Figura 14. Distribución porcentual de las solicitudes mineras por rango de tamaño.

Análisis de Solicitudes por Modalidad y Rangos

La [Tabla 17](#) muestra específicamente la modalidad de las solicitudes de autorizaciones temporales, divididas por rango de tamaño-

Tabla 17. Solicitudes de acuerdo con la modalidad, según rango.

<i>Modalidad</i>	<i>De 0 ha - 1 ha</i>	<i>De 1 ha - 4 ha</i>	<i>De 4 ha - 10 ha</i>	<i>Mayor a 10 ha</i>	<i>Total</i>
<i>Área de reserva especial</i>	0	0	0	1	1
<i>Autorización temporal</i>	28	28	19	94	169
<i>Contrato de concesión (L 685)</i>	416	284	393	8.484	9.577
<i>Licencia de exploración</i>	0	0	1	43	44
<i>Licencia de explotación</i>		2	1	3	7
<i>Licencia especial de materiales de construcción</i>	0	0	1	1	2
<i>Zonas especiales</i>	0	0	0	1	1
<i>Total</i>	445	314	415	8.627	9.801

El gráfico de la [Figura 15](#) muestra que las solicitudes de contrato de concesión de Ley 685, es la que tiene el mayor porcentaje, seguida por las autorizaciones temporales, que se analizan a continuación.

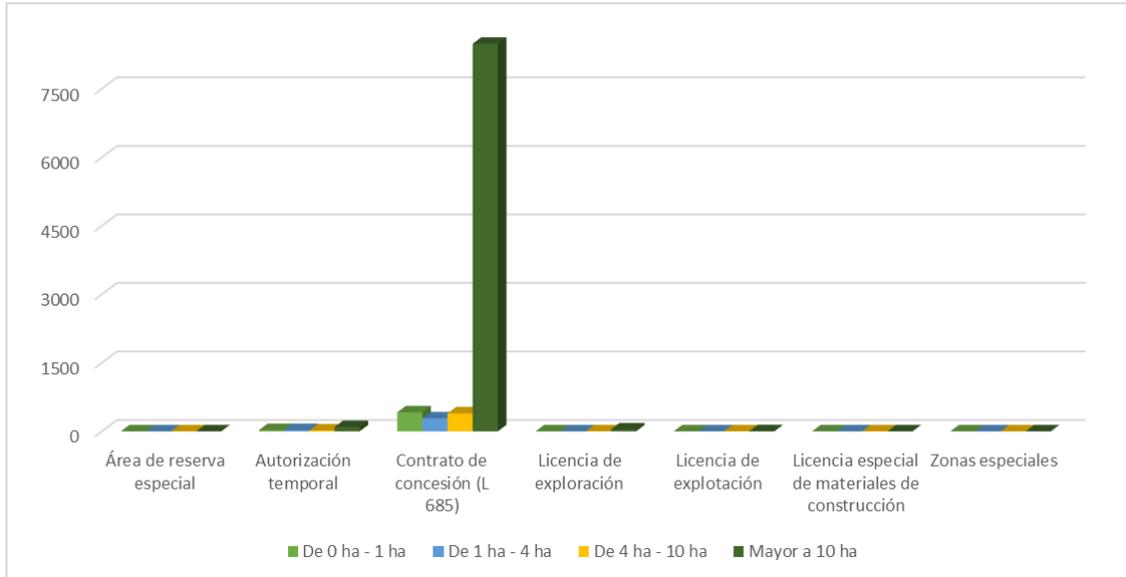


Figura 15. Total de solicitudes por modalidad y por rango de tamaño.

Análisis de las Solicitudes de Autorizaciones Temporales

Con base en la [Tabla 17](#), se puede establecer que el mayor número de solicitudes están en el rango de tamaño mayores a 10 ha, que significa un 56%, seguido de los rangos de menos de 1 ha y de 1 ha a 4 ha con un 17% cada una (ver [Figura 16](#)).

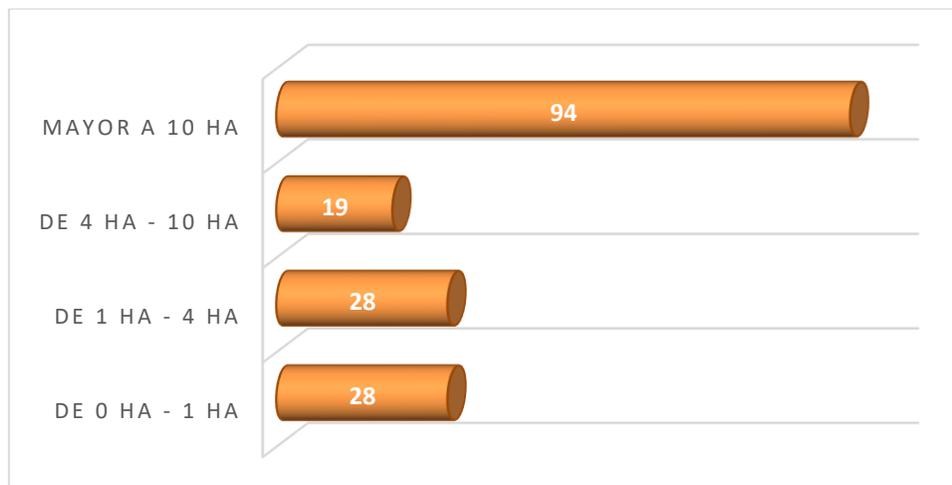


Figura 16. Detalle de las autorizaciones temporales.

Títulos

De los 776 títulos de autorizaciones temporales, se hizo una discriminación por departamentos, tal como se ve en la [Tabla 18](#).

Tabla 18. Títulos de autorizaciones temporales por departamento según tamaño.

Departamentos	De 0 ha - 4 ha	De 4 ha - 10 ha	De 10 ha - 100 ha	Mayor a 100 ha	Total general
Amazonas	1	0	3	1	5
Antioquia	26	17	52	21	116
Arauca	4	0	0	1	5
Atlántico	0	1	4	0	5
Bolívar	2	1	14	10	27
Boyacá	10	9	26	7	52
Caldas	2	3	4	14	23
Caquetá	2	0	15	5	22
Casanare	0	3	10	11	24
Cauca	3	2	16	5	26
Cesar	1	3	37	38	79
Chocó	1	1	7	1	10
Córdoba	2	2	5	18	27
Cundinamarca	5	2	20	12	39
Guainía	1	1	1	0	3
Guaviare	2	5	2	0	9
Huila	20	10	30	13	73
La Guajira	0	1	3	1	5
Magdalena	2	4	10	12	28
Meta	0	1	5	5	11
Nariño	4	2	15	2	23
Norte de Santander	0	1	3	3	7
Putumayo	1	1	8	4	14
Risaralda	0	0	1	2	3
Santander	7	8	28	34	77
Sucre	4	0	3	2	9
Tolima	1	0	8	11	20
Valle del Cauca	1	3	9	8	21
Vaupés	0	0	0	1	1

Departamentos	De 0 ha - 4 ha	De 4 ha - 10 ha	De 10 ha - 100 ha	Mayor a 100 ha	Total general
Vichada	0	0	2	10	12
Total general	102	81	341	252	776

El gráfico de la [Figura 17](#), corresponde a los resultados tabulados arriba.

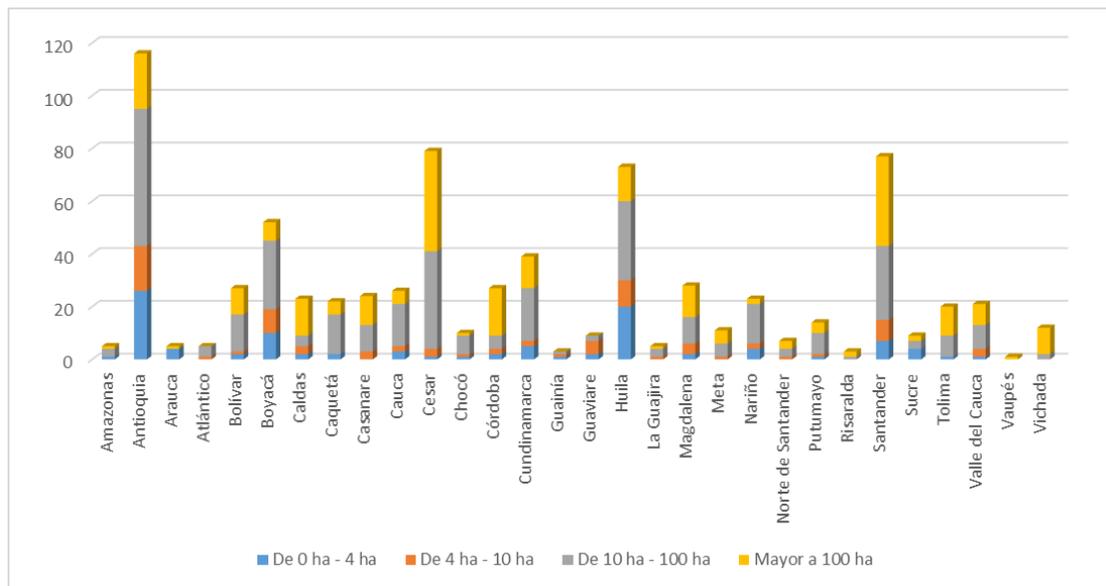


Figura 17. Número de títulos de autorización temporal por rango de área según departamento.

Conclusiones

1. Dentro del universo de las solicitudes de títulos mineros, después de las concesiones, las que más tienen participación son las de las autorizaciones temporales.
2. El tamaño en el que más se solicitan autorizaciones temporales es en el de más de 10 ha, con más de la mitad de las solicitudes.

ANEXO 2

ANÁLISIS DE TÍTULOS MINEROS Y SOLICITUDES POR RANGOS DE ÁREA

Grupo de Catastro y Registro

Objetivo general

Determinar los tamaños tanto de los títulos mineros como de las solicitudes, para que sirvan como base para el definir el tamaño de la celda de la Cuadrícula Minera.

Títulos Mineros

Se toman como base 8.206 títulos mineros y se analizan por departamentos con los siguientes rangos:

- Menos de 4 ha
- De 4 ha a 10 ha
- De 10 ha a 100 ha
- Mayor a 100 ha (Ver [Tabla 19](#))

Tabla 19. Número de Títulos Mineros por Rangos de Área según departamentos.

Departamento	Menos de 4 ha	De 4 ha - 10 ha	De 10 ha - 100 ha	Mayor a 100 ha	Total general
Amazonas	1	0	3	1	5
Antioquia	63	101	482	734	1.380
Arauca	7	1	13	11	32
Atlántico	3	7	29	54	93
Bogotá	2	5	20	8	35
Bolívar	5	13	107	221	346

<i>Departamento</i>	Menos de 4 ha	D3 4 ha - 10 ha	De 10 ha - 100 ha	Mayor a 100 ha	Total general
<i>Boyacá</i>	160	179	653	389	1.381
<i>Caldas</i>	100	51	121	94	366
<i>Caquetá</i>	5	4	35	7	51
<i>Casanare</i>	5	9	84	64	162
<i>Cauca</i>	17	15	114	72	218
<i>Cesar</i>	6	17	101	148	272
<i>Chocó</i>	4	3	28	122	157
<i>Córdoba</i>	6	6	31	61	104
<i>Cundinamarca</i>	120	96	454	251	921
<i>Guainía</i>	2	1	1	30	34
<i>Guaviare</i>	2	1	5	2	10
<i>Huila</i>	32	31	98	53	214
<i>La Guajira</i>	1	3	11	36	51
<i>Magdalena</i>	4	7	34	35	80
<i>Meta</i>	7	10	59	109	185
<i>Nariño</i>	18	30	67	45	160
<i>Norte de Santander</i>	28	37	281	256	602
<i>Putumayo</i>	3	0	23	13	39
<i>Quindío</i>	1	2	21	13	37
<i>Risaralda</i>	2	5	20	25	52
<i>Santander</i>	51	49	215	179	494
<i>Sucre</i>	5	5	18	12	40
<i>Tolima</i>	27	35	175	191	428
<i>Valle del Cauca</i>	11	31	132	64	238
<i>Vaupés</i>	1	0	0	5	6
<i>Vichada</i>	0	0	4	11	15
Total general	699	754	3.439	3.316	8.208

La [Figura 18](#) grafica los valores arriba tabulados.

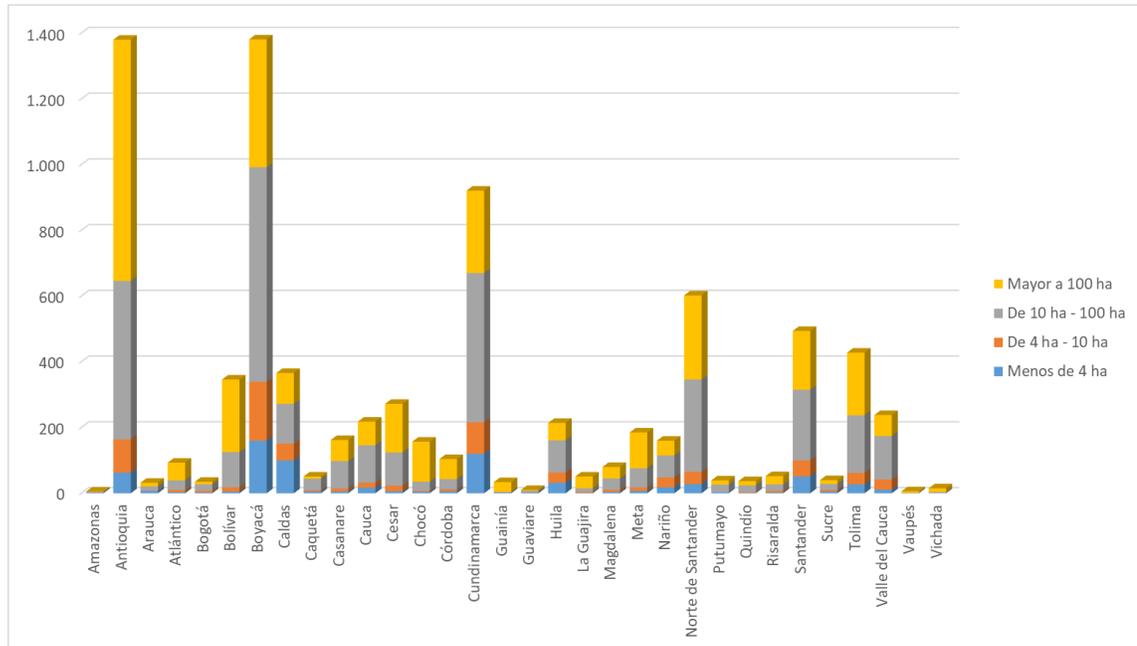


Figura 18. Número de Títulos Mineros por Rangos de Área según departamentos.

Solicitudes

Se toman como base 9.581 solicitudes y se dividen en los mismos rangos que los títulos obteniendo los siguientes resultados (Ver [Tabla 20](#)):

Tabla 20. Número de Solicitudes por Rangos de Área según departamentos.

Departamento	Menos de 4 ha	De 4 ha - 10 ha	De 10 ha - 100 ha	Mayor a 100 ha	Total general
Amazonas	0	0	0	1	1
Antioquia	89	86	481	1.308	1.964
Arauca	1	1	11	16	29
Atlántico	2	2	27	84	115
Bogotá	3	1	8	9	21
Bolívar	18	15	66	305	404
Boyacá	104	63	320	413	900
Caldas	50	22	90	174	336
Caquetá	6	4	35	80	125
Casanare	9	8	74	115	206
Cauca	15	17	100	307	439

<i>Cesar</i>	9	7	61	298	375
<i>Chocó</i>	11	9	32	183	235
<i>Córdoba</i>	8	3	46	135	192
<i>Cundinamarca</i>	82	60	325	451	918
<i>Guainía</i>	0	0	4	141	145
<i>Guaviare</i>	1	0	5	24	30
<i>Huila</i>	3	5	11	143	162
<i>La Guajira</i>	20	13	136	213	382
<i>Magdalena</i>	2	2	18	80	102
<i>Meta</i>	13	6	84	216	319
<i>Nariño</i>	15	17	80	271	383
<i>Norte de Santander</i>	9	18	118	173	318
<i>Putumayo</i>	6	6	41	44	97
<i>Quindío</i>	2	3	17	24	46
<i>Risaralda</i>	6	3	25	39	73
<i>Santander</i>	20	20	118	261	419
<i>Sucre</i>	6	2	15	20	43
<i>Tolima</i>	19	17	121	329	486
<i>Valle del Cauca</i>	14	8	104	109	235
<i>Vaupés</i>	3	0	1	36	40
<i>Vichada</i>	0	0	2	39	41
Total general	546	418	2.576	6.041	9.581

La [Figura 19](#) muestra en un gráfico el comportamiento de las solicitudes, según departamento, de acuerdo con el rango de tamaño.

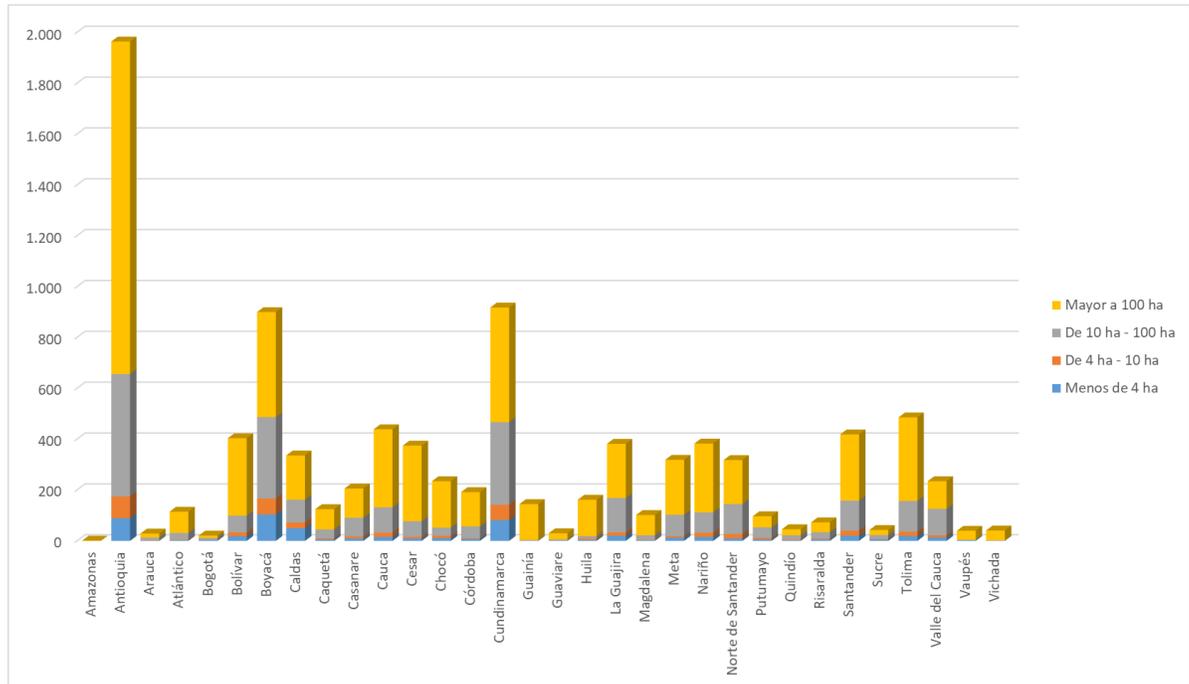


Figura 19. Número de Solicitudes por Rangos de Área según departamentos.

Conclusiones

1. Tanto los títulos mineros como las solicitudes tienen su mayor porcentaje de participación en el tamaño mayor a 10 ha.
2. El porcentaje mayor de títulos está en el tamaño de 10 ha a 100 ha y mayor a 100 ha con 40 y 42 por ciento respectivamente.
3. Las solicitudes tienen su mayor porcentaje en el tamaño de más de 100 ha. con un 63% del total.

ANEXO 3

ANÁLISIS TRANSFORMACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA DE DATUM BOGOTÁ A DATUM MAGNA- SIRGAS

Grupo de Catastro y Registro

TRANSFORMACIÓN DE LOS TÍTULOS MINEROS POR CADA UNA DE LAS ZONAS Y MÉTODOS UTILIZADOS

Objetivo general

Este análisis busca establecer cuál es el mejor método de transformación de la información geoespacial de Datum Bogotá a Datum MAGNA-SIRGAS. Para esto se generaron 8.208 Títulos Mineros vigentes a partir de las coordenadas del Certificado de Registro Minero Nacional, de acuerdo con la información dispuesta por parte de la Oficina de Tecnología, el día 14 de diciembre de 2017 en Datum Bogotá, Origen Central.

Metodología

Se siguieron los siguientes pasos:

1. Cálculo del área de cada uno de los Títulos Mineros en Datum Bogotá, origen central.
2. Transformación de todos los Títulos Mineros a MAGNA-SIRGAS a las siguientes ocho (8) Zonas de Transformación de MAGNA-SIRGAS a través de los métodos de Coordinate Frame y Molodensky-Badekas, en el Origen Central:

- Región 1 Coordinate Frame
- Región 2 Coordinate Frame
- Región 3 Coordinate Frame
- Región 4 Coordinate Frame
- Región 5 Coordinate Frame
- Región 6 Coordinate Frame
- Región 7 Coordinate Frame
- Región 8 Coordinate Frame
- Región 1 Molodensky-Badekas
- Región 2 Molodensky-Badekas
- Región 3 Molodensky-Badekas
- Región 4 Molodensky-Badekas
- Región 5 Molodensky-Badekas
- Región 6 Molodensky-Badekas
- Región 7 Molodensky-Badekas
- Región 8 Molodensky-Badekas

La [Figura 20](#) muestra las zonas de transformación mencionadas arriba.

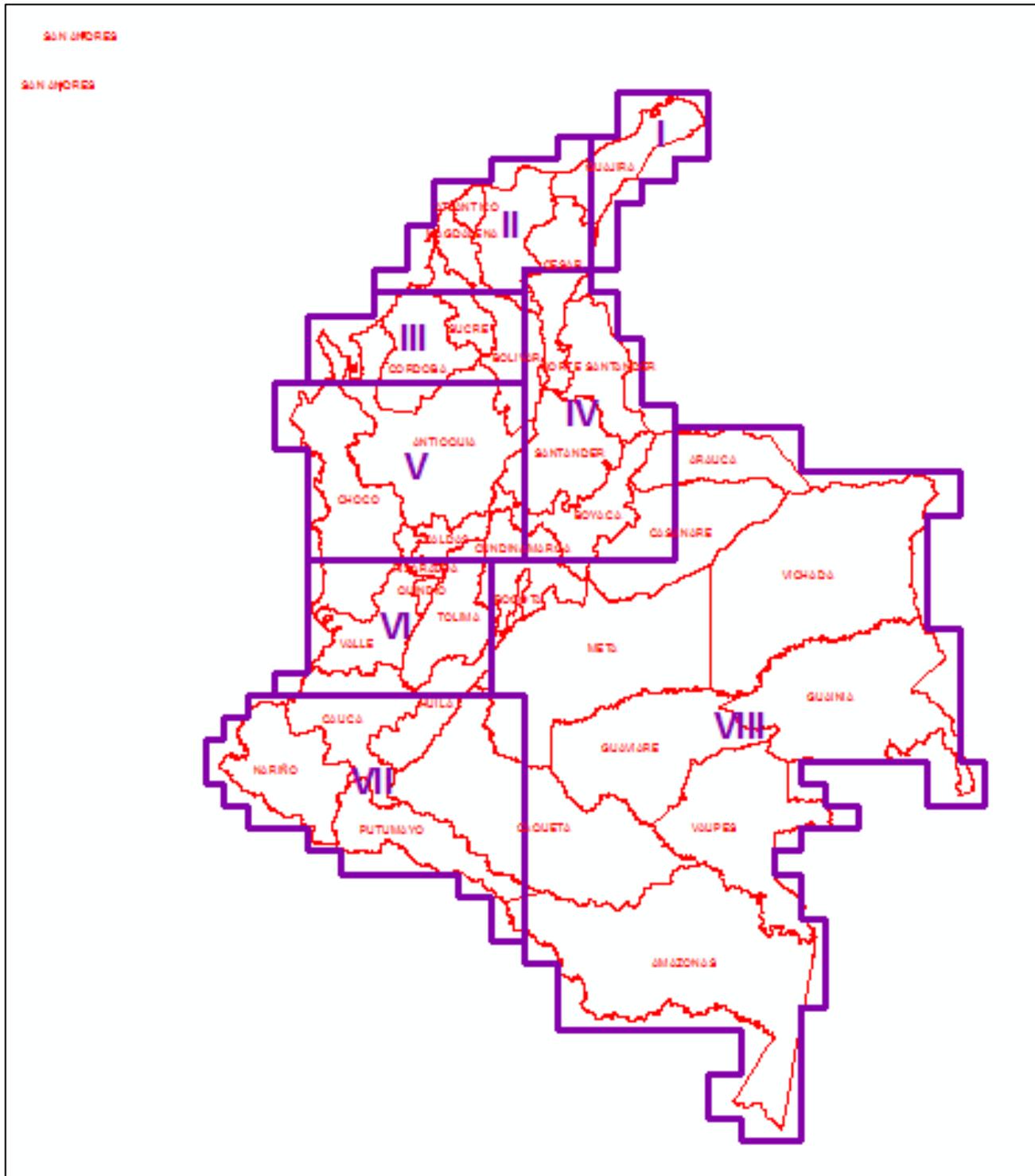


Figura 20. Zonas de transformación MAGNA-SIRGAS.

3. Cálculo de las áreas totales de los Títulos Mineros, en hectáreas, por departamento.

La [Tabla 21](#) y la [Tabla 22](#) contienen los resultados obtenidos. A continuación, se describen los nombres de los campos utilizados.

Tabla 21.

- **ÁREA DB:** esta área es calculada en hectáreas en Datum Bogotá Origen Central de 8208 Títulos mineros.
- **AREA Z1CF:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 1 método Coordinate Frame
- **AREA Z1MB:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 1 método Molodensky-Badekas
- **AREA Z2CF:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 2 método Coordinate Frame
- **AREA Z2MB:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 2 método Molodensky-Badekas
- **AREA Z3CF:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 3 método Coordinate Frame
- **AREA Z3MB:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 3 método Molodensky-Badekas
- **AREA Z4CF:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 4 método Coordinate Frame
- **AREA Z4MB:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 4 método Molodensky-Badekas

Tabla 21. Áreas totales de los Títulos Mineros, en hectáreas, por departamento. Zonas de Transformación 1 a 4.

DEPTO.	AREA DB	AREA Z1CF	AREA Z1MB	AREA Z2CF	AREA Z2MB	AREA Z3CF	AREA Z3MB	AREA Z4CF	AREA Z4MB
Amazonas	286,65	286,63	286,63	286,65	286,65	286,65	286,65	286,65	286,65
Antioquia	1.074.493,48	1.074.417,01	1.074.416,97	1.074.463,49	1.074.463,49	1.074.483,87	1.074.483,86	1.074.478,30	1.074.478,30
Arauca	7.498,64	7.498,24	7.498,24	7.498,41	7.498,41	7.498,50	7.498,50	7.498,36	7.498,36
Atlántico	31.552,21	31.550,46	31.550,46	31.551,36	31.551,36	31.551,73	31.551,73	31.551,56	31.551,56
Bogotá	2.480,22	2.480,04	2.480,04	2.480,15	2.480,15	2.480,20	2.480,20	2.480,17	2.480,17
Bolívar	277.042,51	277.025,60	277.025,59	277.034,68	277.034,68	277.038,78	277.038,78	277.036,51	277.036,51
Boyacá	228.931,03	228.916,06	228.916,05	228.924,18	228.924,18	228.928,22	228.928,22	228.925,21	228.925,21
Caldas	60.532,74	60.528,11	60.528,11	60.531,02	60.531,02	60.532,33	60.532,33	60.531,97	60.531,97
Caquetá	3.244,11	3.243,82	3.243,81	3.244,01	3.244,01	3.244,10	3.244,10	3.244,08	3.244,08
Casanare	23.771,64	23.770,09	23.770,09	23.770,91	23.770,91	23.771,33	23.771,33	23.770,95	23.770,95

DEPTO.	AREA DB	AREA Z1CF	AREA Z1MB	AREA Z2CF	AREA Z2MB	AREA Z3CF	AREA Z3MB	AREA Z4CF	A
<i>Cauca</i>	345.360,40	345.328,22	345.328,21	345.350,73	345.350,73	345.360,65	345.360,64	345.360,27	3
<i>Cesar</i>	271.475,37	271.460,93	271.460,92	271.467,60	271.467,60	271.470,77	271.470,77	271.467,86	2
<i>Chocó</i>	241.978,82	241.959,46	241.959,45	241.972,15	241.972,15	241.977,62	241.977,62	241.977,04	2
<i>Córdoba</i>	68.630,48	68.625,81	68.625,80	68.628,60	68.628,60	68.629,78	68.629,78	68.629,52	6
<i>Cundinamarca</i>	117.988,67	117.980,16	117.980,15	117.985,19	117.985,19	117.987,60	117.987,59	117.986,36	1
<i>Guainía</i>	72.673,30	72.669,29	72.669,28	72.670,80	72.670,80	72.671,92	72.671,92	72.669,63	7
<i>Guaviare</i>	656,94	656,89	656,89	656,92	656,92	656,94	656,94	656,93	
<i>Huila</i>	45.147,71	45.143,82	45.143,82	45.146,39	45.146,39	45.147,58	45.147,58	45.147,28	4
<i>La Guajira</i>	134.226,05	134.220,06	134.220,06	134.222,18	134.222,18	134.223,28	134.223,28	134.221,55	1
<i>Magdalena</i>	50.231,90	50.229,20	50.229,19	50.230,50	50.230,50	50.231,08	50.231,08	50.230,67	5
<i>Meta</i>	51.554,09	51.550,44	51.550,44	51.552,51	51.552,51	51.553,56	51.553,56	51.552,81	5
<i>Nariño</i>	62.708,19	62.701,91	62.701,91	62.706,44	62.706,44	62.708,43	62.708,43	62.708,46	6
<i>Norte de Santander</i>	169.101,89	169.092,59	169.092,59	169.096,87	169.096,87	169.099,08	169.099,08	169.096,67	1
<i>Putumayo</i>	12.978,54	12.977,28	12.977,28	12.978,16	12.978,16	12.978,57	12.978,57	12.978,52	1
<i>Quindío</i>	19.366,71	19.365,17	19.365,17	19.366,16	19.366,16	19.366,61	19.366,61	19.366,50	1
<i>Risaralda</i>	19.041,25	19.039,73	19.039,72	19.040,71	19.040,71	19.041,15	19.041,15	19.041,07	1
<i>Santander</i>	147.963,40	147.954,00	147.953,99	147.959,05	147.959,05	147.961,50	147.961,50	147.959,76	1
<i>Sucre</i>	5.916,36	5.916,00	5.916,00	5.916,20	5.916,20	5.916,29	5.916,29	5.916,26	
<i>Tolima</i>	216.176,32	216.159,02	216.159,01	216.170,08	216.170,08	216.175,14	216.175,14	216.173,67	2
<i>Valle del Cauca</i>	30.349,38	30.346,74	30.346,74	30.348,52	30.348,52	30.349,31	30.349,31	30.349,22	3
<i>Vaupés</i>	14.527,16	14.526,13	14.526,13	14.526,66	14.526,66	14.526,98	14.526,98	14.526,58	1
<i>Vichada</i>	20.649,52	20.648,47	20.648,47	20.648,83	20.648,83	20.649,10	20.649,10	20.648,53	2

La [Figura 21](#) grafica, sobre un mapa, los valores obtenidos en áreas totales de los Títulos Mineros por las Zonas de Transformación de la 1 a la 4.

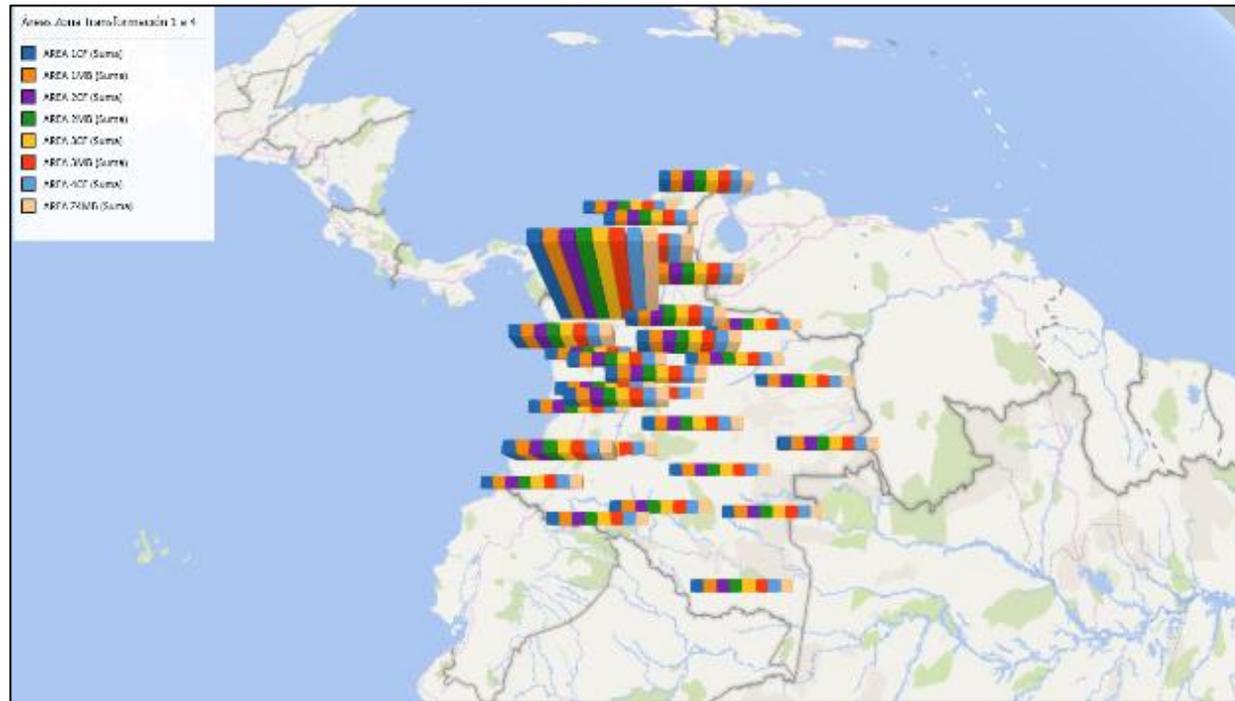


Figura 21. Mapa de áreas totales de títulos mineros, en hectáreas, por departamento. Zonas 1 a 4.

Tabla 22.

- **ÁREA DB:** esta área es calculada en hectáreas en Datum Bogotá Origen Central de 8208 Títulos mineros.
- **AREA Z5CF:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 5 método Coordinate Frame
- **AREA Z5MB:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 5 método Molodensky-Badekas
- **AREA Z6CF:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 6 método Coordinate Frame
- **AREA Z6MB:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 6 método Molodensky-Badekas
- **AREA Z7CF:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 7 método Coordinate Frame
- **AREA Z7MB:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 7 método Molodensky-Badekas
- **AREA Z8CF:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 8 método Coordinate Frame
- **AREA Z8MB:** esta área es calculada en hectáreas luego de la transformación por Zona 8 método Molodensky-Badekas

Tabla 22. Áreas totales de los Títulos Mineros, en hectáreas, por departamento. Zonas de Transformación 5 a 8.

DPTO	AREA DB	AREA Z5CF	AREA Z5MB	AREA Z6CF	AREA Z6MB	AREA Z7CF	AREA Z7MB	AREA Z8CF	A
Amazonas	286,65	286,66	286,66	286,65	286,65	286,66	286,66	286,65	
Antioquia	1.074.493,48	1.074.498,07	1.074.498,06	1.074.507,07	1.074.507,06	1.074.508,36	1.074.508,35	1.074.495,71	1.0
Arauca	7.498,64	7.498,67	7.498,67	7.498,72	7.498,72	7.498,78	7.498,78	7.498,60	
Atlántico	31.552,21	31.552,36	31.552,36	31.552,90	31.552,90	31.552,68	31.552,68	31.552,51	3
Bogotá	2.480,22	2.480,23	2.480,23	2.480,23	2.480,23	2.480,26	2.480,26	2.480,21	
Bolívar	277.042,51	277.043,75	277.043,75	277.046,94	277.046,94	277.046,72	277.046,71	277.043,53	2
Boyacá	228.931,03	228.932,04	228.932,04	228.933,08	228.933,08	228.934,76	228.934,76	228.930,11	2
Caldas	60.532,74	60.533,00	60.533,00	60.533,27	60.533,27	60.533,57	60.533,57	60.532,66	6
Caquetá	3.244,11	3.244,12	3.244,12	3.244,11	3.244,11	3.244,15	3.244,15	3.244,08	
Casanare	23.771,64	23.771,74	23.771,74	23.771,80	23.771,80	23.772,04	23.772,04	23.771,48	2
Cauca	345.360,40	345.361,70	345.361,70	345.361,53	345.361,53	345.364,30	345.364,30	345.358,93	3
Cesar	271.475,37	271.476,64	271.476,64	271.480,39	271.480,39	271.479,78	271.479,78	271.476,65	2
Chocó	241.978,82	241.979,81	241.979,81	241.981,22	241.981,22	241.981,87	241.981,86	241.979,02	2
Córdoba	68.630,48	68.630,77	68.630,77	68.631,55	68.631,55	68.631,42	68.631,42	68.630,82	6
Cundinamarca	117.988,67	117.989,18	117.989,18	117.989,53	117.989,53	117.990,46	117.990,46	117.988,16	1
Guainía	72.673,30	72.673,64	72.673,64	72.673,16	72.673,16	72.674,91	72.674,91	72.671,88	7
Guaviare	656,94	656,94	656,94	656,94	656,94	656,95	656,95	656,93	
Huila	45.147,71	45.147,88	45.147,88	45.147,82	45.147,82	45.148,30	45.148,30	45.147,40	4
La Guajira	134.226,05	134.226,70	134.226,70	134.228,98	134.228,97	134.228,36	134.228,36	134.226,93	1
Magdalena	50.231,90	50.232,13	50.232,13	50.232,92	50.232,92	50.232,68	50.232,68	50.232,27	5
Meta	51.554,09	51.554,31	51.554,31	51.554,31	51.554,31	51.554,93	51.554,93	51.553,66	5
Nariño	62.708,19	62.708,42	62.708,42	62.708,23	62.708,23	62.708,84	62.708,84	62.707,82	6
Norte de Santander	169.101,89	169.102,68	169.102,68	169.104,32	169.104,32	169.104,79	169.104,79	169.101,89	1
Putumayo	12.978,54	12.978,59	12.978,59	12.978,53	12.978,53	12.978,69	12.978,69	12.978,43	1
Quindío	19.366,71	19.366,79	19.366,79	19.366,85	19.366,85	19.366,98	19.366,98	19.366,66	1
Risaralda	19.041,25	19.041,33	19.041,33	19.041,40	19.041,40	19.041,50	19.041,50	19.041,22	1
Santander	147.963,40	147.964,06	147.964,06	147.965,08	147.965,08	147.965,77	147.965,77	147.963,18	1
Sucre	5.916,36	5.916,39	5.916,39	5.916,47	5.916,47	5.916,45	5.916,45	5.916,41	
Tolima	216.176,32	216.177,20	216.177,20	216.177,59	216.177,59	216.179,28	216.179,28	216.175,42	2
Valle del Cauca	30.349,38	30.349,50	30.349,50	30.349,54	30.349,54	30.349,75	30.349,75	30.349,28	3
Vaupés	14.527,16	14.527,21	14.527,21	14.527,04	14.527,04	14.527,45	14.527,45	14.526,82	1

DPTO	AREA DB	AREA Z5CF	AREA Z5MB	AREA Z6CF	AREA Z6MB	AREA Z7CF	AREA Z7MB	AREA Z8CF	AREA Z8MB
Vichada	20.649,52	20.649,62	20.649,62	20.649,62	20.649,62	20.649,95	20.649,95	20.649,26	20.649,26

La [Figura 213](#) muestra sobre un mapa, los valores obtenidos en áreas totales de los Títulos Mineros por las Zonas de Transformación de la 5 a la 8.

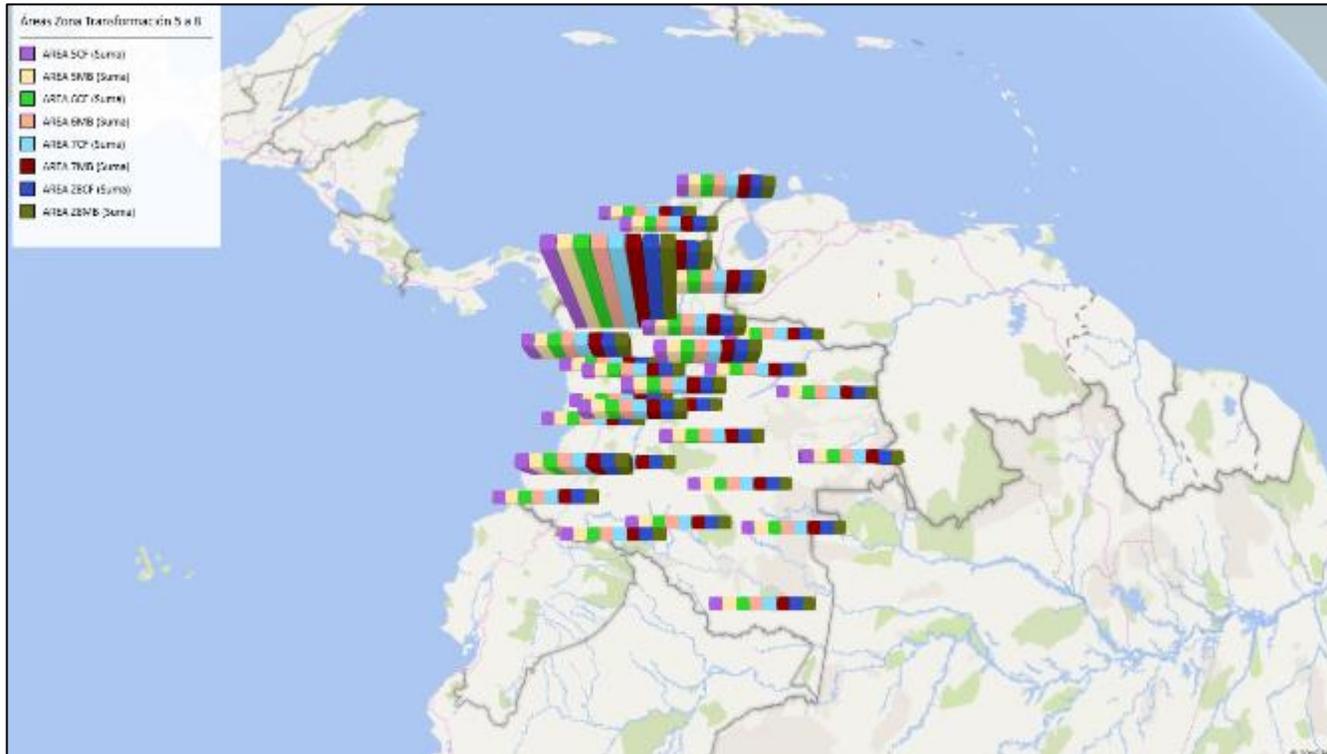


Figura 22. Mapa de áreas totales de títulos mineros, en hectáreas, por departamento. Zonas 5 a 8.

La [Tabla 23](#) muestra la totalidad de las áreas de títulos del país por zona de transformación.

Tabla 23. Área (ha) total de los Títulos Mineros por cada una de las zonas.

AREA_DB COLOMBIA	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4	
	CF	MB	CF	MB	CF	MB	CF	MB
3.828.535,69	3.828.267,377	3.828.267,225	3.828.426,113	3.828.426,101	3.828.498,654	3.828.498,624	3.828.468,941	3.828.468,824
	ZONA 5		ZONA 6		ZONA 7		ZONA 8	
	CF	MB	CF	MB	CF	MB	CF	MB
	3.828.552,14	3.828.552,116	3.828.577,757	3.828.577,746	3.828.591,386	3.828.591,345	3.828.535,69	3.828.534,514

Los resultados de la [Tabla 23](#) se muestran en la [Figura 23](#), en la cual se pueden apreciar las diferencias de las áreas obtenidas en las zonas de transformación, en relación con el área del país en Datum Bogotá.

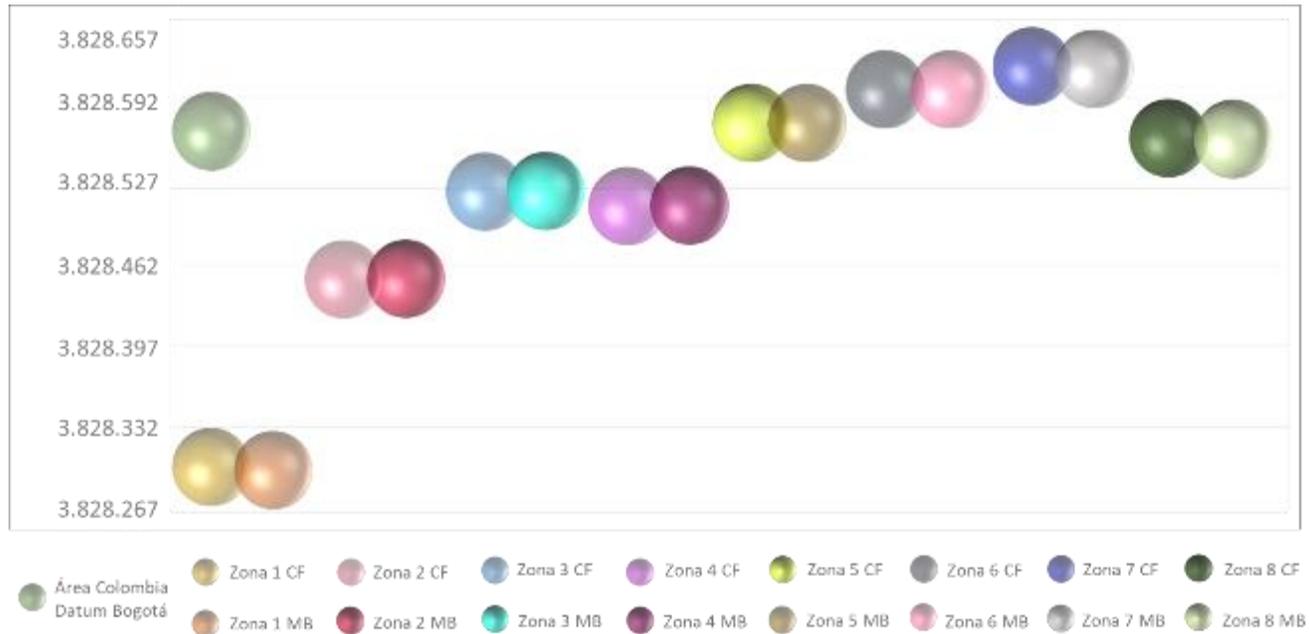


Figura 23. Áreas totales de los títulos mineros en Datum Bogotá y en las zonas de transformación.

Diferencia Total de Áreas (ha) de los Títulos Mineros

En esta sección se muestra la diferencia del área (ha) total de Títulos Mineros por Departamentos, la cual se calculó de la siguiente manera:

$$DTD (ha) = |DB_D - Z_nCF|$$

$$DTD (ha) = |DB_D - Z_nMB|$$

Donde:

DTD (ha) = Diferencia Total de Áreas de los Títulos Mineros por Departamentos en hectáreas.

DB_d = Área por departamento en Datum Bogotá origen central

| | = Valor absoluto

Z_nCF = Área del departamento calculada en la zona de transformación ($n = 1, 2, 3, \dots, 8$)
Coordinate Frame origen central

Z_nMB = Área del departamento calculada en la zona de transformación ($n = 1, 2, 3, \dots, 8$)
Molodensky Badekas origen central

Los resultados de esta operación se muestran en la [Tabla 24](#) y la [Tabla 25](#).

Tabla 24:

- **DB:** área (ha) calculada en Datum Bogotá, Origen Central
- **DB-Z1CF:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 1 Coordinate Frame.
- **DB-Z1MB:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 1 Molodensky-Badekas.
- **DB-Z2CF:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 2 Coordinate Frame.
- **DB-Z2MB:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 2 Molodensky-Badekas.
- **DB-Z3CF:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 3 Coordinate Frame.
- **DB-Z3MB:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 3 Molodensky-Badekas.
- **DB-Z4CF:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 4 Coordinate Frame.
- **DB-Z4MB:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 4 Molodensky-Badekas.

Tabla 24. Diferencia total de área por departamento en hectáreas. Zonas de transformación de la 1 a la 4.

DPTO	DIF AREA _Z1CF	DIF AREA _Z1MB	DIF AREA _Z2CF	DIF AREA _Z2MB	DIF AREA _Z3CF	DIF AREA _Z3MB	DIF AREA _Z4CF	DIF AREA _Z4MB
Amazonas	0,02485	0,02486	0,00930	0,00930	0,00123	0,00124	0,00662	0,00663
Antioquia	76,46829	76,51085	29,99346	29,99666	9,61710	9,62549	15,17958	15,19848

DPTO	DIF AREA _Z1CF	DIF AREA _Z1MB	DIF AREA _Z2CF	DIF AREA _Z2MB	DIF AREA _Z3CF	DIF AREA _Z3MB	DIF AREA _Z4CF	DIF AREA _Z4MB
Arauca	0,39784	0,39813	0,23301	0,23303	0,13515	0,13521	0,28020	0,28033
Atlántico	1,74940	1,75064	0,85587	0,85597	0,48732	0,48756	0,65668	0,65723
Bogotá	0,18249	0,18259	0,07341	0,07342	0,02130	0,02132	0,04754	0,04758
Bolívar	16,90939	16,92035	7,82910	7,82993	3,72840	3,73055	6,00031	6,00514
Boyacá	14,97102	14,98012	6,84908	6,84975	2,80557	2,80734	5,82290	5,82695
Caldas	4,63450	4,63691	1,72112	1,72130	0,41165	0,41214	0,77100	0,77209
Caquetá	0,29321	0,29334	0,09546	0,09547	0,00366	0,00369	0,02543	0,02549
Casanare	1,54141	1,54235	0,72816	0,72823	0,30463	0,30483	0,68102	0,68144
Cauca	32,17759	32,19129	9,66964	9,67070	0,24364	0,24093	0,12929	0,13545
Cesar	14,43821	14,44894	7,76963	7,77042	4,59818	4,60029	7,51642	7,52115
Chocó	19,35970	19,36929	6,67679	6,67752	1,20276	1,20466	1,77947	1,78375
Córdoba	4,67047	4,67319	1,87787	1,87808	0,69328	0,69382	0,96071	0,96191
Cundinamarca	8,51745	8,52210	3,48036	3,48072	1,07897	1,07989	2,31609	2,31820
Guainía	4,01029	4,01319	2,49799	2,49821	1,37523	1,37580	3,66293	3,66423
Guaviare	0,04899	0,04901	0,02046	0,02046	0,00583	0,00584	0,01636	0,01637
Huila	3,88603	3,88783	1,31477	1,31492	0,13124	0,13159	0,42441	0,42522
La Guajira	5,98833	5,99362	3,87106	3,87145	2,77011	2,77115	4,49765	4,49996
Magdalena	2,70324	2,70522	1,39992	1,40007	0,82353	0,82392	1,23101	1,23187
Meta	3,64846	3,65051	1,57614	1,57631	0,52800	0,52841	1,28032	1,28123
Nariño	6,27941	6,28189	1,75490	1,75508	0,24046	0,23997	0,27013	0,26901
Norte de Santander	9,30003	9,30673	5,02589	5,02640	2,80839	2,80971	5,21731	5,22027
Putumayo	1,25774	1,25825	0,37377	0,37381	0,02662	0,02651	0,01367	0,01390
Quindío	1,54626	1,54703	0,55375	0,55381	0,10517	0,10532	0,21871	0,21906
Risaralda	1,52461	1,52537	0,53676	0,53681	0,09843	0,09858	0,18248	0,18282
Santander	9,40461	9,41046	4,35339	4,35382	1,89825	1,89940	3,63698	3,63958
Sucre	0,36848	0,36872	0,16092	0,16094	0,07418	0,07422	0,10026	0,10036
Tolima	17,30120	17,30978	6,24069	6,24135	1,17988	1,18159	2,64723	2,65106
Valle del Cauca	2,63333	2,63452	0,85488	0,85497	0,06701	0,06725	0,15799	0,15853

DPTO	DIF AREA _Z1CF	DIF AREA _Z1MB	DIF AREA _Z2CF	DIF AREA _Z2MB	DIF AREA _Z3CF	DIF AREA _Z3MB	DIF AREA _Z4CF	DIF AREA _Z4MB
Vaupés	1,02809	1,02866	0,49270	0,49275	0,17562	0,17573	0,57349	0,57375
Vichada	1,04689	1,04772	0,68539	0,68545	0,41490	0,41507	0,98329	0,98366

Tabla 25

- **DB-Z5CF:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 5 Coordinate Frame.
- **DB-Z5MB:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 5 Molodensky-Badekas.
- **DB-Z6CF:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 6 Coordinate Frame.
- **DB-Z6MB:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 6 Molodensky-Badekas.
- **DB-Z7CF:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona7 Coordinate Frame.
- **DB-Z7MB:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 7 Molodensky-Badekas.
- **DB-Z8CF:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 8 Coordinate Frame.
- **DB-Z8MB:** es el valor absoluto de la resta del área (ha) calculada en Datum Bogotá Origen Central menos el área (ha) calculada en Magna-Sirgas Origen Central transformada por Zona 8 Molodensky-Badekas.

Tabla 25. Diferencia total de área por departamento en hectáreas. Zonas de transformación de la 5 a la 8.

DPTO	DIF AREA _5CF	DIF AREA _5MB	DIF AREA _6CF	DIF AREA _6MB	DIF AREA _7CF	DIF AREA _7MB	DIF AREA _Z8CF	DIF AREA _Z8MB
Amazonas	0,00104	0,00104	0,00288	0,00288	0,00472	0,00471	0,00616	0,00616
Antioquia	4,58854	4,58192	13,58320	13,58013	14,87600	14,86435	2,22291	2,22241
Arauca	0,03584	0,03580	0,08248	0,08246	0,14000	0,13991	0,03498	0,03499
Atlántico	0,14308	0,14289	0,68451	0,68442	0,46440	0,46405	0,29947	0,29945

DPTO	DIF AREA _5CF	DIF AREA _5MB	DIF AREA _6CF	DIF AREA _6MB	DIF AREA _7CF	DIF AREA _7MB	DIF AREA _8CF	DIF AREA _8MB
<i>Bogotá</i>	0,01046	0,01044	0,01560	0,01559	0,03748	0,03745	0,01290	0,01291
<i>Bolívar</i>	1,24351	1,24181	4,42944	4,42864	4,20960	4,20660	1,02011	1,01997
<i>Boyacá</i>	1,01463	1,01324	2,04659	2,04594	3,73245	3,72997	0,91585	0,91595
<i>Caldas</i>	0,25137	0,25100	0,52902	0,52885	0,82954	0,82889	0,08820	0,08823
<i>Caquetá</i>	0,01222	0,01220	0,00127	0,00128	0,04189	0,04185	0,03028	0,03028
<i>Casanare</i>	0,10574	0,10559	0,16264	0,16257	0,40578	0,40553	0,15931	0,15932
<i>Cauca</i>	1,30120	1,29905	1,12588	1,12488	3,89930	3,89555	1,47402	1,47417
<i>Cesar</i>	1,26791	1,26624	5,01659	5,01582	4,41202	4,40907	1,28287	1,28273
<i>Chocó</i>	0,98629	0,98479	2,39360	2,39291	3,04319	3,04055	0,20041	0,20030
<i>Córdoba</i>	0,29637	0,29595	1,07016	1,06996	0,94004	0,93930	0,34395	0,34392
<i>Cundinamarca</i>	0,50196	0,50124	0,85325	0,85290	1,79038	1,78911	0,51827	0,51832
<i>Guainía</i>	0,34168	0,34123	0,13421	0,13443	1,61552	1,61473	1,41098	1,41101
<i>Guaviare</i>	0,00273	0,00272	0,00036	0,00035	0,01086	0,01085	0,00781	0,00781
<i>Huila</i>	0,17602	0,17575	0,11090	0,11077	0,59527	0,59477	0,31085	0,31087
<i>La Guajira</i>	0,65175	0,65094	2,92518	2,92480	2,30668	2,30523	0,88361	0,88354
<i>Magdalena</i>	0,23170	0,23140	1,02210	1,02196	0,77929	0,77875	0,36641	0,36638
<i>Meta</i>	0,22076	0,22045	0,22168	0,22153	0,84445	0,84389	0,42853	0,42856
<i>Nariño</i>	0,22575	0,22535	0,03476	0,03458	0,64852	0,64783	0,37648	0,37651
<i>Norte de Santander</i>	0,79203	0,79098	2,42596	2,42547	2,89709	2,89526	0,00010	0,00018
<i>Putumayo</i>	0,04710	0,04702	0,01198	0,01202	0,14900	0,14886	0,11041	0,11042
<i>Quindío</i>	0,07887	0,07875	0,13228	0,13223	0,26083	0,26061	0,05840	0,05841
<i>Risaralda</i>	0,07754	0,07743	0,15273	0,15268	0,24911	0,24891	0,02838	0,02838
<i>Santander</i>	0,66152	0,66062	1,68000	1,67958	2,36930	2,36770	0,22015	0,22021
<i>Sucre</i>	0,02615	0,02612	0,10961	0,10959	0,08366	0,08359	0,04289	0,04288
<i>Tolima</i>	0,87817	0,87683	1,26706	1,26644	2,95952	2,95717	0,89963	0,89972
<i>Valle del Cauca</i>	0,11880	0,11861	0,16114	0,16105	0,37184	0,37150	0,09827	0,09829
<i>Vaupés</i>	0,05977	0,05968	0,11982	0,11986	0,29188	0,29172	0,33442	0,33443
<i>Vichada</i>	0,10087	0,10073	0,10200	0,10195	0,43822	0,43799	0,25998	0,25999

Las diferencias totales de áreas de los departamentos de las tablas 4 y 5, se pueden apreciar en la [Figura 24](#).

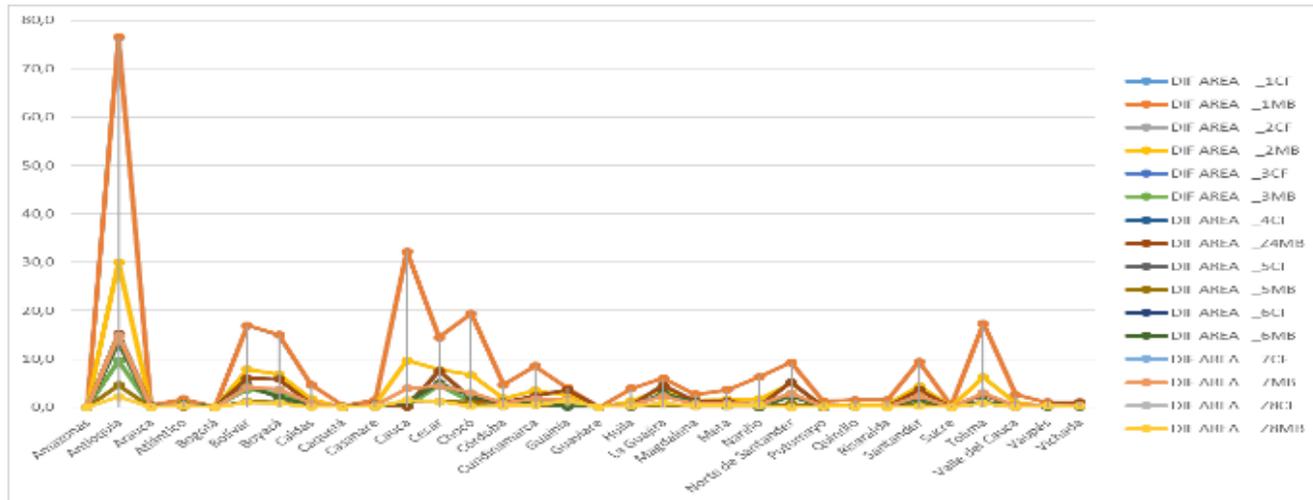


Figura 24. Diferencia total de área por departamento en hectáreas por zonas de transformación.

En la [Tabla 26](#) se encuentran consignadas las diferencias totales por país y zonas de transformación.

Tabla 26. Diferencia total del área (ha) de los Títulos Mineros por zona y método de transformación

	DIF_AREA ZONA 1		DIF_AREA ZONA 2		DIF_AREA ZONA 3		DIF_AREA ZONA 4	
	CF	MB	CF	MB	CF	MB	CF	MB
COLOMBIA	268,3118	268,4634	109,5756	109,5871	38,05569	38,079	67,28748	67,3527
	DIF_AREA ZONA 5		DIF_AREA ZONA 6		DIF_AREA ZONA 7		DIF_AREA ZONA 8	
	CF	MB	CF	MB	CF	MB	CF	MB
	16,45137	16,4278	42,60888	42,59851	55,69781	55,65626	14,44699	14,44671

Finalmente, la [Figura 25](#) muestra el gráfico sobre las diferencias expuesta en la Tabla 6.

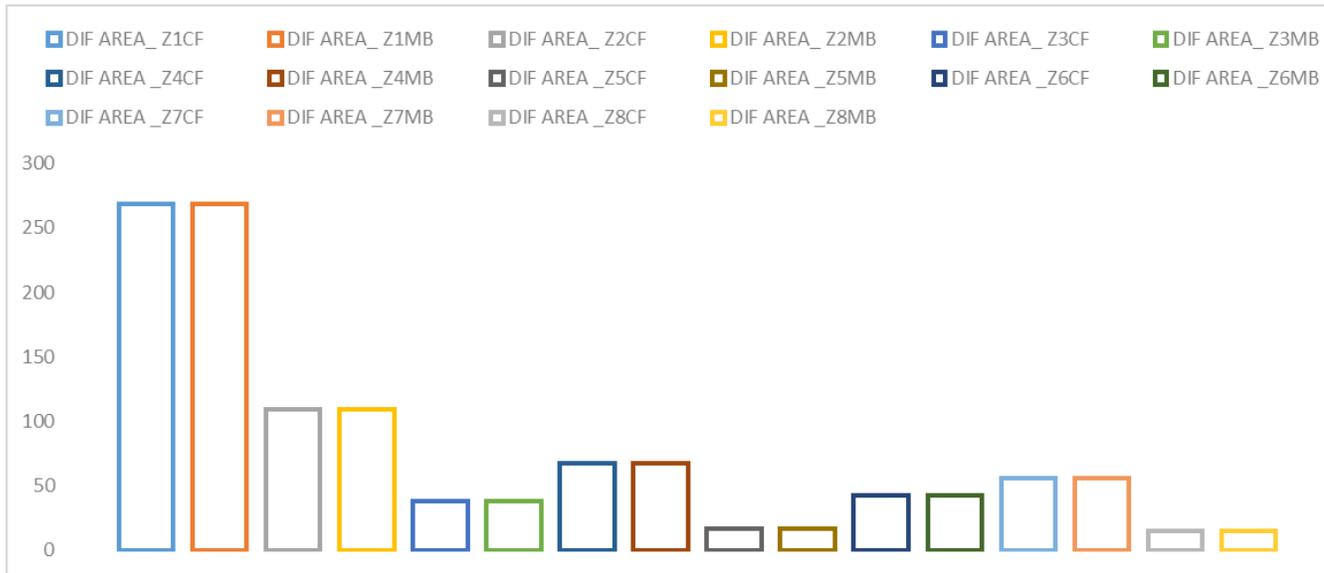


Figura 25. Diferencia total de área de títulos mineros, en hectáreas, por zona de transformación.

Análisis sobre los Títulos Mineros transformados por Zona 8 a través de método Molodensky-Badekas

Realizados los análisis anteriores y evidenciándose que la zona 8 y el método Molodensky-Badekas son los que presentan mejores resultados para la transformación, se generan los análisis con la siguiente información (Ver [Tabla 27](#)):

Tabla 27. Características de los datos utilizados para el análisis.

Grupo de datos para el análisis 8.208 títulos mineros

Fuente	Coordenadas del Certificado de Registro Minero
Datum	Bogotá – Origen Central
Fecha	14 de diciembre de 2017
Generador de la información	Oficina de Tecnología

5.1 Metodología

La metodología utilizada se describe a continuación:

1. Determinación del área de los títulos mineros en Datum Bogotá, Origen Central por Departamento.
2. Determinación del área de los títulos mineros en MAGNA-SIRGAS, Origen Central por Departamento.
3. Determinación por diferencia de áreas de los títulos mineros en Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS, por Departamento.

La [Tabla 28](#) resume los resultados mencionados en los numerales 1, 2 y 3.

Tabla 28. Resultados diferencia y porcentaje asociado de las áreas de títulos mineros entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS.

<i>Departamento</i>	Número de Títulos Mineros	Datum Bogotá	MAGNA-	Diferencia DB - MS (ha)	% Diferencia
		(DB)	SIRGAS (MS)		
		Origen Central	Origen Central		
		Área (ha)	Área (ha)		
Amazonas	5	286,6546	286,6484	0,0061	0,0021%
Antioquia	1.380	1.074.493,4820	1.074.495,7050	-2,2224	0,0002%
Arauca	32	7.498,6390	7.498,6040	0,0350	0,0005%
Atlántico	93	31.552,2133	31.552,5127	-0,2995	0,0009%
Bogotá	35	2.480,2190	2.480,2061	0,0129	0,0005%
Bolívar	346	277.042,5082	277.043,5282	-1,0200	0,0004%
Boyacá	1.381	228.931,0294	228.930,1134	0,9159	0,0004%
Caldas	366	60.532,7442	60.532,65605	0,0882	0,0001%
Caquetá	51	3.244,1083	3.244,0780	0,0302	0,0009%
Casanare	162	23.771,6353	23.771,4760	0,1593	0,0007%
Cauca	218	345.360,4014	345.358,9273	1,4742	0,0004%
Cesar	272	271.475,3717	271.476,6545	-1,2827	0,0005%
Chocó	157	241.978,8233	241.979,0236	-0,2003	0,0001%
Córdoba	104	68.630,4763	68.630,8202	-0,3439	0,0005%
Cundinamarca	921	117.988,6746	117.988,1562	0,5183	0,0004%
Guainía	34	72.673,2959	72.671,8849	1,4110	0,0019%
Guaviare	10	656,9416	656,9338	0,0078	0,0012%
Huila	214	45.147,7086	45.147,3977	0,3108	0,0007%
La Guajira	51	134.226,0500	134.226,9336	-0,8835	0,0007%

<i>Departamento</i>	Número de Títulos Mineros	Datum Bogotá (DB)	MAGNA- SIRGAS (MS)	Diferencia DB - MS (ha)	% Diferencia
		Origen Central	Origen Central		
		Área (ha)	Área (ha)		
<i>Magdalena</i>	80	50.231,8993	50.232,2657	-0,3664	0,0007%
<i>Meta</i>	185	51.554,0903	51.553,6618	0,4285	0,0008%
<i>Nariño</i>	160	62.708,1936	62.707,8171	0,3765	0,0006%
<i>Norte de Santander</i>	602	169.101,8920	169.101,8918	0,0002	0,0000%
<i>Putumayo</i>	39	12.978,5386	12.978,4281	0,1104	0,0009%
<i>Quindío</i>	37	19.366,7148	19.366,6564	0,0584	0,0003%
<i>Risaralda</i>	52	19.041,2503	19.041,2220	0,0284	0,0001%
<i>Santander</i>	494	147.963,4012	147.963,1810	0,2202	0,0001%
<i>Sucre</i>	40	5.916,3637	5.916,4066	-0,0429	0,0007%
<i>Tolima</i>	428	216.176,3191	216.175,4194	0,8997	0,0004%
<i>Valle del Cauca</i>	238	30.349,3771	30.349,2788	0,0983	0,0003%
<i>Vaupés</i>	6	14.527,1551	14.526,8206	0,3344	0,0023%
<i>Vichada</i>	15	20.649,5160	20.649,2560	0,2600	0,0013%

La [Figura 26](#) representa las diferencias de área para cada departamento.

Análisis de Superposición de Títulos Mineros con Áreas Excluibles de la Minería

Este análisis se realiza en dos partes:

1. Análisis de superposición de 8.208 títulos mineros generados a partir del CRMN y 514 áreas excluibles de la minería; estas últimas provienen del Catastro Minero Colombiano y se encuentran en el sistema de referencia Datum Bogotá, Origen Central.
2. Análisis de superposición de 8.208 títulos mineros generados a partir del CRMN transformados a MAGNA-SIRGAS, Origen central por Zona 8 MB y 514 áreas excluibles de la minería; estas últimas se descargaron en el sistema de referencia Datum MAGNA-SIRGAS, Origen Central de las entidades productoras (RUNAP y MINAMBIENTE).

Finalmente, se calcula la diferencia en área en los dos sistemas de referencia. La [Tabla 29](#) muestra los resultados en todos los departamentos y el porcentaje que representa la resta.

Tabla 29. Análisis de Superposición de Títulos Mineros con Áreas Excluibles de la Minería.

Dptos.	Datum Bogotá		MAGNA-SIRGAS		Diferencia de Áreas Datum Bogotá – MAGNA-SIRGAS	Porcentaje de diferencia
	Número de títulos mineros	Área superposición en hectáreas	Número de títulos mineros	Área superposición en hectáreas		
Antioquia	153	71.885,0787	154	71.888,4817	-3,4030	-0,005%
Atlántico	3	295,3692	3	293,9252	1,4440	0,489%
Bogotá	8	441,1729	7	252,074988	189,0979	42,863%
Bolívar	126	105.005,2705	126	105.006,4701	-1,1996	-0,001%
Boyacá	198	28.838,9648	198	28.834,8111	4,1536	0,014%
Caldas	12	492,5414	11	492,4959	0,0455	0,009%
Cauca	17	25.809,5470	17	25.809,5953	-0,0483	0,000%
Cesar	23	22.332,8834	23	22.333,5365	-0,6531	-0,003%
Chocó	6	5.194,6236	6	5.194,6058	0,0178	0,000%
Córdoba	6	0,2108	6	0,2128	-0,0020	-0,963%

<i>Dptos.</i>	Datum Bogotá		MAGNA-SIRGAS		Diferencia de Áreas Datum Bogotá – MAGNA-SIRGAS	Porcentaje de diferencia
	Número de títulos mineros	Área superposición en hectáreas	Número de títulos mineros	Área superposición en hectáreas		
<i>Cundinamarca</i>	138	10.617,3205	137	10.615,2041	2,1164	0,020%
<i>Guainía</i>	1	0,0004	1	0,0004	-0,00001	-3,218%
<i>La Guajira</i>	4	160,8091	4	162,8718	-2,0627	-1,283%
<i>Huila</i>	10	2.034,8587	9	2.028,5449	6,3138	0,310%
<i>Magdalena</i>	2	764,1800	2	764,2456	-0,0656	-0,009%
<i>Meta</i>	3	47,1496	3	47,1498	-0,0002	0,000%
<i>Nariño</i>	26	13.041,1687	26	13.041,0866	0,0820	0,001%
<i>Norte de Santander</i>	82	22.501,3407	82	22.412,4358	88,9060	0,395%
<i>Putumayo</i>	2	1.821,0526	2	1.819,0685	1,9841	0,109%
<i>Quindío</i>	3	4.054,5019	3	4.054,4898	0,0122	0,000%
<i>Risaralda</i>	1	29,8798	1	30,6266	-0,7468	-2,499%
<i>Santander</i>	46	7.571,5879	46	7.428,0535	143,5344	1,896%
<i>Sucre</i>	4	269,7381	5	269,9260	-0,1879	-0,070%
<i>Tolima</i>	18	5.901,1375	18	5.901,1539	-0,0164	0,000%
<i>Valle</i>	12	1.268,8310	11	1.269,0263	-0,1953	-0,015%
<i>Vaupés</i>	1	2.010,0264	1	2.009,9777	0,0487	0,002%
<i>Total general</i>	905	332.389,2453	902	331.960,0711	429,1742	0,129%

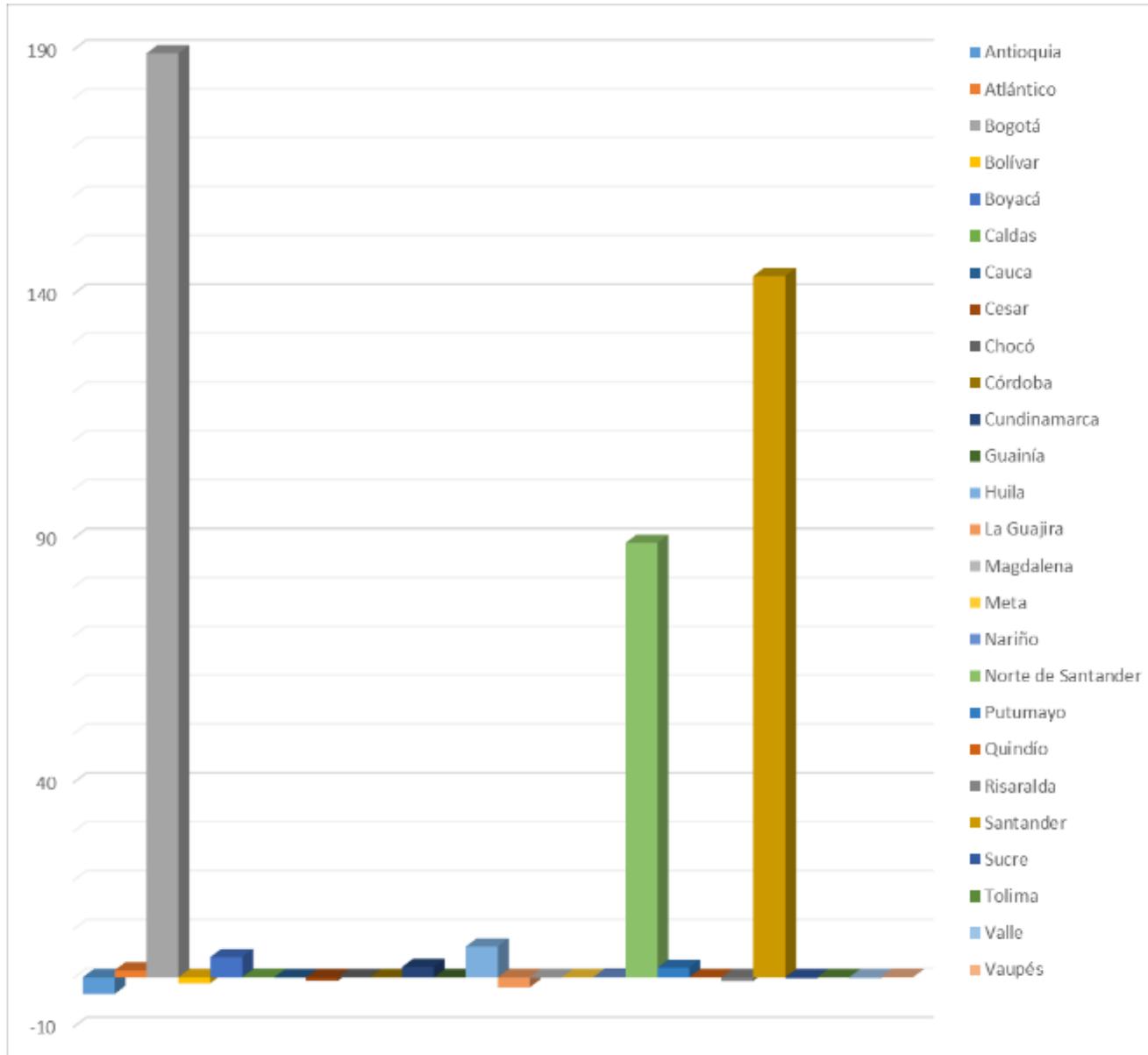


Figura 28. Diferencia área de Superposición de Títulos Mineros con Áreas Excluíbles de la Minería

Las diferencias notables en Bogotá, Santander y Norte de Santander se deben a las áreas excluibles de estos departamentos no han surtido el proceso de depuración, como La Cuenca alta del Rio Bogotá. La Figura 10 muestra las diferencias de área entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS.

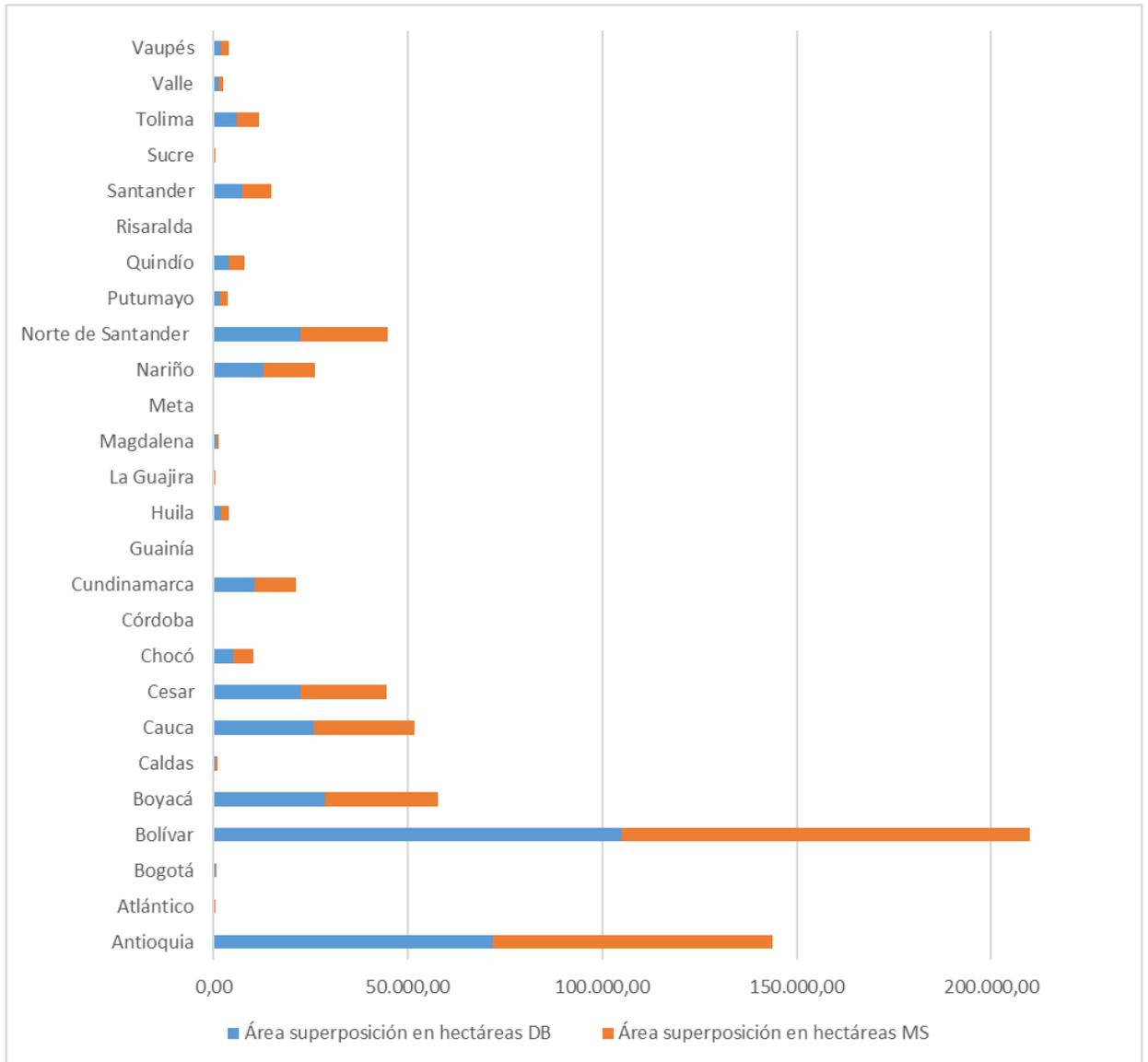


Figura 29. Diferencia de área entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS por superposición de títulos mineros y áreas excluibles.

Cálculo de Nortes y Estes de los Centroides de los Títulos Mineros en Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS y sus Respectivas Distancias

Se generó la diferencia de las coordenadas Norte y Este de los centroides de 8.208 títulos mineros generados a partir del Certificado de Registro Minero en Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS, en metros, transformado por zona 8 con el método Molodensky-Badekas.

La [Figura 30](#) presenta la diferencia de los centroides de los títulos mineros tanto en Nortes como en Estes, entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS por rangos de distancia. La Figura 12 muestra diferencias por títulos tanto en las Nortes como en las Estes.

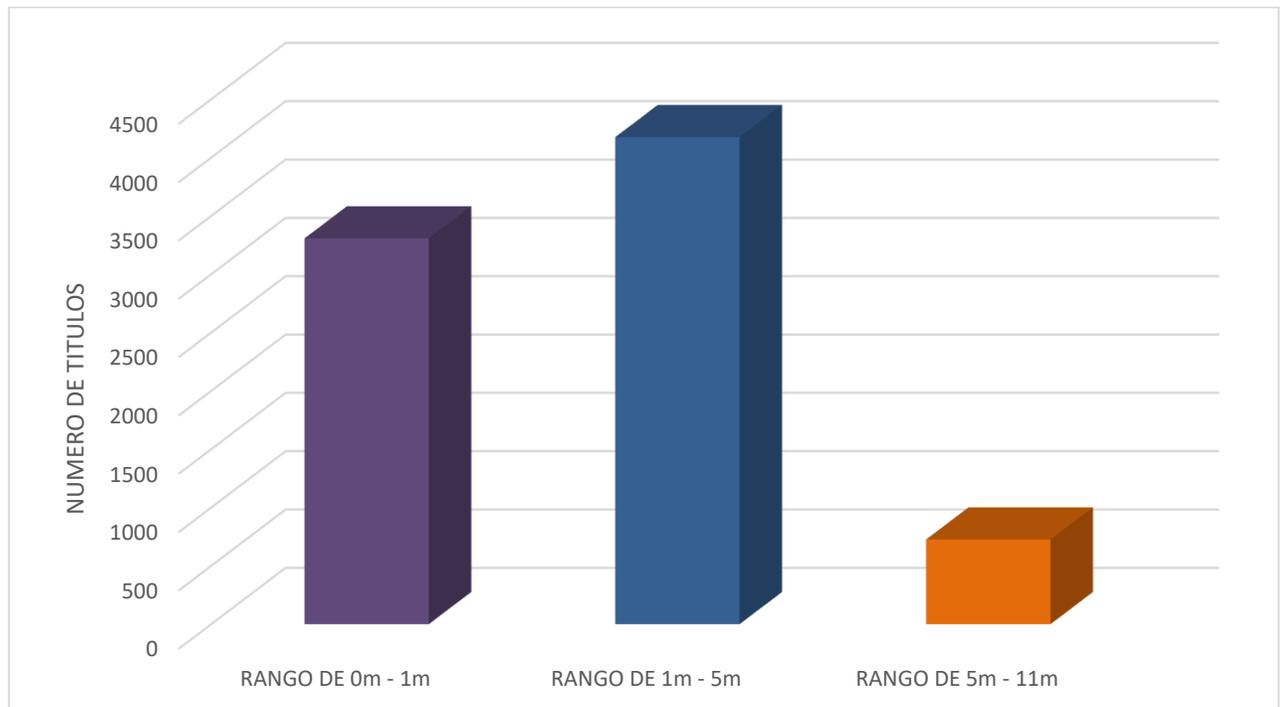
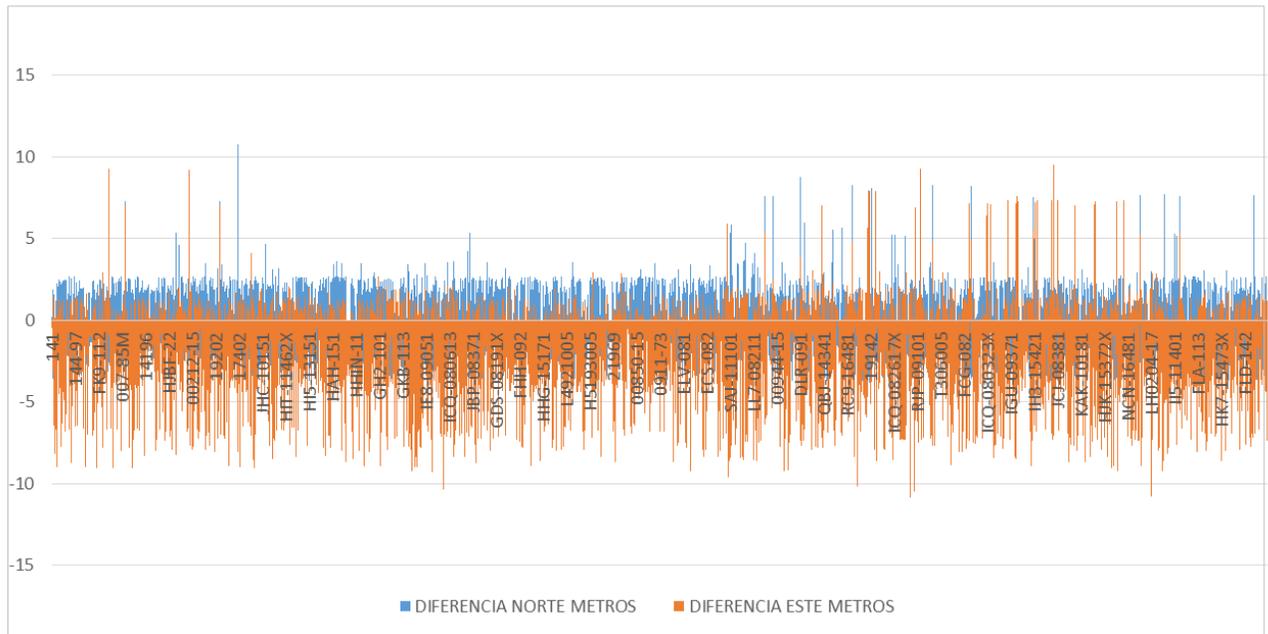


Figura 30. Diferencia de los centroides de los títulos mineros tanto en Nortes como en Estes, entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS por rangos de distancia.



La Tabla 10 muestra las medidas de tendencia central de las distancias entre centroides de los títulos mineros, estableciendo que tanto la mediana como la moda no superan los 1,4 m.

Tabla 30. Medidas de tendencia central de las distancias de los centroides.

<i>Medida</i>	Diferencia Nortes (m)	Diferencia Estes (m)
Moda	1,3274	1,0466
Mediana	1,3277	1,2166

Cálculos de Área (ha) en Datum Bogotá según el Certificado de Registro Minero, Área En MAGNA-SIRGAS Origen Central Transformada por Zona 8 método Molodensky-Badekas

Se realizó el análisis de las áreas de 8.163 títulos mineros con Certificado de Registro Minero Nacional en Datum Bogotá contra los mismos títulos en MAGNA-SIRGAS Origen Central calculando sus diferencias, las cuales se consignan den la [Tabla 31](#).

Tabla 31. Diferencia áreas CRMN según sus orígenes vs. áreas en MAGNA-SIRGAS.

Departamentos	Títulos mineros	Datum Bogotá según su Origen	MAGNA-SIRGAS - Origen Central	Diferencia área CRMN - MAGNA	Diferencia %
		Área (ha) certificado de registro minero	Área (ha) nuevo sistema		
Amazonas	5	286,6546	285,9685	0,6861	0,2393%
Antioquia	1.374	1.063.799,5820	1.062.851,6290	947,9529	0,0891%
Arauca	32	7.498,6390	7.483,3309	15,3081	0,2041%
Atlántico	93	31.552,2133	30.596,1562	956,0571	3,0301%
Bogotá	35	2.480,2190	2.480,1439	0,0751	0,0030%
Bolívar	344	274.839,5981	274.737,8704	101,7277	0,0370%
Boyacá	1.377	228.100,3438	227.848,9855	251,3584	0,1102%
Caldas	365	60.478,0610	60.405,2865	72,7745	0,1203%
Caquetá	51	3.244,1083	3.242,9533	1,1550	0,0356%
Casanare	156	22.912,5017	22.905,1857	7,3160	0,0319%
Cauca	215	345.014,6945	344.705,7670	308,9275	0,0895%
Cesar	271	270.830,6464	270.830,2201	0,4263	0,0002%
Chocó	156	240.443,6756	240.150,3664	293,3092	0,1220%
Córdoba	104	68.630,4763	68.618,1291	12,3472	0,0180%
Cundinamarca	918	117.821,6762	117.623,7098	197,9663836	0,1680%
Guainía	33	72.672,2434	72.596,3469	75,8965	0,1044%
Guaviare	10	656,9416	656,9139	0,0277	0,0042%
Huila	214	45.147,7086	45.140,8593	6,8493	0,0152%
Magdalena	79	48.295,0059	48.039,9215	255,0844	0,5282%
La Guajira	51	134.226,0500	133.960,4249	265,6251	0,1979%
Meta	184	51.485,0651	50.982,9247	502,1404	0,9753%
Nariño	160	62.708,1936	62.578,4326	129,7610	0,2069%
Norte de Santander	596	167.907,0982	167.632,8315	274,2667	0,1633%

<i>Departamentos</i>	Títulos mineros	Datum Bogotá según su Origen	MAGNA-SIRGAS - Origen Central	Diferencia área CRMN - MAGNA	Diferencia %
		Área (ha) certificado de registro minero	Área (ha) nuevo sistema		
<i>Putumayo</i>	39	12.978,5386	12.954,6545	23,8841	0,1840%
<i>Quindío</i>	37	19.366,7148	19.339,5322	27,1826	0,1404%
<i>Risaralda</i>	52	19.041,2503	18.765,3735	275,8768	1,4488%
<i>Santander</i>	488	147.707,8763	147.903,5442	-195,6679	0,1325%
<i>Sucre</i>	40	5.916,3637	5.915,7834	0,5804	0,0098%
<i>Tolima</i>	425	214.329,6585	214.092,7686	236,8899	0,1105%
<i>Valle</i>	238	30.349,3771	30.327,0895	22,2875	0,0734%
<i>Vaupés</i>	6	14.527,1551	14.463,7544	63,4007	0,4364%
<i>Vichada</i>	15	20.649,5160	20.501,9090	147,6070	0,7148%

La [Figura 31](#) muestra las diferencias de área por departamento en porcentaje.

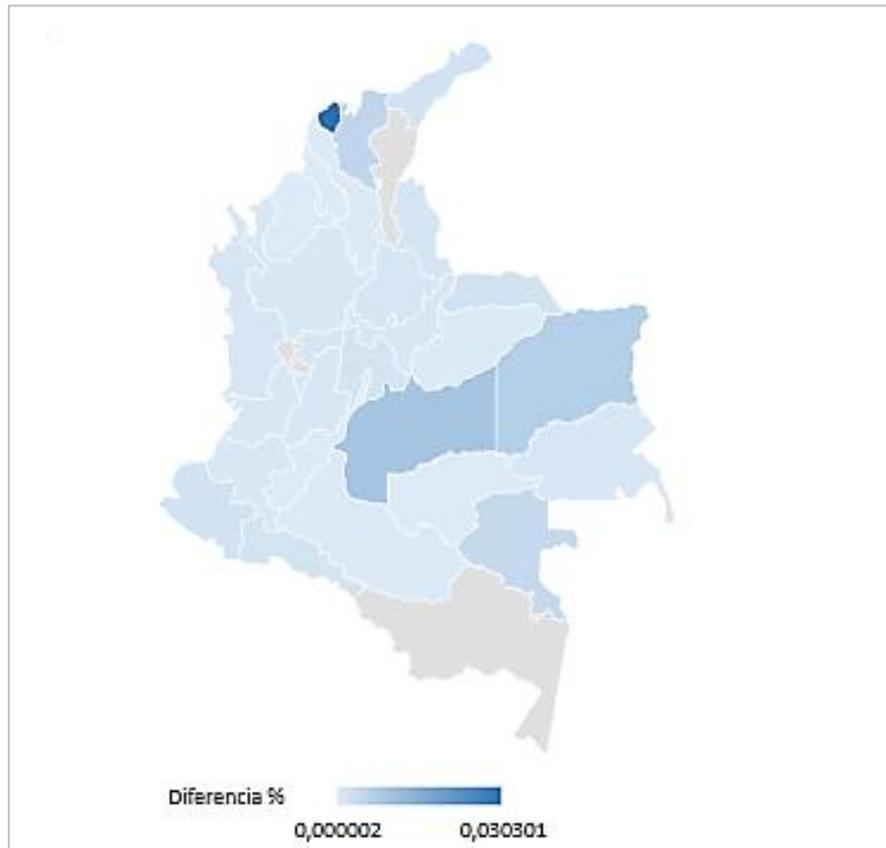


Figura 31. Diferencia de área entre CRMN y MAGNA-SIRGAS Origen Central

La [Figura 32](#) presenta una comparación entre las áreas por CRMN y MAGNA-SIRGAS.

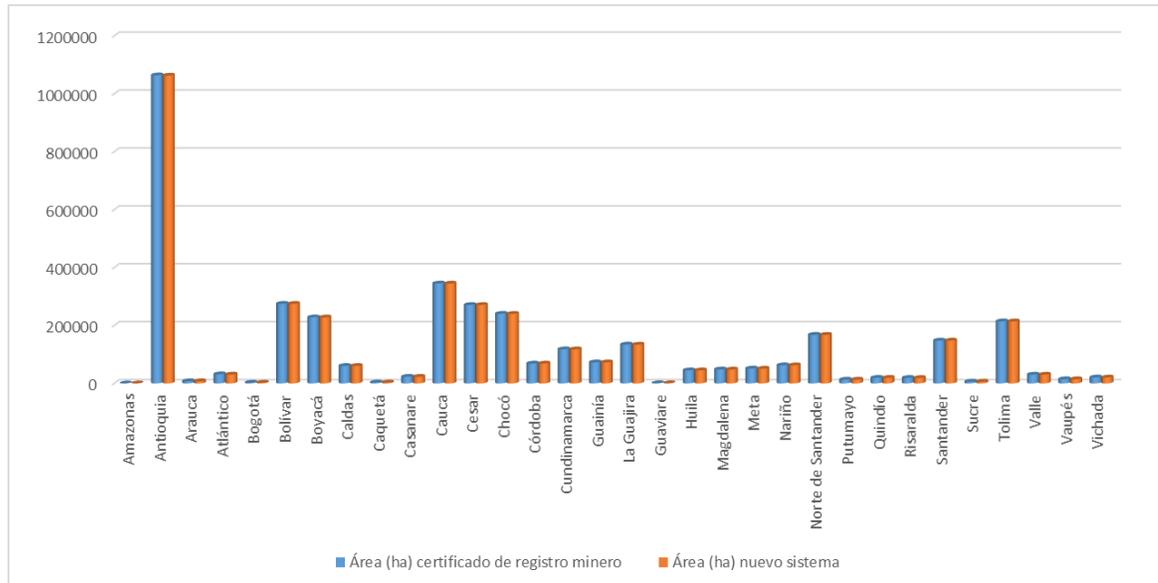


Figura 32. Comparación áreas CRMN y MAGNA-SIRGAS.

Análisis Del Área (ha) a partir de las Coordenadas del Certificado de Registro Minero Nacional

Este análisis se realizó con la información de 8.163 títulos minero a partir de las coordenadas del Certificado de Registro Minero Nacional. Para este análisis se tuvo en cuenta el cálculo de las siguientes áreas:

- AREA (ha) COORDENADAS CRMN DATUM BOGOTÁ ORIGEN CENTRAL: el área de 8163 títulos mineros a partir del Certificado de Registro Minero en Datum Bogotá Origen Central.
- AREA (ha) COORDENADAS CRMN DATUM BOGOTÁ SEGÚN SU ORIGEN CMC: el área de los títulos graficados a partir de las coordenadas del Certificado de Registro Minero cada en Datum Bogotá en su Origen respectivo según CMC.
- AREA (ha) COORDENADAS CRMN EN MAGNA SEGÚN SU ORIGEN CMC: el área de los títulos graficados a partir de las coordenadas del Certificado de Registro Minero cada en Datum Magna-Sirgas en su Origen respectivo según CMC.
- AREA (ha) ESCRITA EN EL CRMN: esta área es la que se encuentra escrita en el Certificado de Registro Minero.

Tabla 32. Área por coordenadas según fuente.

<i>Departamentos</i>	<i>Títulos</i>	<i>Área (ha) coordenadas CRMN Datum Bogotá Origen Central</i>	<i>Área (ha) coordenadas CRMN Datum Bogotá según su Origen CMC</i>	<i>Área (ha) coordenadas CRMN en MAGNA según su Origen CMC</i>	<i>Área (ha) escrita en el CRMN</i>
Amazonas	5	286,655	286,317	286,311	286,317
Antioquia	1374	1.063.799,582	1.063.294,896	1.063.297,055	1.062.858,416
Arauca	32	7498,639	7482,372	7482,336	7484,269
Atlántico	93	31.552,213	31.552,213	31.552,513	30.596,241
Bogotá	35	2.456,539	2.456,539	2.456,526	2.456,480
Bolívar	344	274.376,326	274.376,326	274.377,339	273.806,058
Boyacá	1.377	228.100,344	228.095,770	228.094,854	227.870,623
Caldas	365	60.478,061	60.472,034	60.471,944	60.434,962
Caquetá	51	3.244,108	3.243,253	3.243,223	3.243,414
Casanare	156	22.912,502	22.904,554	22.904,399	22.905,817
Cauca	215	345.014,695	344.064,219	344.062,699	344.708,764
Cesar	271	270.830,646	270.830,646	270.831,925	270.831,125
Choco	156	240.443,676	240.085,874	240.086,051	240.150,366
Córdoba	104	68.630,476	68.615,844	68.616,186	68.618,327
Cundinamarca	918	117.821,676	117.821,676	117.821,159	117.640,892
Guainía	33	72.672,243	71.943,484	71.942,065	72.597,192
Guaviare	10	656,942	656,918	656,911	656,914
Huila	214	45.147,709	45.141,854	45.141,541	45.142,878
La Guajira	51	134.226,050	134.225,660	134.226,543	133.960,425
Magdalena	79	48.295,006	48.295,006	48.295,357	48.040,108
Meta	184	51.485,065	51.465,351	51.464,922	50.982,945
Nariño	160	62.708,194	62.467,800	62.467,414	62.580,731
Norte de Santander	596	167.907,098	167.896,200	167.896,193	167.638,580
Putumayo	39	12.978,539	12.952,525	12.952,413	12.954,655
Quindío	37	19.366,715	19.365,983	19.365,924	19.339,532
Risaralda	52	19.041,250	19.030,638	19.030,608	18.765,374
Santander	488	147.707,876	147.707,876	147.707,656	147.906,870
Sucre	40	5.916,364	5.916,364	5.916,407	5.916,392

<i>Departamentos</i>	Títulos	Área (ha) coordenadas CRMN Datum Bogotá Origen Central	Área (ha) coordenadas CRMN Datum Bogotá según su Origen CMC	Área (ha) coordenadas CRMN en MAGNA según su Origen CMC	Área (ha) escrita en el CRMN
Tolima	425	214.329,659	214.322,815	214.321,918	214.096,027
Valle del Cauca	238	30.349,377	30.302,665	30.302,563	30.328,472
Vaupés	6	14.527,155	14.451,336	14.451,003	14.463,754
Vichada	15	20.649,516	20.508,175	20.507,912	20.501,909
TOTAL	8.163	3.805.410,894	3.802.233,183	3.802.231,871	3.799.764,827

Al realizar las diferencias de las áreas se obtienen los resultados expuestos en la [Tabla 33](#).

Tabla 33. Diferencia de áreas por coordenadas según fuente.

<i>Departamentos</i>	Diferencia Área (ha) coordenadas Datum Bogotá Origen Central - coordenadas Datum Bogotá Según su Origen CMC	Diferencia Área (ha) coordenadas Datum Bogotá según origen CMC - coordenadas MAGNA-SIRGAS según su Origen	Diferencia Área (ha) coordenadas CRMN Datum Bogotá según su Origen CMC - escrita CRMN
Amazonas	0,3374	0,0061	7E-06
Antioquia	504,6863	2,1596	436,4797
Arauca	16,2668	0,0361	1,8963
Atlántico	0	0,2994	955,9722
Bogotá	0	0,0125	0,0592
Bolívar	0	1,0135	570,2675
Boyacá	4,5738	0,9156	225,1468
Caldas	6,0267	0,0907	37,0724
Caquetá	0,8553	0,0305	0,1608
Casanare	7,9480	0,1546	1,2636
Cauca	950,4751	1,5201	644,5444

<i>Departamentos</i>	Diferencia Área (ha) coordenadas Datum Bogotá Origen Central - coordenadas Datum Bogotá Según su Origen CMC	Diferencia Área (ha) coordenadas Datum Bogotá según origen CMC - coordenadas MAGNA-SIRGAS según su Origen	Diferencia Área (ha) coordenadas CRMN Datum Bogotá según su Origen CMC - escrita CRMN
<i>Cesar</i>	0	1,2790	0,4781
<i>Chocó</i>	357,8014	0,1770	64,4922
<i>Córdoba</i>	14,6322	0,3424	2,4829
<i>Cundinamarca</i>	0	0,51761	180,784302
<i>Guainía</i>	728,7596	1,4191	653,7083
<i>Guaviare</i>	0,0232	0,0078	0,0045
<i>Huila</i>	5,8544	0,3128	1,0240
<i>La Guajira</i>	0,3900	0,8834	265,2351
<i>Magdalena</i>	0	0,3510	254,8980
<i>Meta</i>	19,7144	0,4290	482,4060
<i>Nariño</i>	240,3939	0,3857	112,9308
<i>Norte de Santander</i>	10,8984	0,0068	257,6195
<i>Putumayo</i>	26,0132	0,1122	2,1292
<i>Quindío</i>	0,7320	0,0586	26,4506
<i>Risaralda</i>	10,6120	0,0302	265,2648
<i>Santander</i>	0	0,2200	198,9941
<i>Sucre</i>	0	0,0429	0,0277
<i>Tolima</i>	6,8434	0,8971	226,7887
<i>Valle del Cauca</i>	46,7123	0,1019	25,8070
<i>Vaupés</i>	75,8195	0,3329	12,4188
<i>Vichada</i>	141,3414	0,2626	6,2657
TOTAL	3.177,7108	14,4089	5.913,0734

La [Figura 33](#) muestra las áreas calculadas con las coordenadas del Certificado del Registro Minero Nacional tanto en Datum Bogotá como MAGNA-SIRGAS así como las áreas del CMC en los dos sistemas y se aprecia una gran similitud.

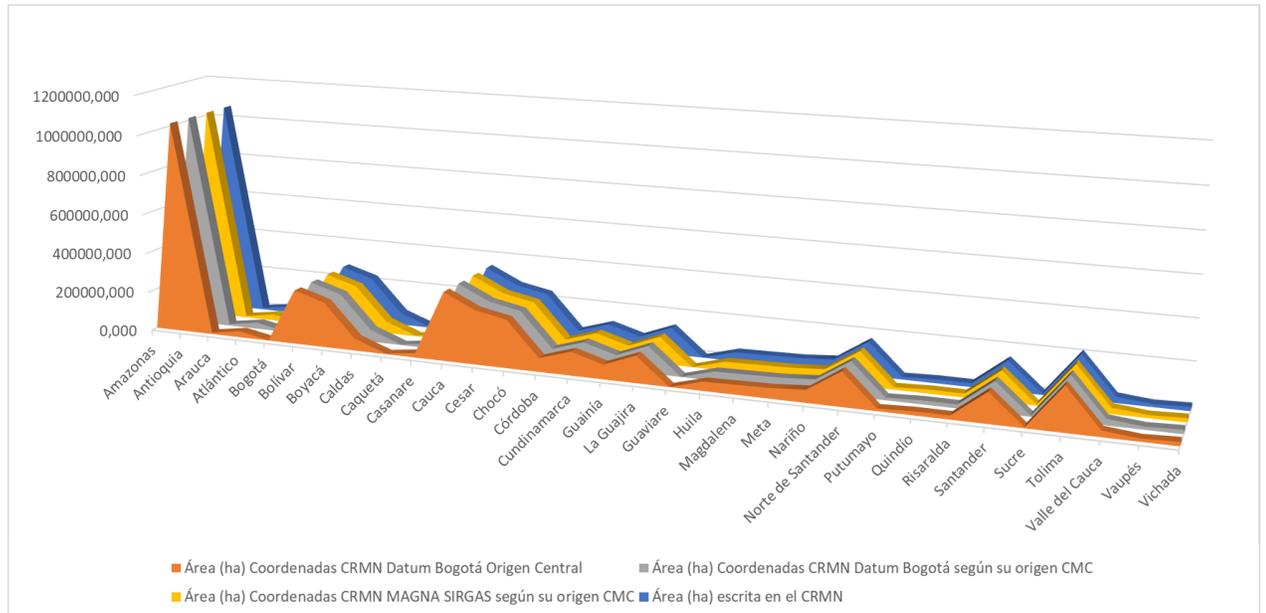


Figura 33. Área calculada según su procedencia - Transformación y origen.

La Figura 15, Figura 16 y Figura 17 muestran, respectivamente, las áreas resultantes de la diferencia entre; i) Datum Bogotá Origen Central y Datum Bogotá según su origen; ii) Datum Bogotá según su Origen menos MAGNA-SIRGAS según su Origen y iii) Datum Bogotá según Origen y MAGNA-SIRGAS según Origen

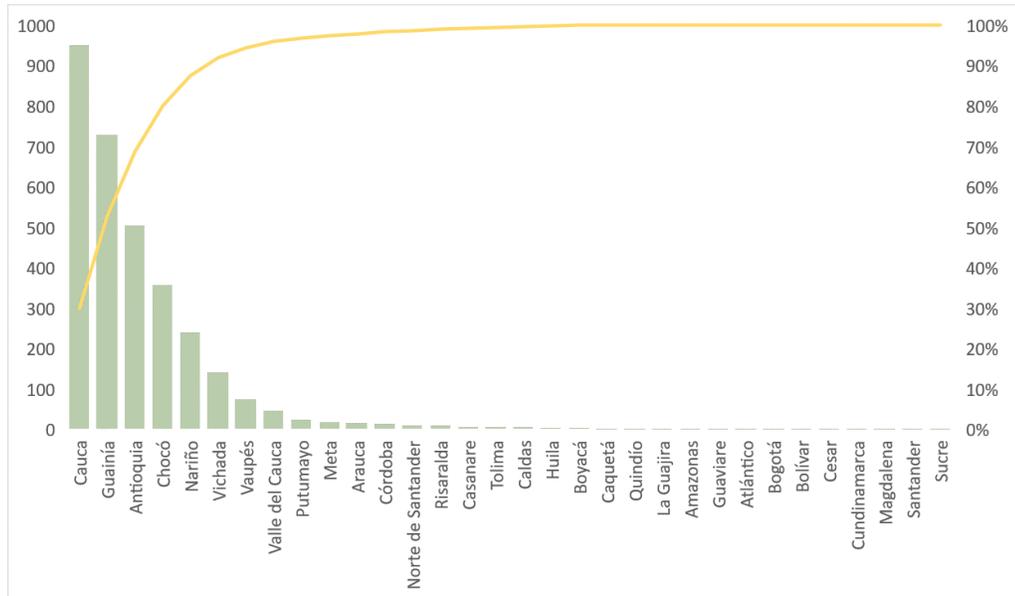


Figura 34. Gráfica de Diferencia de Área (ha) Datum Bogotá Origen Central menos Datum Bogotá según su origen.

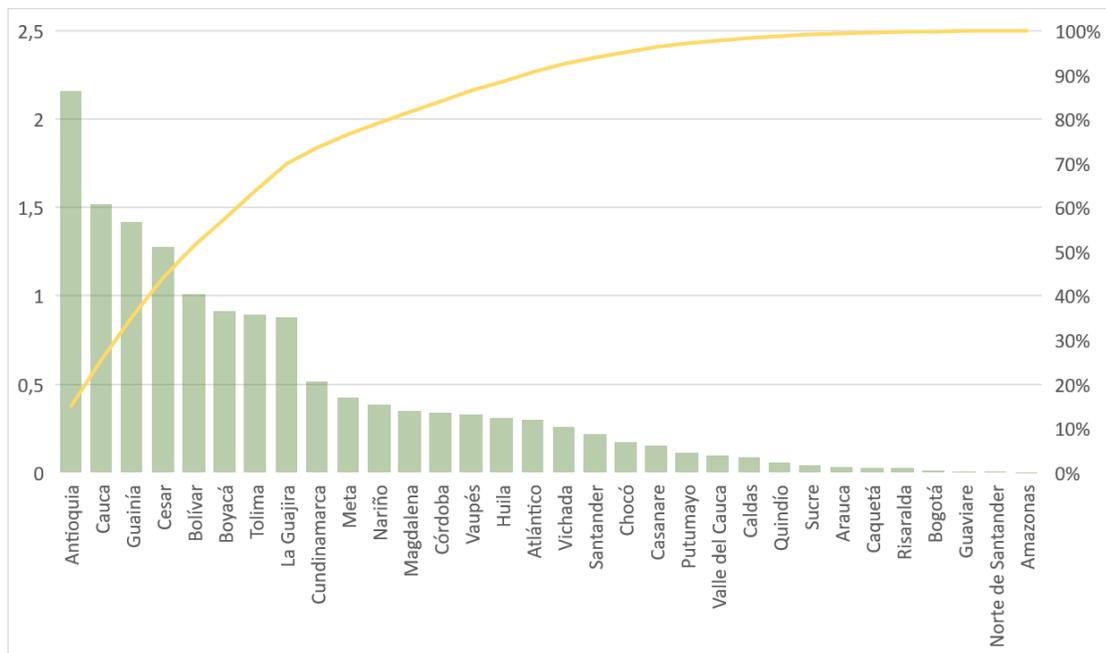


Figura 35. Gráfica de Diferencia de Área (ha) Datum Bogotá según su Origen menos MAGNA-SIRGAS según su Origen.

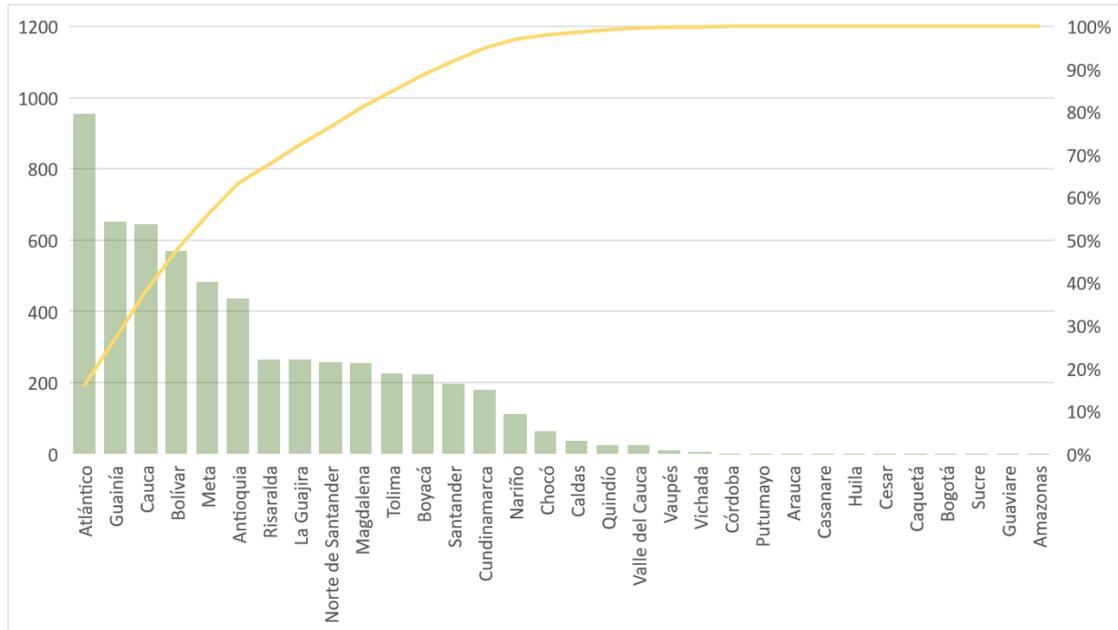


Figura 36. Gráfica de diferencia de Área (ha) Datum Bogotá según Origen menos MAGNA-SIRGAS según Origen.

Análisis de la información geoespacial de las Zonas de Minería Especial

En cuanto a las Zonas de Minería Especial (ZME), es importante establecer que hay tres (3) categorías:

- Área de Reserva Especial (ARE)
- Área Estratégica Minera (AEM)
- Reserva

Para este análisis, se transforma la información geoespacial por zona 8 con el método Molodensky-Badekas y se calcula el área en hectáreas en Datum Bogotá Origen Central y MAGNA-SIRGAS Origen Central, tal como lo muestra la [Tabla 34](#).

Tabla 34. Áreas de las Zonas de Minería Especial (ZME) en Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS y su diferencia.

Categorías	Área (ha) Datum Bogotá Central	Área (ha) MAGNA-SIRGAS Central	Diferencia área (ha) Datum Bogotá – MAGNA-SIRGAS
Área de Reserva Especial (ARE)	19.408,3372	19.408,3439	-0,0067

Áreas Estratégicas Mineras (AEM)	42.647.235,92	42.646.640,84	595,0824
Reserva	26.575,9641	26.575,9197	0,0444
Total	42.693.220,22	42.692.625,1	595,1201

La [Figura 37](#) hace una comparación de las áreas de Zonas de Minería Especial tanto en Datum Bogotá como en MAGNA-SIRGAS, en la cual se aprecia que no hay diferencia apreciable entre ellas.

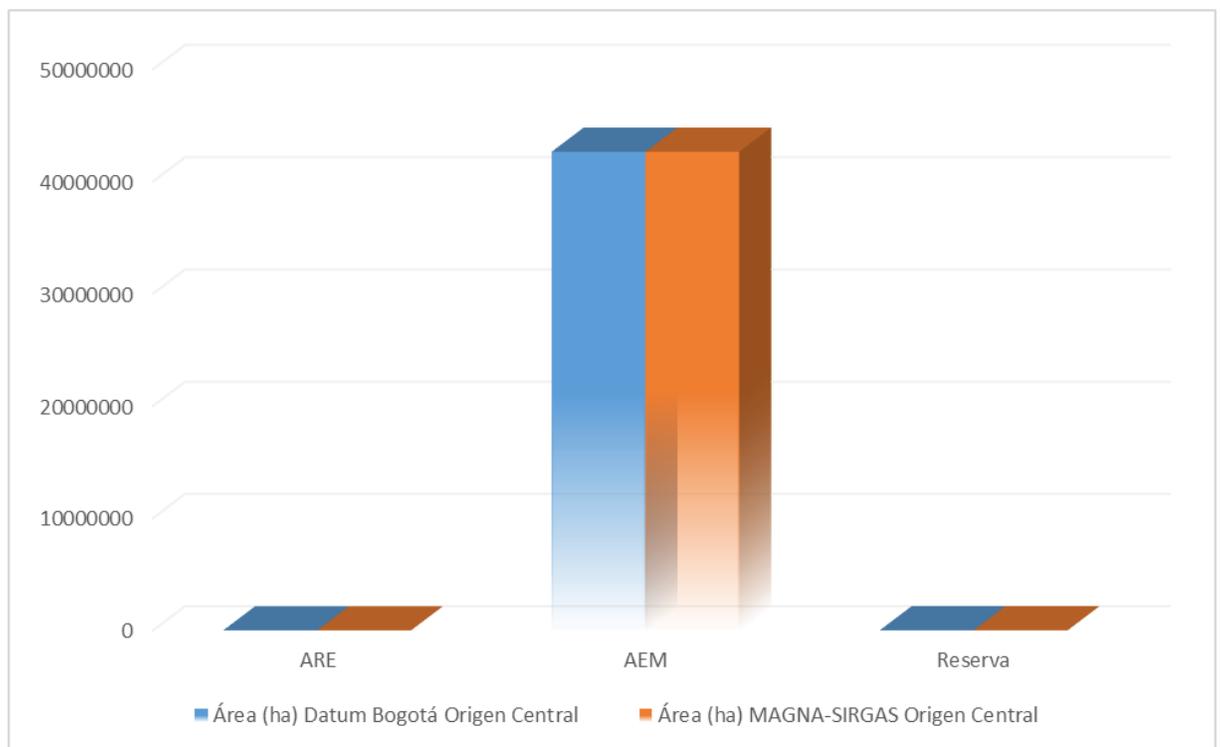


Figura 37. Área Total (ha) ZME Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS Origen Central.

La diferencia de las ZME de acuerdo con sus tres (3) categorías, se expone en la [Figura 38](#).

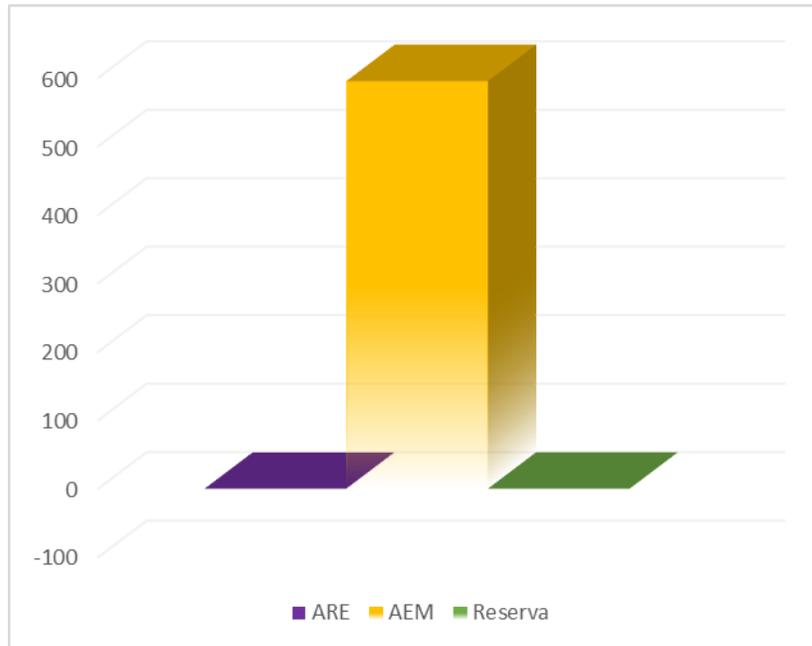


Figura 38. Diferencia Total de Área (ha) por categoría.

Análisis de la información geoespacial de las Zonas de Minería de Comunidades Negras

Finalmente, se realiza el análisis de la Capa Zona de Minería de Comunidades Negras (ZMCN) la cual se transforma por zona 8 con el método Molodensky-Badekas; posteriormente se calcula el área en hectáreas en Datum Bogotá Origen central y en Datum MAGNA-SIRGAS Origen Central (Ver [Tabla 35](#)).

Tabla 35. Áreas de ZMCN en Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS Origen Central y su diferencia.

AREA (ha) DATUM BOGOTÁ	AREA (ha) DATUM MAGNA	DIFERENCIA AREA (ha)
2.350.322,3354	2.350.319,8833	2,4521

La [Figura 39](#) muestra, en hectáreas, las áreas de las Zonas de Minería de Comunidades Negras tanto en Datum Bogotá como en MAGNA-SIRGAS, con una diferencia de casi 2,5 ha.

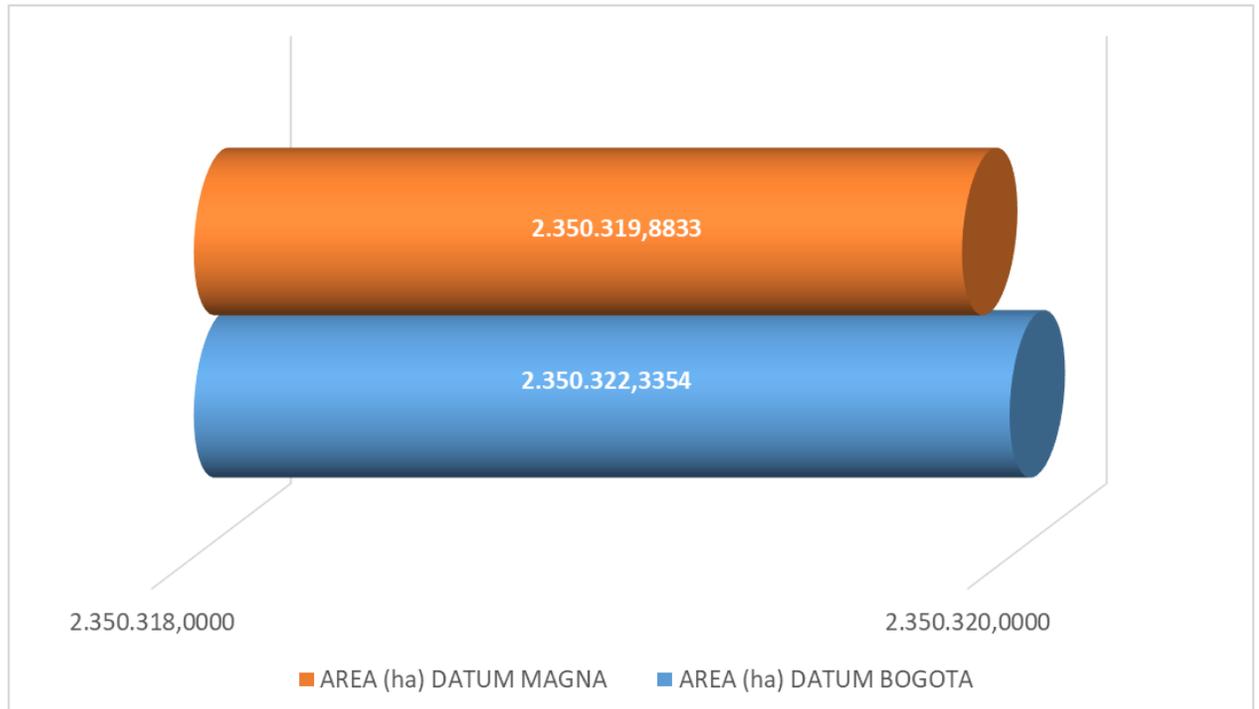


Figura 39. Área de las ZMCN en Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS Origen Central.

Conclusiones

1. Con base en las pruebas realizadas, las diferencias en áreas que genera la Agencia Nacional de Minería, no pasan las 14 hectáreas utilizando la zona 8 y el método de transformación de Molodensky-Badekas, lo que permite establecer que los parámetros de esta región son los más apropiados.
2. Utilizar un único origen, en este caso el Central, minimiza los errores que podrían presentarse al utilizar varios orígenes, pues cada uno genera diferencias que pueden multiplicarse al pasar de uno a otro origen.
3. Los cálculos realizados para obtener las distancias entre los centroides mostraron que menos de 4.000 títulos presentaron una diferencia entre uno (1) y cinco (5) metros, entre Datum Bogotá y MAGNA-SIRGAS origen Central, es decir que la posición entre los centroides no es significativa.

ANEXO 4

ANÁLISIS TRANSFORMACIÓN DE INFORMACIÓN DATUM BOGOTÁ A MAGNA-SIRGAS

Grupo de Promoción – Vicepresidencia de Promoción y Fomento

6. Objetivos

Establecer y cuantificar los impactos relacionados con la transformación de coordenadas Datum Bogotá hacia Datum Magna Sirgas, debido a desplazamiento de polígonos y deformación de área. Igualmente, respecto de las superposiciones con áreas excluibles de la minería y la capa país.

De acuerdo con los resultados anteriores, presentar conclusiones y recomendaciones para su análisis como funcionarios responsables del catastro minero y la estructuración del nuevo sistema minero, en relación con la migración de la capa de Áreas Estratégicas Mineras AEM,

7. Justificación

Ante la posible transformación de la información geográfica del Catastro Minero Colombiano del sistema de referencia Datum Bogotá al sistema de referencia Datum Magna, con miras al diseño y futura entrada en producción del nuevo Sistema Minero, consideramos importante identificar, cuantificar y analizar los posibles impactos que pueden tener las diferentes alternativas de transformación en cuanto a AEM se refiere, con el fin de brindar herramientas de análisis para que la Entidad pueda optar por la alternativa que permita reducir tales impactos.

De acuerdo con la metodología propuesta por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, el procedimiento se puede realizar por 8 zonas (Figura 1) con la idea de que cada zona

controle los problemas de deformación y desplazamiento de la información geográfica derivados De la transformación de Datum; sin embargo, por el carácter nacional de la Información de las AEM y para evitar problemas de superposición entre la misma capa se realiza el presente análisis para determinar por cuál de las ocho (8) zonas se obtienen los menores impactos:

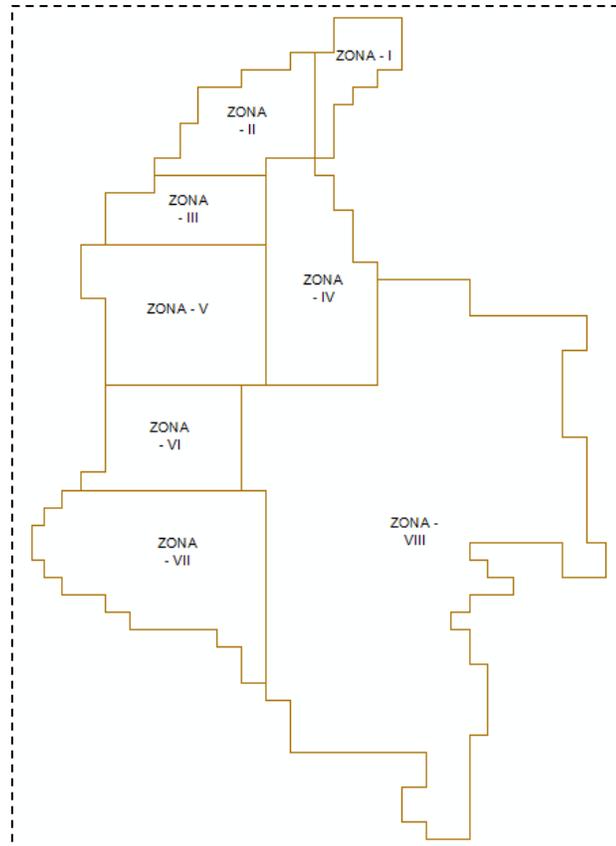


Figura 40. Zonas de parámetros de transformación de Datum Bogotá a Datum Magna.

Cabe resaltar que los resultados de la transformación por las ocho (8) zonas (Datum Magna) son distintos, pero todos igualmente válidos, en este sentido es importante hacer mediciones para ayudar a determinar cuál de las transformaciones puede ser la más conveniente para la Entidad.

A modo de ejemplo, en las siguientes gráficas se muestra un acercamiento de un bloque de AEM en el Departamento de Antioquia y un acercamiento de un bloque en el Departamento de La Guajira, incluyendo para cada uno los desplazamientos derivados de la transformación hacia Datum Magna por cada una de las ocho (8) zonas de transformación referidas mediante el software ArcGis 10.2.2 por los algoritmos Molodensky-Badekas MB y Coordinate Frame CF.

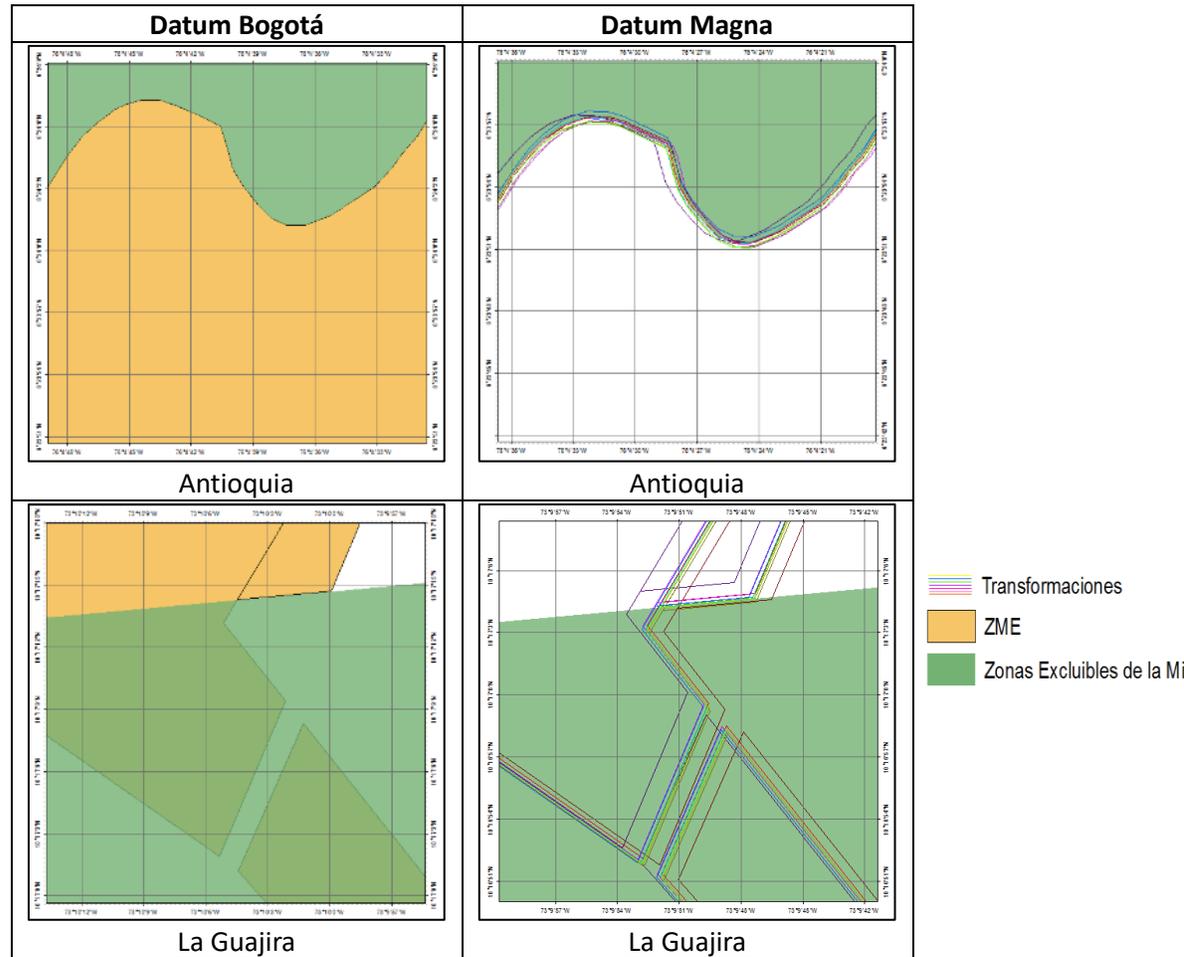


Figura 41. Detalle bloque de AEM en el Departamento de Antioquia y en el Departamento de La Guajira

8. PROCEDIMIENTO.

El procedimiento seguido por el Grupo de Promoción para efectuar el ejercicio de transformación de los bloques de AEM fue el siguiente:

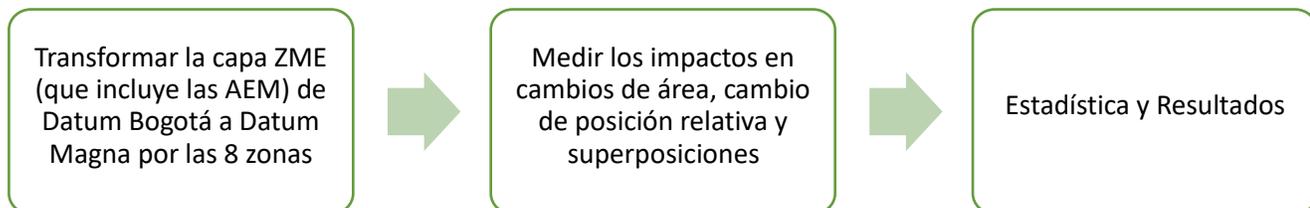


Figura 42. Diagrama del procedimiento utilizado.

8.1 Deformaciones del área.

Para la medición de la deformación por área se transformó la capa ZME de Datum Bogotá a Datum Magna por las 8 zonas mediante el software ArcGis 10.2.2 por los algoritmos Molodensky-Badekas MB y Coordinate Frame CF calculando el área para cada resultado.

Con estas áreas se calculan las diferencias con respecto al área reportada en la información actual y de esta manera se mide la deformación.

8.2 Desplazamiento relativo.

Para la medición del desplazamiento relativo se calcularon los centroides de los polígonos del shape ZME, y se transformaron igualmente por las ocho (8) zonas mediante el software ArcGis 10.2.2 por los algoritmos Molodensky-Badekas MB y Coordinate Frame CF.

Con esta información se calculó la distancia euclidiana de los puntos transformados con respecto a su posición original y se realizó un análisis de los desplazamientos con respecto de su valor central, calculando así el desplazamiento relativo.

8.3 Superposición con zonas excluibles de la minería.

Para la medición de las superposiciones con áreas excluibles de la minería, se descargó en Datum Magna de los portales web del RUNAP y del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la información correspondiente a las categorías que están incluidas en la capa PNN, y se comparó con las transformaciones de la capa ZME, calculado con el el software ArcGis 10.2.2 las superposiciones con las zonas excluibles.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los análisis efectuados:

8.4 Medición de la deformación del área.

Como se muestra en la siguiente Figura 4, las tres (3) zonas que presentan menor deformación de área son Zona 5 (CF y MB), Zona 8 (CF y MB) y Zona 6 (MB):

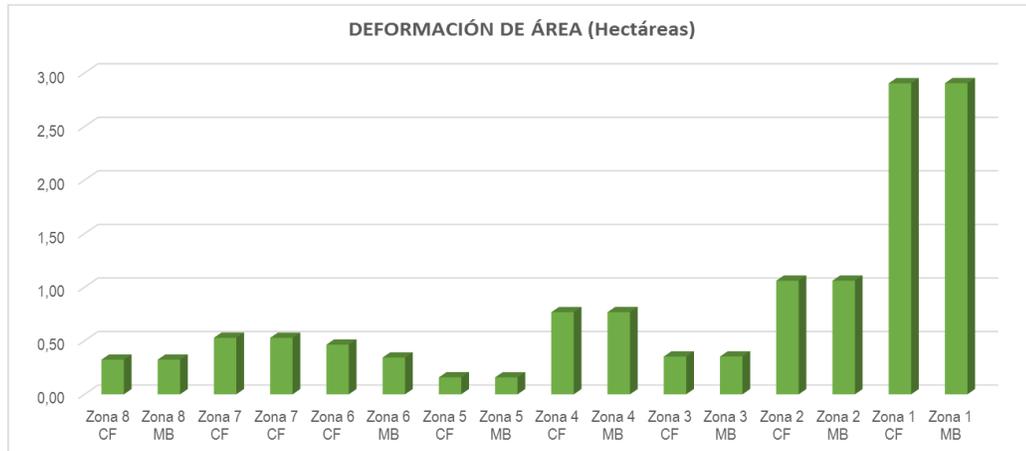
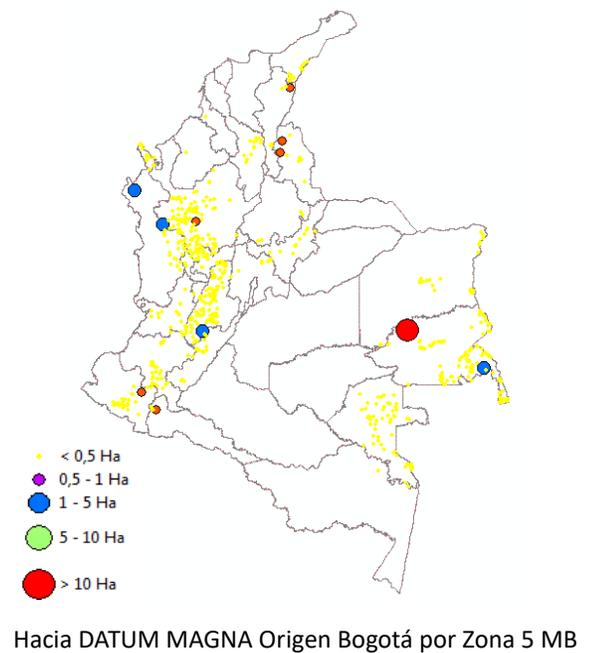
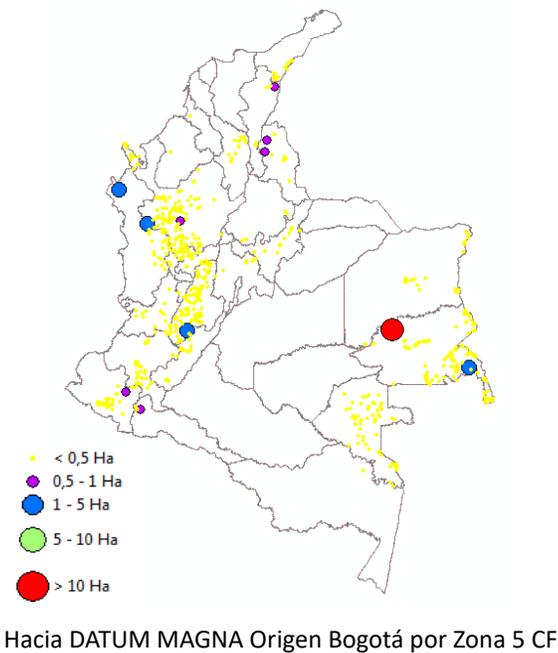


Figura 43. Deformación de área (ha) según zona de transformación.



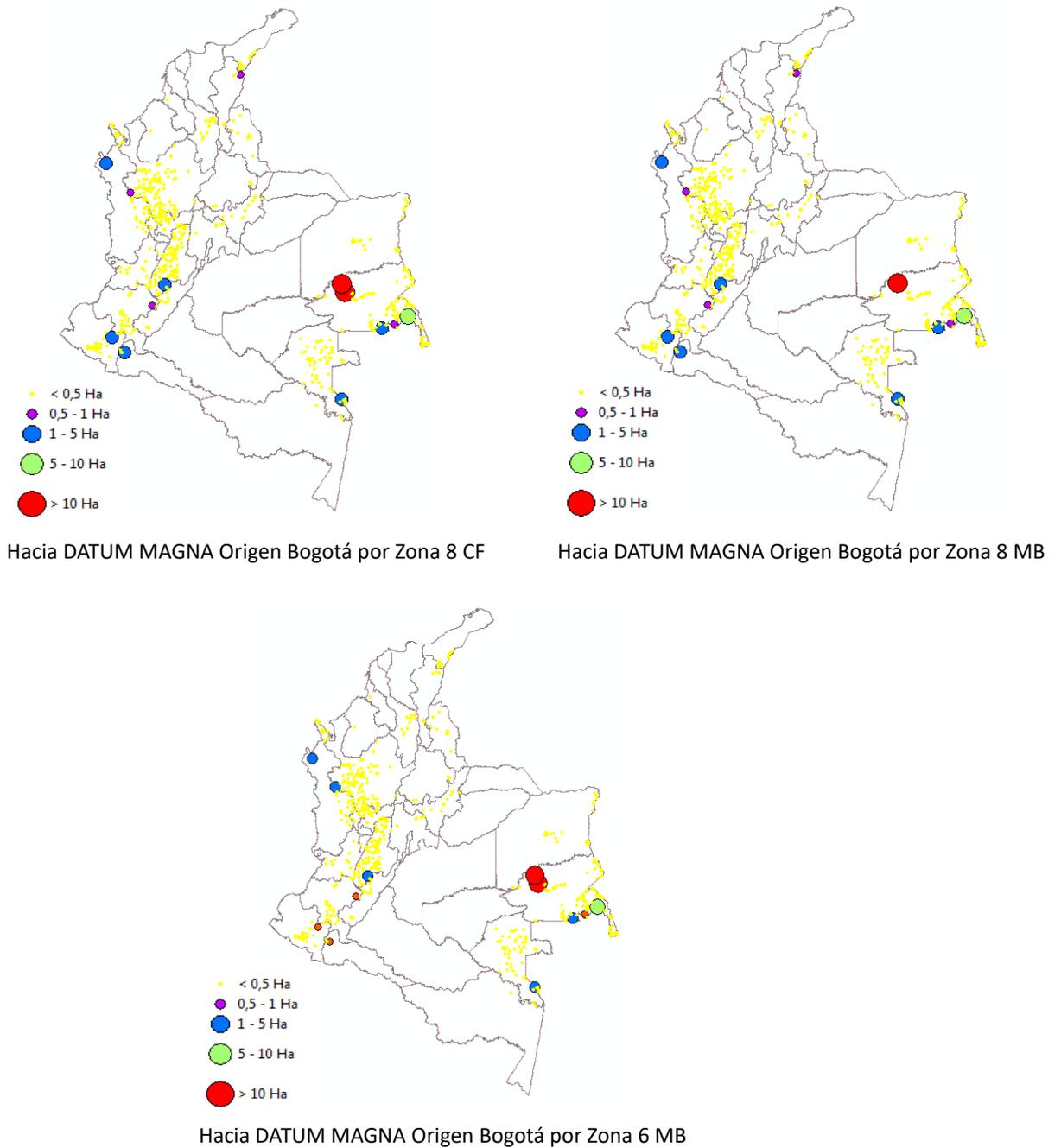


Figura 44. Mapas de deformación de área por zona

8.5 Medición del desplazamiento relativo de polígonos

Como se muestra en las siguientes gráficas, las tres (3) zonas que presentan menor desplazamiento relativo son Zona 2 (CF y MB), Zona 4 (CF y MB) y Zona 1 (CF y MB). En la siguiente gráfica se muestran los resultados obtenidos.

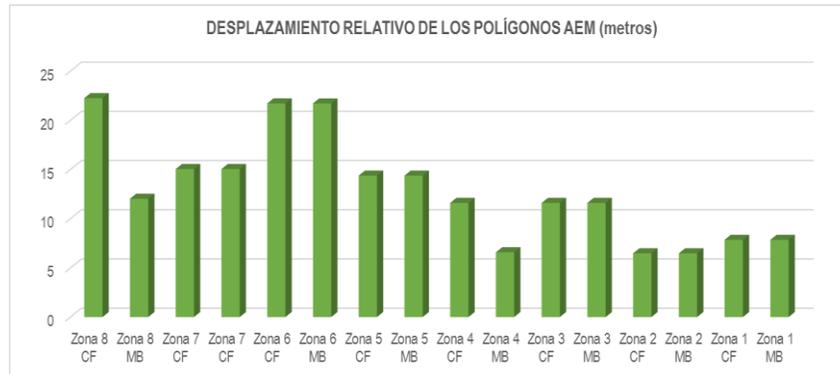
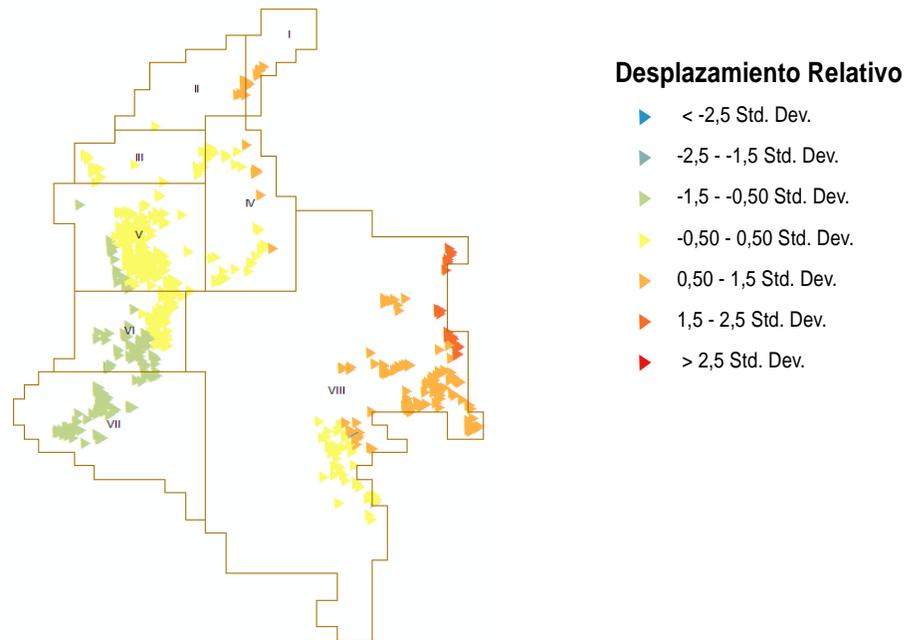


Figura 45. Desplazamiento relativo de los polígonos.

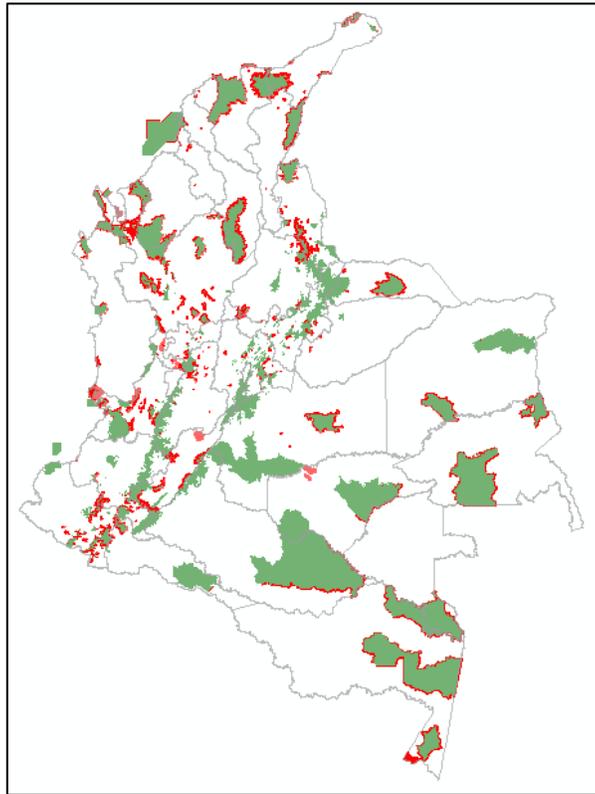


Hacia DATUM MAGNA Origen Bogotá por Zona 6 MB

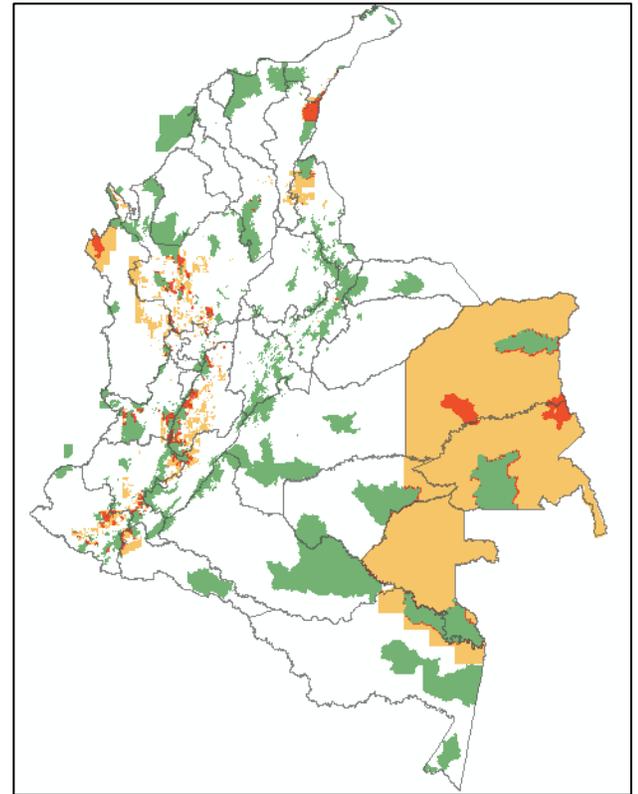
Figura 46. Mapa del desplazamiento relativo de los polígonos

8.6 Medición de superposiciones con áreas excluibles de la minería.

En los siguientes mapas se muestra las diferencias de la capa PNN que está incluida en el CMC y Capa PNN actualizada y las superposiciones de esta última con las AEM.



Diferencias Capa PNN CMC y Capa PNN actualizada



Superposiciones con capa ZME (AEM)

Figura 47. Diferencias de la capa PNN (CMC), capa PNN actualizada y las superposiciones con las AEM.

Al realizar la comparación con la información vigente de las zonas de minería excluible publicada en los portales del RUNAP y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y la que se encuentra registrada en el CMC se encontró que en la capa PNN existen 75 polígonos que ya no se encuentran vigentes o cambiaron de categoría; igualmente, se estableció que existen nuevos polígonos referentes a zonas excluibles de la minería que se encuentran registrados en el Ministerio de Ambiente o en el RUNAP y que no están incorporados a la capa PNN del CMC, por lo que se recomienda a la Vicepresidencia de Contratación y Titulación Minera efectuar las depuraciones y verificaciones correspondientes.

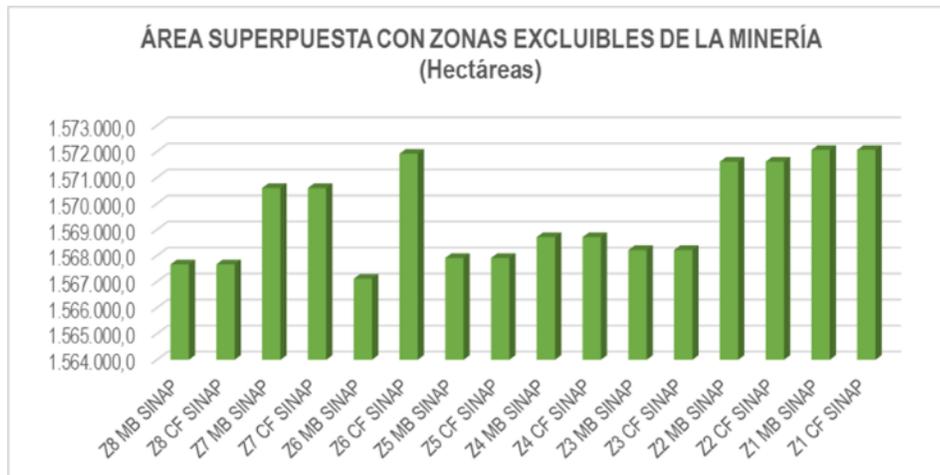
En el siguiente cuadro se muestran las áreas excluibles de la minería vigentes que se encuentran superpuestas con la capa de las AEM:

Tabla 36. Áreas de superposición.

Superposición zona excluible de la minería	Área has
Cumaribo	301.138,6939
Estrella Fluvial del Inírida	247.319,5969

Superposición zona excluible de la minería	Área has
Perijá	125.455,0362
Relictos de Caoba de Jurado	66.941,6688
Patía	19.507,9585
Chilí - Barrangán	18.993,2258
Serranía del Perijá	17.604,9607
Cañones de los ríos Melcocho y Santo Domingo	15.721,3817
DMRI Peque	14.896,8340
Las Hermosas	13.724,6516
Río Anchicayá	10.825,0823
Sotará	10.132,5933
La Cocha - Patascoy	9.362,0915
Doña Juana - Chimayoy	9.192,0085
Farallones del Citará	8.511,9385
Río Amaime	8.448,8927
Anaime Chili	7.498,1408
Piedemonte Andino Pacífico	7.340,1073
Cerro Pintao - Serranía del Perijá	6.963,9740
Corredor de las Alegrías	6.418,6797
Serranía de Chiribiquete	5.820,9696
Páramo Belmira - Santa Inés	4.810,4891
Bosque seco	4.102,3197
Páramo Frontino - Urrao Del Sol - Las Alegrías	3.183,5291
Nevado del Huila - Moras	3.094,2657
Laguna La Cocha Cerro Patascoy	2.787,8977
San Lucas	2.724,8653
Citará	2.552,4784
Laguna de La Cocha	2.398,1225
Reserva Natural Rio Bravo	2.161,7908
Otros	19.829,9214

En la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos para la transformación de la capa ZME (AEM) por las diferentes zonas:



Las tres zonas que presentan menor área superpuesta con zonas excluibles de la minería son:

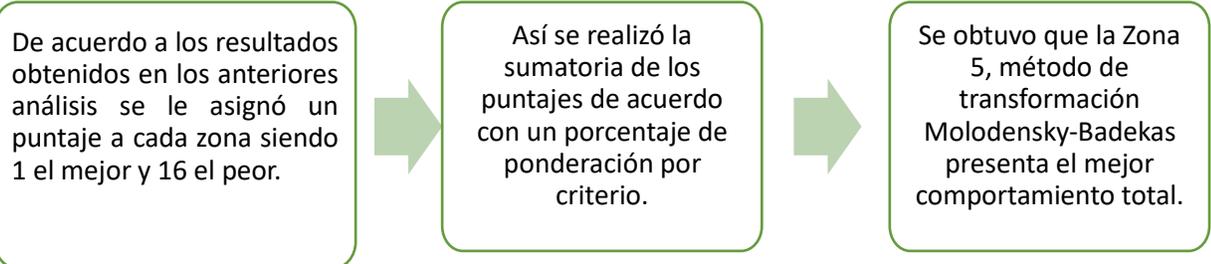
- Zona 6 (MB)
- Zona 8 (CF y MB)
- Zona 5 (CF y MB)



Las tres zonas que presentan menor número de polígonos superpuestos son:

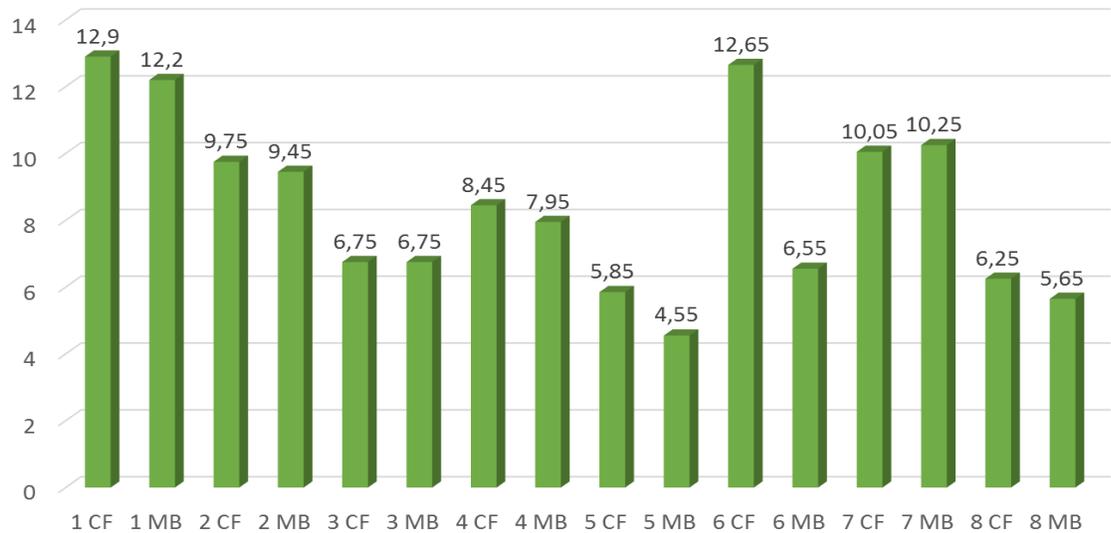
- Zona 4 (CF)
- Zona 5 (MB)
- Zona 8 (CF)

Ponderación de resultados. A continuación se describe el procedimiento efectuado para ponderar los resultados obtenidos de acuerdo con la relevancia de cada factor para la transformación de AEM:



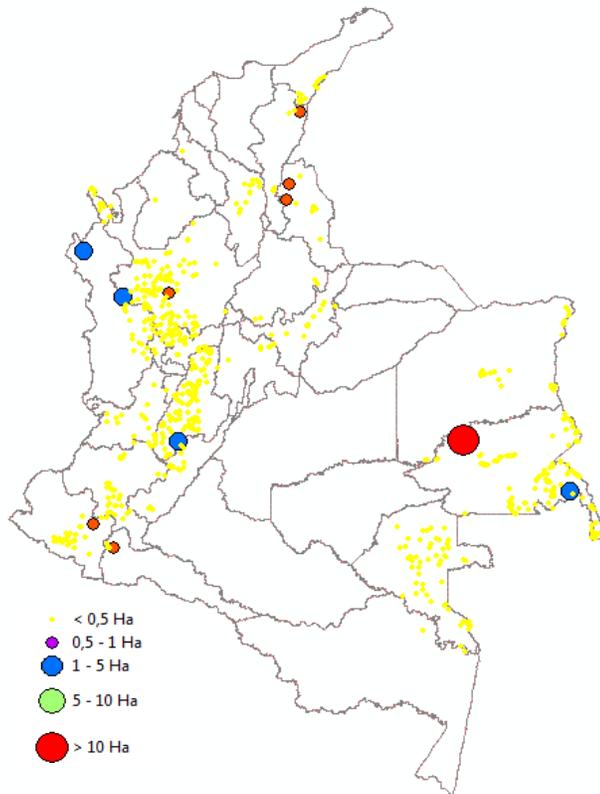
ZONAS	DEFORMACIÓN DE ÁREA	PESO 25%	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	PESO 25%	SUPERPOSICIONES ÁREAS EXCLUIBLES	PESO 40%	NÚM DE POLÍGONOS SUP. CON ÁREAS EXCLUIBLES	PESO 10%	TOTAL
1 CF	15	3,75	5	1,25	16	6,4	15	1,5	12,9
1 MB	16	4	4	1	15	6	12	1,2	12,2
2 CF	13	3,25	2	0,5	13	5,2	8	0,8	9,75
2 MB	14	3,5	1	0,25	12	4,8	9	0,9	9,45
3 CF	6	1,5	7	1,75	7	2,8	7	0,7	6,75
3 MB	7	1,75	6	1,5	6	2,4	11	1,1	6,75
4 CF	11	2,75	8	2	9	3,6	1	0,1	8,45
4 MB	12	3	3	0,75	8	3,2	10	1	7,95
5 CF	2	0,5	11	2,75	5	2	6	0,6	5,85 (3)
5 MB	1	0,25	10	2,5	4	1,6	2	0,2	4,55 (1)
6 CF	8	2	15	3,75	14	5,6	13	1,3	12,65
6 MB	5	1,25	14	3,5	1	0,4	14	1,4	6,55
7 CF	9	2,25	12	3	11	4,4	4	0,4	10,05
7 MB	10	2,5	13	3,25	10	4	5	0,5	10,25
8 CF	3	0,75	16	4	3	1,2	3	0,3	6,25
8 MB	4	1	9	2,25	2	0,8	16	1,6	5,65 (2)

Estos resultados se presentan en el siguiente diagrama de barras:

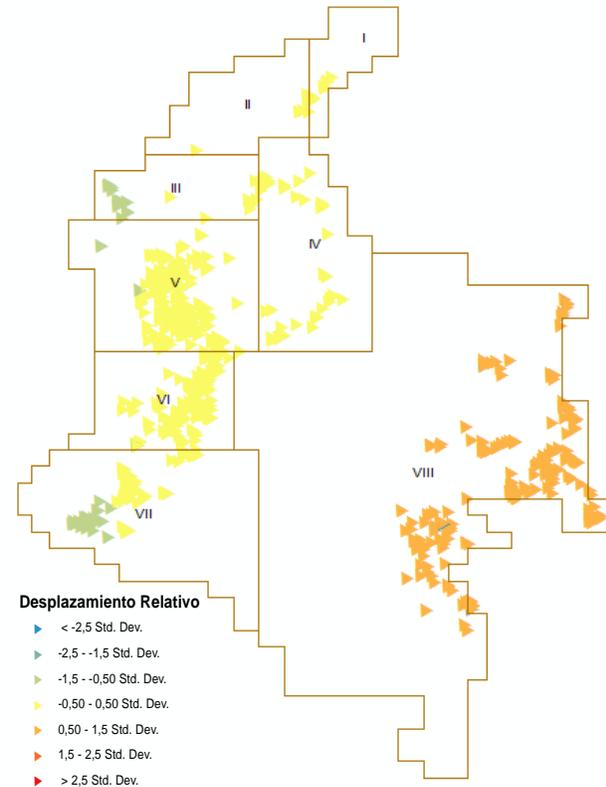


9. ZONA DE TRANSFORMACIÓN QUE REPORTA EL MENOR IMPACTO PARA AEM: ZONA 5 MB

En los siguientes mapas se muestran los resultados consolidados de la transformación de los polígonos de AEM a Datum Magna por la zona 5 MB.



Hacia DATUM MAGNA Origen Bogotá por Zona 5 MB



Hacia DATUM MAGNA Origen Bogotá por Zona 5 MB

Además, en la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados de los cuatro (4) análisis realizados para la zona, donde se tiene los siguientes impactos:

DEFORMACIÓN DE ÁREA	+/- 0,16 has
DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE LOS POLÍGONOS	+/- 14,36 metros
ÁREA SUPERPUESTA CON ZONAS EXCLUIBLES DE LA MINERÍA	1.567.910,8 has.
NÚMERO DE POLÍGONOS SUPERPUESTOS	458

MEDICIÓN DE SUPERPOSICIONES CON LOS LÍMITES TERRITORIALES DE LA CAPA PAÍS. En los siguientes gráficos se muestra la incertidumbre que existe sobre los límites de la capa País que reposa en el CMC pues, la capa ZME difiere de los límites internacionales en varios puntos:



Límites de la capa País del CMC vs capa ZME

Además, al efectuar la transformación a Datum Magna por las diferentes zonas, los polígonos ubicados principalmente en el oriente colombiano y Chocó excede el límite de la nación, por lo cual se recomienda a la Vicepresidencia de Contratación y Titulación Minera realizar la solicitud pertinente a la Cancillería con la idea de que el CMC cuente con la capa país actualizada, y sea posible efectuar la transformación de los bloques en zonas limítrofes sin que ello implique posibles conflictos internacionales.

10. RESUMEN DE IMPACTOS

- Las deformaciones de área varían de +/- 0,3 a 3 Has de acuerdo con la zona de transformación, para el caso de la Zona 5 MB estas diferencias son de +/- 0,16 Has. Como es de esperarse las mayores variaciones se presentan en el Chocó y Guainía de hasta 10 Has. Sus valores máximos se presentan en los bloques 3 (capa general) y 201 (capa específica) de la Resolución 045 de 2012 que en promedio son de 300 Has.
- Los desplazamientos relativos en la componente horizontal y vertical de los polígonos alcanzan valores de +/- 22 metros, para el caso de la Zona 5 MB +/- 14,36 metros. Los mayores desplazamientos se presentan al occidente del país donde alcanzan valores

de hasta 120 metros con respecto a del resto del país.

- Con respecto a las superposiciones con las áreas excluibles de la minería se presentan diferencias al comparar la información vigente, descargable de las entidades en Datum Magna con respecto a la información que se encuentra incorporada al CMC.
- Se realiza la comparación de la capa ZME con la información vigente descargada de las entidades, y se encuentra que hay superposición de AEM con áreas excluibles de la minería que alcanzan valores hasta 1'572.000 Has. Sin embargo se realiza un análisis de las zonas de transformación que causan menor superposición de las AEM con las áreas excluibles de la minería, y las zonas con las que se modificaría la menor cantidad de polígonos.
- Teniendo en cuenta que al efectuar la transformación a Datum Magna por las diferentes zonas, varios polígonos principalmente en el oriente colombiano y Chocó exceden la capa país actualmente incorporada al CMC, lo que puede generar posibles incertidumbres sobre los límites de la capa país que reposa en el CMC, se recomienda a la Vicepresidencia de Contratación y Titulación Minera y el Grupo de Catastro y Registro Minero, gestionar ante la Cancillería la capa país actualizada disponible en esa entidad, de tal forma que el CMC o el nuevo Sistema Minero puedan contar con la información más actualizada disponible, y sea posible efectuar la transformación de los bloques en zonas limítrofes sin que ello implique posibles conflictos internacionales.
- Teniendo en cuenta que las resoluciones de AEM 180241 y 045 de 2012, y 429 de 2013 se encuentran suspendidas por el Consejo de Estado, se recomienda efectuar la transformación por la zona que genere el menor impacto técnico y jurídico de acuerdo con los análisis efectuados.
- Consideramos conveniente que el *shape* donde se registra la delimitación de las AEM en el catastro minero, debe reposar en coordenadas geográficas, para conservar una coordenada única para todas sus capas y que no haya problemas de superposiciones por proyección, como lo maneja el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la ANH.