

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 7

Código de la dependencia.

FECHA	lunes, 25 de febrero de 2019
--------------	------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
------------------------	-----------------

TIPO DE DOCUMENTO	Pasantía
--------------------------	----------

FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
---	----------

PROGRAMA ACADÉMICO	Tecnología en Cartografía
---------------------------	---------------------------

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Díaz Rivera	Paula Dayann	1070753832

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 7

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Cardona Giraldo	Sócrates

TÍTULO DEL DOCUMENTO
ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA NACIONAL.

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Tecnólogo en Cartografía

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
22/01/2019	35

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Cartografía	Cartography
2. Magnetismo Terrestre	Earth magnetism
3. Red Geomagnética	Geomagnetic network
4. Estación de Repetición Magnética	Magnetic Repetition Station
5. Análisis Geográfico	Geographic Analysis
6. Álgebra de Mapas	Map Algebra

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 3 de 7

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

En el presente proyecto enmarcado en la modalidad de pasantía, se presentan los métodos y técnicas que se implementaron para realizar la cartografía piloto que sirva de apoyo a la propuesta para la estructuración y establecimiento de las estaciones de repetición magnética del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) sobre el territorio colombiano.

La cartografía piloto a dicha propuesta se generó mediante el software ArcMap 10.5.1 de ArcGIS bajo la herramienta Algebra de mapas para el análisis geográfico, con esa cartografía se representa las zonas óptimas para la ubicación de las estaciones de repetición magnética de acuerdo a los diferentes parámetros impuestos.

Palabras Claves:

Estacione de Repetición Magnética – Algebra de Mapas – Análisis Geográfico.

In the present project framed in the modality of internship, the methods and techniques that were implemented to carry out the pilot cartography that serve as support for the proposal for the structuring and establishment of the magnetic repeater stations of the Agustín Codazzi Geographic Institute (IGAC) are presented. on the Colombian territory.

The pilot mapping to this proposal was generated using the ArcMIS ArcMap 10.5.1 software under the Algebra map tool for geographic analysis, with this cartography representing the optimal zones for the location of the magnetic repeater stations according to the different parameters imposed.

Key Words:

Magnetic Repetition Station - Maps Algebra - Geographic Analysis



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 4 de 7

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos)



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 5 de 7

el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI NO .

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 6 de 7

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 7



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Zonificación Para La Actualización De La Red Geomagnética Nacional.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Diaz Rivera Paula Dayann	Paula Diaz R.

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).



ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA NACIONAL

**ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA
NACIONAL**

PAULA DAYANN DIAZ RIVERA

**TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD PASANTÍA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ.
2018**



ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA NACIONAL

**ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA
NACIONAL**

**PAULA DAYANN DÍAS RIVERA
CÓD. 190215110**

**DIRECTOR INTERNO
Sócrates Cardona Giraldo
Ing. Topográfico**

**DIRECTOR EXTERNO
JOSÉ RICARDO GUEVARA LIMA**

**TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD PASANTÍA PARA OPTAR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
CARTOGRAFÍA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ.
2018**



NOTA DE ACEPTACIÓN

SÓCRATES CARDONA GIRALDO

Director de Proyecto Modalidad Pasantía

LUIS ALBERTO HERRERA MARTINEZ

Jurado

GELBERTH AMARILLO ROJAS

Jurado



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme fuerza y valor para culminar el proyecto.

A mi madre por siempre estar presente con su excelente actitud y sabios consejos.

A mi hermano quien es mi ejemplo a seguir por su entrega y responsabilidad.

A la Universidad de Cundinamarca y cuerpo docentes del programa Tecnología en Cartografía por concederme estudiar y guiarme en mi formación como profesional.

A los tutores del proyecto por dar su conocimiento y entrega durante este proceso.

Al Instituto Geográfico Agustín Codazzi por complementar mis conocimientos, experiencias y darme la oportunidad de desarrollar este trabajo.

Finalmente, a demás familiares y amigos quienes están presentes de forma directa

O indirecta en la realización de mis proyectos.



DEDICATORIA

Dedico este y todos mis proyectos a mi madre y hermano, por brindarme todo su amor, energía y esfuerzo, mostrándome el camino hacia la superación.

A mis amigos y compañeros de carrera ya que con ellos se compartieron momentos, risas, viajes, peleas, trabajos y demás durante este proceso, les deseo lo mejor Cartógrafos.



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
4. JUSTIFICACION.....	12
5. OBJETIVOS	13
5.1 Objetivo General.....	13
5.2 Objetivos Específicos	13
6. METODOLOGÍA.....	14
6.1 Cartografía Piloto.	14
7. ESQUEMA METODOLOGICO	19
8. MARCO REFERENCIAL.....	20
8.1 Geomagnetismo	20
8.2 Campo magnético terrestre.....	21
8.3 Componentes del Campo Magnético.....	24
8.4 Observatorio Geomagnético de Fúquene	25
8.5 Cartas Magnéticas.....	26



9.	DISEÑO METODOLÓGICO	27
9.1	Descripción del Área de Estudio.	27
9.2	Infraestructura y Equipo.	28
9.3	Humanos.....	28
10.	RESULTADOS Y ANALISIS	29
11.	CONCLUSIONES	34
12.	BIBLIGRAFIA	35



TABLA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Proceso ArcGIS - Conversión Vectorial - Raster	15
Imagen 2. Distancia Euclidiana - ArcGIS	16
Imagen 3. Reclasificación - ArcGIS	17
Imagen 4. Calculadora Raster.....	18
Imagen 5. Campo Magnetico Externo <i>Fuente: Briceño, (2016).</i>	20
Imagen 6. Teoría Dinamo	21
Imagen 7. Ecuación Campo Total <i>Fuente: NIKOLA TELSA</i>	22
Imagen 8. Componentes del Campo Magnético <i>Fuente: Slide Player</i>	24
Imagen 11. Cartas Magnéticas.....	26
Imagen 12. Colombia	27
Imagen 13. Conversión de Formato Vectorial a Raster Línea Costera (Océanos).....	29
Imagen 14. Conversión de Formato Vectorial a Raster Red de Alta Tensión.....	30
Imagen 15. Distancia Euclidiana Volcanes	30
Imagen 16. Distancia Euclidiana Línea Costera.....	31
Imagen 17. Reclasificación Red de Alta Tensión.....	31



1. RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto enmarcado en la modalidad de pasantía, se presentan los métodos y técnicas que se implementaron para realizar la cartografía piloto que sirva de apoyo a la propuesta para la estructuración y establecimiento de las estaciones de repetición magnética del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) sobre el territorio colombiano.

La cartografía piloto a dicha propuesta se generó mediante el software ArcMap 10.5.1 de ArcGIS bajo la herramienta Algebra de mapas para el análisis geográfico, con esa cartografía se representa las zonas óptimas para la ubicación de las estaciones de repetición magnética de acuerdo a los diferentes parámetros impuestos.

Palabras Claves: Estacione de Repetición Magnética – Algebra de Mapas – Análisis Geográfico.



2. INTRODUCCIÓN

La Red Geomagnética Nacional del IGAC funcionó entre 1968 y 1997 con el objetivo de registrar las variaciones del campo magnético sobre el país, enfocado hacia las diversas aplicaciones que incluyen gestión del riesgo y el desarrollo sostenible. Por ello, es pertinente realizar actividades de apoyo para la generación de la cartografía piloto de acuerdo al estado actual del territorio colombiano y así estructurar la ubicación de las estaciones de repetición magnéticas que suministren las medidas del campo magnético terrestre a nivel nacional, ya que su comportamiento puede influenciar los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS), redes eléctricas y las telecomunicaciones.

En este proyecto se plantea la cartografía piloto para la ubicación de las estaciones de repetición magnética que se rige por el documento del IGAC realizado por la líder de geomagnetismo a partir de una serie de investigaciones, en cual explica las diferentes condiciones que deben cumplir una zona para determinarla óptima y así ubicar las estaciones; para generar esta cartografía se recolecta información de vías, cuerpo de agua, volcanes, perímetros urbanos, vías férreas y líneas de alta tensión a nivel nacional, a estas capas se le aplican diferentes geoprocesos como es convertir las capas de formato vectorial a raster, calcular las distancias euclidianas y clasificar los valores, por último se realiza la adición de las capas en la calculadora raster bajo la herramienta algebra de mapas que permite realizar este análisis geográficos.

Finalmente, a través del mapa obtenido se encuentran las zonas que cumplen con todos los parámetros y las zonas que solo cumplen algunos de las especificaciones dadas.



3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, desde los años 90 no se han elaborado las cartas magnéticas ni se tiene un registro del campo magnético influyente sobre el territorio, este registro no se tiene por qué las estaciones de repetición magnética no cumplen con determinados estándares establecidos para la captura de estos datos.

En este contexto, se apoya cartográficamente la propuesta para la reapertura de la Red Geomagnética Nacional, identificando las zonas óptimas que cumplan los determinados parámetros para la reubicación de las estaciones y así lograr registrar el comportamiento del campo magnético sobre el territorio colombiano con la captura de información geomagnética.



4. JUSTIFICACION

La Red Geomagnética Nacional no funciona desde 1997, por ende el IGAC está trabajando en su actualización. Para ello, está implementando estándares internacionales en pro de la actualización de los puntos magnéticos, en donde la cartografía juega un papel importante.

En el marco de este proyecto, se busca apoyar al IGAC según la cartografía requerida que sirva de apoyo a la propuesta para la actualización de la Red, proporcionando herramientas para la mejora del proceso de geomagnetismo en Colombia y apoyando las actividades del Observatorio Geomagnético de Fúquene, que tiene como fin la estructuración de la información geodésica nacional y que sea clave para promover la investigación en temas de navegación marítima, aérea, estudios geológicos, topografía, exploración de recursos naturales y mineros etc.



5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Reconocer las zonas óptimas para la ubicación de las estaciones de repetición magnética como apoyo a la propuesta para la actualización de la Red Geomagnética Nacional.

5.2 Objetivos Específicos

1. Implementar las especificaciones y parámetros establecidos por el IGAC para la ubicación de las zonas óptimas.
2. Realizar el análisis geográfico utilizando la herramienta Algebra de mapas – Calculadora Raster.
3. Identificar las zonas que cumple con todos los parámetro establecidos.



6. METODOLOGÍA.

A continuación se presenta la metodología planteada para el desarrollo de la pasantía, la cual se base en la realización de la *Cartografía Piloto* con base a la investigación realizada por el IGAC.

6.1 Cartografía Piloto.

La cartografía piloto se realizó como apoyo a la actualización de la Red Geomagnética Nacional. Esta se basó en el documento que fue suministrado por GIT de Geodesia, grupo de Geomagnetismo, el cual nombraba determinados parámetros para localizar las zonas aptas para la ubicación adecuada de las estaciones de repetición magnética.

La zonificación se realizó aplicando los siguientes parámetros:

- Lejanas a cuerpos de agua (5 km)
- Lejanas de océano (30 km)
- Lejanas a volcanes (30 km)
- Lejanas a perímetros urbanos (30)
- Evitar vías principales (5 km)
- Lejanas a vías férreas (30 km)
- Lejanas a líneas de alta tensión, radio y radar. (30 km)
- Lejanas de aeropuertos (15 km)

Los insumos para generar la cartografía piloto fueron: una geodatabase (GBD), del IGAC a escala 1:100.000 con cobertura nacional, y otra del Servicio Geológico de estas geodatabase se tomaron las capas necesarias para realizarles el respectivo procesos; de la cartografía base del Igac se utilizaron las capas de vías, cuerpos de agua, océanos, perímetros urbanos, vías férreas, líneas de alta tensión, aeropuertos y del servicio geológico la capa de volcanes.

De este modo, se utilizó la herramienta "*Algebra de Mapas*" en el software ArcGis, que nos permite acceder a un conjunto de herramientas, funciones y operadores para realizar análisis geográficos, obteniendo como resultado nuevas capas de datos en formato raster.



Existen tres maneras de utilizar el Álgebra de mapas:

- La herramienta Calculadora ráster
- La ventana de Python
- Su entorno de desarrollo integrado Python.

Este proceso se realizó mediante la herramienta “*Calculadora Raster*”.

Los pasos para operar las capas en la calculadora raster son los siguientes:

1. *Convertir las capas de formato vectorial a raster.*

Se toma cada una de las capas vectoriales y se convierten a raster teniendo en cuenta el tipo de geometría de cada capa vectorial (Punto, Línea o Polígono).

Ver: Imagen 1. Proceso ArcGIS - Conversión Vectorial - Raster

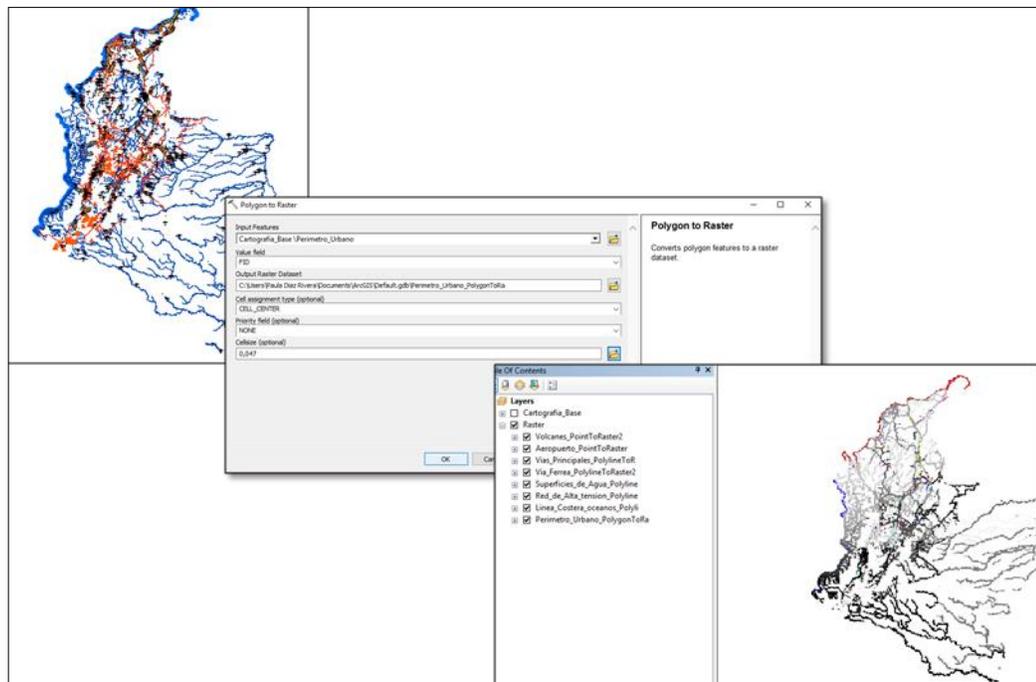


Imagen 1. Proceso ArcGIS - Conversión Vectorial - Raster



2. Distancia euclidiana.

La herramienta de “Distancia Euclidiana” calcula las distancias en línea recta alrededor de cada entidad, las distancias calculadas se clasifican en rangos representados en diferentes colores.

Ver: Imagen 2. Distancia Euclidiana - ArcGIS



Para cubrir toda la zona de estudio en el parámetro de “máximo distancia” (máxima distancia) se coloca un valor exagerado.

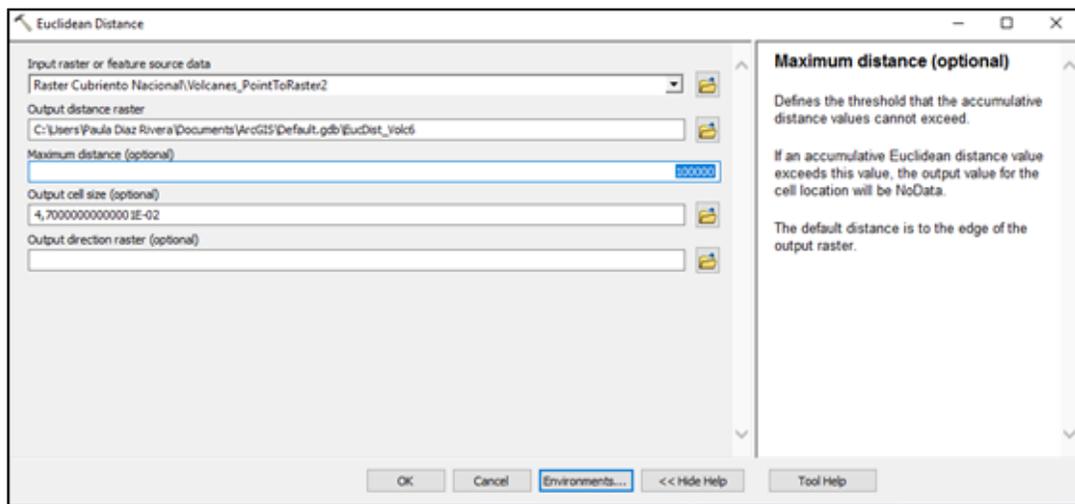


Imagen 2. Distancia Euclidiana - ArcGIS



3. Reclasificación.

Luego de tener las distancias euclidianas se procede a reclasificar, cambiar los valores de los píxeles por otros en un raster. Para este caso solo se clasificaran los valores en 2 categorías. Ver: *Imagen 3. Reclasificación - ArcGIS*



Para la reclasificación los valores obtenidos en la distancia euclidiana se da clic *Clasif*y se selecciona las columnas en las que se desea reclasificar los valores en este caso se clasifico en dos valores (1 y 2), el valor uno (1) a las zonas que sirven (cumplen con las parámetros anteriormente mencionados) y el valor de dos (2) los que no sirven (se encuentran dentro del área de influencia), esto clasificación se aplicó a todas las capas.

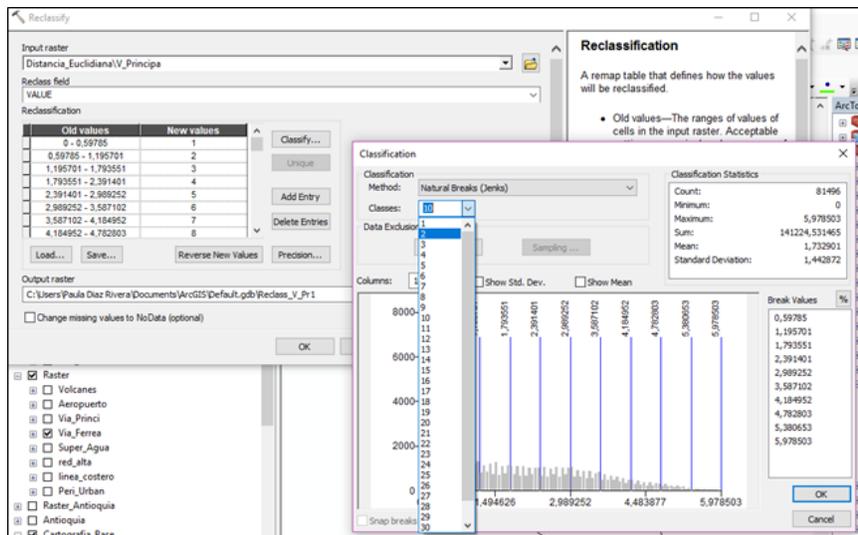


Imagen 3. Reclasificación - ArcGIS



4. Calculadora Raster

Por último se utiliza la *Calculadora Raster* que permite crear y ejecutar expresiones de Álgebra de mapas en una herramienta, con esta herramienta se hace la adición de todas las capas reclasificadas. Ver Imagen 4. *Calculadora Raster*

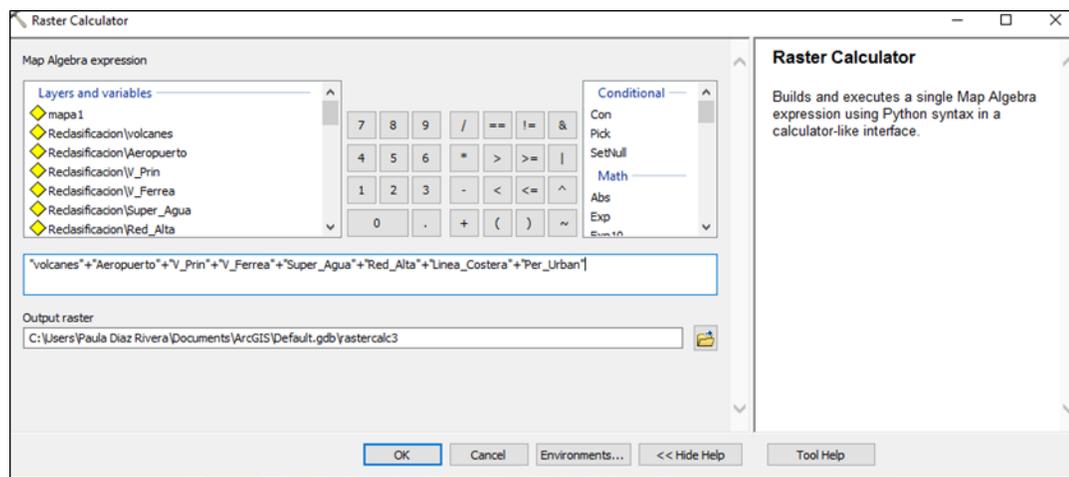
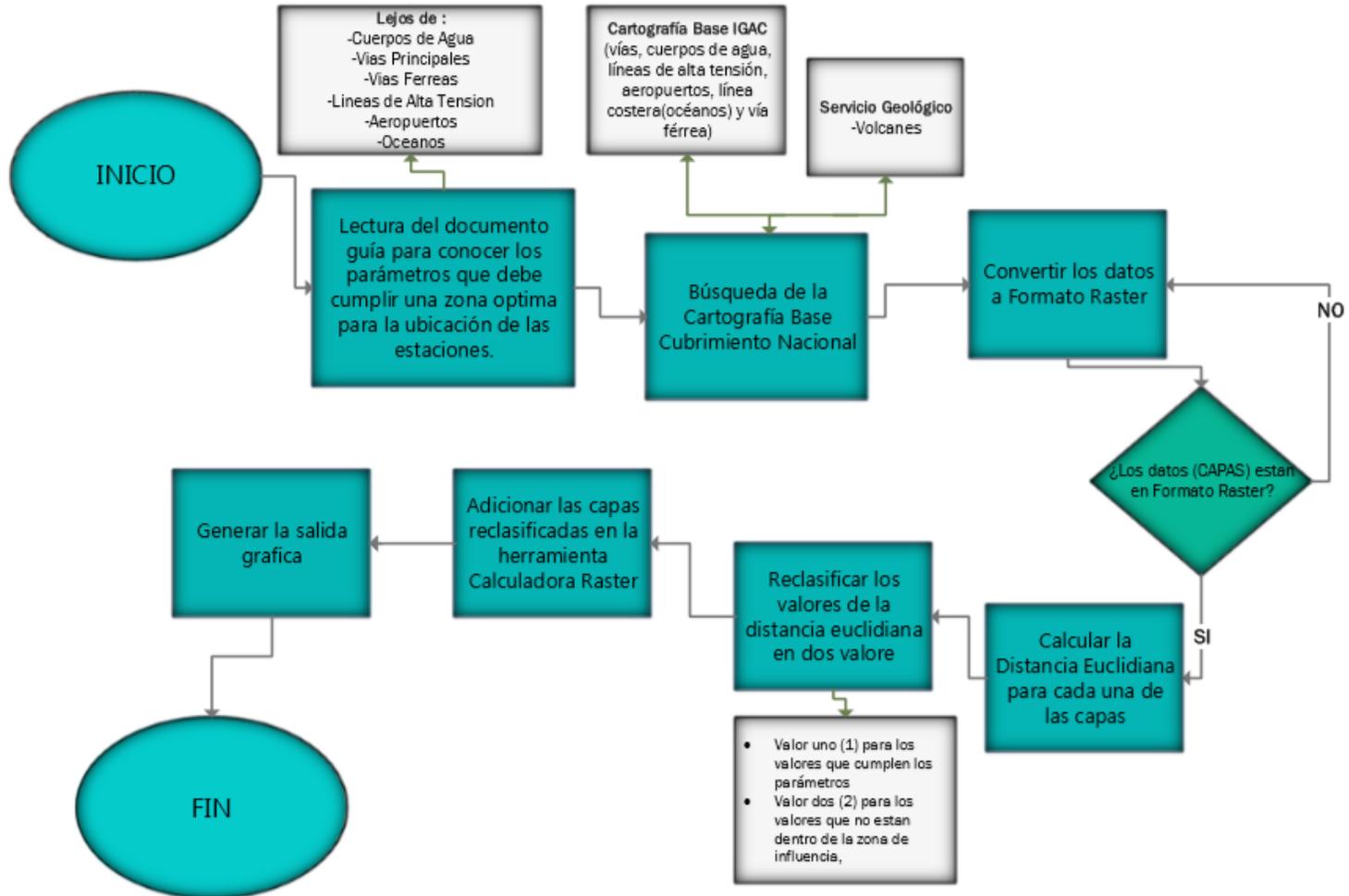


Imagen 4. Calculadora Raster



7. ESQUEMA METODOLOGICO



8. MARCO REFERENCIAL

8.1 Geomagnetismo

La tierra es un planeta dinámico en donde existe actividad interna y externa, y con esta procesos naturales como lo son procesos geofísicos que tienen por objetivo estudiar la tierra desde el punto de vista físico, el cual abarca todos los fenómenos relacionados con las condiciones y estructura de la tierra, estos procesos geofísicos se dividen en dos grandes ramas: Geofísica interna y externa; en la geofísica interna encontramos la sismología, geotermia, geodinámica, geotecnia etc. y en la geofísica externa esta la gravimetría, oceanografía, meteorología, aeronomía, climatología etc.

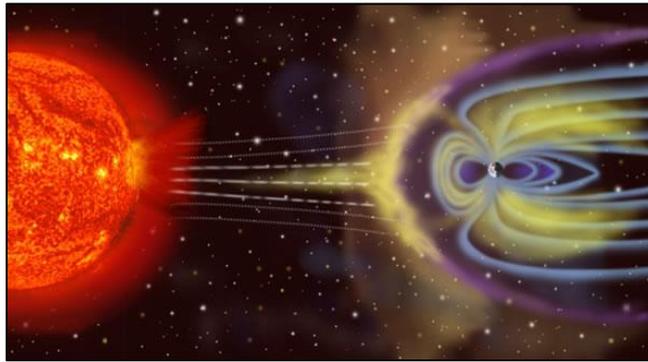


Imagen 5. Campo Magnetico Externo

Fuente: Briceño, (2016).

Euston. <https://www.euston96.com/geomagnetismo/>

El Geomagnetismo es definido por Casas Satiuste & Casas Delgado , como el estudio que nos proporciona conocimiento de las dimensiones, estructura y composición de la tierra, las propiedades físicas derivadas de los fenómenos que se observan en ella, así como de la constitución interna del planeta y el papel de éste en el “sistema solar” (2004); complementando lo anterior Rosales & Vidal, abordan el origen del campo magnético en el cual hay un origen interno y un campo de origen externo este último generado principal por la actividad solar (2013)

Ver Imagen 5. Campo Magnetico Extern.

8.2 Campo magnético terrestre

Desde hace varios siglos se ha investigado acerca del origen del campo magnético, una de las teorías es la del dinamo (Imagen 6. Teoría Dinamo) un comportamiento del campo de carácter eminentemente dipolar donde un fluido conductor de movimiento puede generar y mantener un campo magnético, siendo el sistema de rotación y la distribución desigual de calor la fuerza conductora del campo (Campbell, 2003).

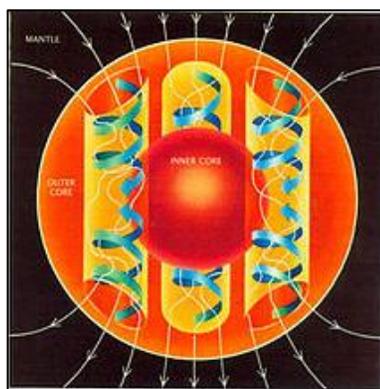


Imagen 6. Teoría Dinamo

Fuente: Wikipedia.

https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamo_theory

Así mismo, determinan que el campo magnético terrestre principal se genera en el núcleo interno (líquido) de la Tierra a través de un proceso de un dínamo auto inducido, y un origen externo generado por la actividad del sol (Buchanan, Maus, Lawon, & Shola, 2013), además el campo magnético terrestre es considerado como un campo puramente dipolar, posee dos polos magnéticos y un ecuador magnético, estos se encuentran separados aproximadamente 11,5 grados de los polos geográficos, en donde se presentan variaciones de un lugar a otro así lo expone (Medina Aguirre, 2012).



ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA NACIONAL

El campo observado en superficie es una suma de contribuciones de ambos orígenes:

Ver Imagen 7. Ecuación Campo Total.

Campo Principal, originado en el núcleo externo fluido a través del geodínamo (93% del campo observado, aproximadamente).

Campo Cortical, producido por las rocas magnetizadas de la corteza terrestre (2% del campo observado).

Campo Externo, generado por las corrientes eléctricas que circulan en la ionósfera y la magnetosfera como resultado de la interacción entre el viento solar y el campo geomagnético (4.97% del campo observado).

Campo Magnético Inducido, generado por las corrientes inducidas en la corteza y el manto por el campo externo variante en el tiempo (0.03% del campo observado).

$$\vec{F}_{CampoTotal} = \vec{F}_{CampoPrincipal} + \vec{F}_{CampoCortical} + \vec{F}_{CampoExterno} + \vec{F}_{CampoInducido}$$

Imagen 7. Ecuación Campo Total

Fuente: NIKOLA TELSA.

<https://sites.google.com/site/vidaehistoriadenikolatesla/unidad-de-medida-el-tesla>

Así como se menciona anteriormente el campo magnético presenta algunas variaciones entre ellas: la variación secular, variaciones periódicas, variaciones no periódicas (tormentas magnéticas) y pulsaciones magnéticas:

- **Variación Secular:** Se relaciona con los procesos del origen interno de CMT y son apreciables en periodos largos de tiempo, comparando los valores medios anuales.
- **Las Variaciones Periódicas:** Se originan en el campo externo y presenta periodos de doce horas, un día, seis meses, un año y veintidós días; se aprecian mejor en los días tranquilos es decir, en donde la perturbación de la actividad del sol es poca, dependen de la influencia continua del Sol y de la Luna.
- **La Variación no Periódicas o Tormentas Magnéticas:** También producidas por efectos externos con una duración de 24 horas, 48 horas y a veces se pueden pronunciar por unos pocos días y las pulsaciones magnéticas o variaciones a corto



ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA NACIONAL

plazo es decir de ultra baja frecuencia ósea cuando las frecuencias de pulsaciones son inferiores a las frecuencias naturales del plasma.

- ***Las Pulsaciones Magnéticas o Variaciones en un Periodo muy corto:*** Son de pequeña amplitud, se deben a otras perturbaciones de periodos menores a diez minutos y se relacionan con la actividad solar.

(Cardenas Contreras, 2014)

Agregando a esto se observan otras: variaciones anuales que son origen externo y consecuencia del giro de la tierra alrededor del sol, las variaciones diurnas son las que se experimenta durante las horas del día entre el amanecer y atardecer, variaciones lunares de origen externo producida como consecuencia del giro de la luna y esto trae como consecuencias mareas atmosféricas que modifican las corrientes ionosféricas responsables de la variación diaria.



8.3 Componentes del Campo Magnético

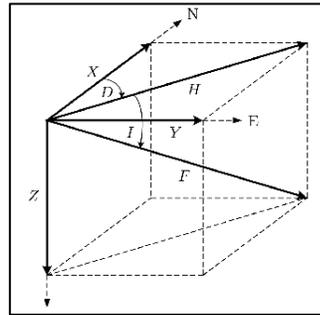


Imagen 8. Componentes del Campo Magnético

Fuente: Slide Player

<http://slideplayer.es/slide/10578306/>

Debido a que el campo magnético es una cantidad vectorial en donde cada punto del espacio tiene una fuerza y una dirección, por ser de carácter vectorial la inducción magnética B puede ser descompuesto en cinco componentes modulares y en dos angulares (Cifuentes Nava, 2009) los componente son: componente con dirección sur-este, X (proyección con dirección y sentido al norte geográfico), componente con dirección oeste-este, Y (proyección con dirección y sentido al este geográfico), Componente con dirección vertical (proyección con dirección y sentido al nadir), componente horizontal (es donde se encuentran los componentes X y Y), intensidad total, F (es el módulo de B), declinación, D (es la diferencia angular entre el norte geográfico con el norte magnético), inclinación (ángulo formado entre la componente H y B) (Cardenas Contreras, 2014).

Ver Imagen 8. Componentes del Campo Magnético.



8.4 Observatorio Geomagnético de Fúquene

En el Observatorio Geomagnético de Fúquene se monitorea permanentemente el campo magnético terrestre, se realizan allí medidas absolutas y relativas. Las medidas absolutas se hacen con magnetómetros DIFlux (*Imagen 9. Magnetograma Di-Flux*), realizándose mediciones periódicas de Declinación (D), inclinación (I) y cálculo de la intensidad horizontal (H) y vertical (Z) y con el magnetómetro de protones Geometrics 816 (*Imagen 10. Magnetograma de Precisión Protónica*) se realiza la medición del campo total (F); por otra parte, las mediciones relativas consisten en el registro permanente de las variaciones de las componentes horizontal (H), intensidad vertical (Z) y la declinación (D), esto se realiza con variómetros que hacen un registro grafico en papel fotográfico (Magnetograma).

(Instituto Geografico Agustin Codazzi, 2017)



Imagen 9. Magnetograma Di-Flux
Fuente: Grupo Interno de Trabajo Geodesia, (2017)



Imagen 10. Magnetograma de Precisión Protónica
Fuente: Grupo Interno de Trabajo Geodesia, (2017)

8.5 Cartas Magnéticas

Las cartas magnéticas es la representación gráfica de los componentes del campo magnético, normalmente se representan la componente horizontal (H), campo total (F), la declinación (D), componente vertical (Z) e inclinación (I).

Se pueden presentar cartas isógonicas que la cartografía donde se describen las declinaciones magnéticas, otras son las cartas isóclinas que son las cartas que demuestran la inclinación, también estas las cartas isodinámicas que nos describen la intensidad del campo magnético; las isodinámicas su valor disminuye desde la zona ecuatorial hasta los polos magnéticos.

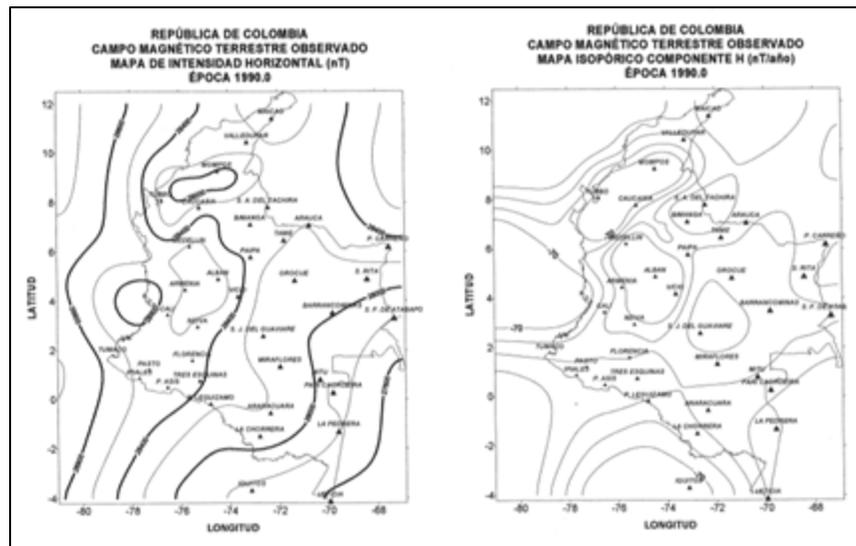


Imagen 9. Cartas Magnéticas

Fuente: Instituto Geografico Agustin Codazzi, (2017)



9. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1 Descripción del Área de Estudio.

La zona en la que se llevara a cabo el proyecto es en Colombia, país ubicado en el continente americano en la región noroccidental de América del Sur sobre la línea ecuatorial, sus puntos extremos por el norte a una latitud de $12^{\circ}26'46''$, al sur a una latitud de $4^{\circ}12'30''$, al oriente a una longitud de $60^{\circ}50'54''$ y al occidente una longitud de $79^{\circ}02'33''$, entre su territorio también se encuentra los Archipiélagos de San Andrés y Providencia, San Bernardo y del Rosario, las islas Fuerte, Barú y Tierrabomba, ubicadas en el Mar Caribe y para el océano Pacífico se encuentra la isla Mapelo, Gorgona y Gorrionilla.



Imagen 10. Colombia

Fuente: Teoría Constitucional

<http://teoriaconstitucionalgrupo4.blogspot.com/2012/10/limites-maritimos-y-terrestres-de.html>

Colombia limita al norte con el Mar Caribe, por el sur con Ecuador y Perú, al oeste con Panamá y el Océano Pacífico y al este con Venezuela y Brasil; Colombia cuenta con todos los pisos térmicos estos se clasifican en cálido, templado, frío, páramo y glacial o nieves perpetuas, lo que convierte al país en un destino que cuenta con una gran variedad de



paisajes, es un país tropical, se encuentra entre los trópicos de cáncer y el ecuador. (Encolombia, 2015)

9.2 Infraestructura y Equipo.

El proyecto de pasantía se llevó a cabo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en esta se recibió el apoyo, guía e insumos para lograr culminar el proyecto propuesto.

Por otro lado se encuentra la Universidad de Cundinamarca entidad a la cual se presenta el proyecto de pasantía como opción de grado para el programa de Tecnología en Cartografía.

Los equipos utilizados fueron un computador portátil con los programas adecuados para el procesamiento de los datos, como lo es el software ArcGis versión 10.5.1 y Microsoft Excel, también se brindó un espacio de trabajo con su respectivo escritorio y silla.

9.3 Humanos

En el proyecto se involucraron:

- * Autor del proyecto: la persona involucrada directamente con el desarrollo del proyecto.
- * Directo Interno: persona asignada por la Universidad de Cundinamarca.
- * Director Externo: Funcionario del Instituto (IGAC).
- * Cuerpo docente de la Universidad de Cundinamarca



10. RESULTADOS Y ANALISIS

De acuerdo al documento guía se logró aplicar los parámetros establecidos e implementarlos con la herramienta “*Calculadora Raster*” para el análisis geográfico de las zonas óptimas para la ubicación de las estaciones de repetición magnética.

Para la implementación de esta herramienta se realizaron en total tres (3) procesos antes de hacer la adición en la calculadora raster, estos procesos se hicieron para cada una de las ocho capas (una capa por cada parámetro: vías, cuerpos de agua, océano, volcanes, perímetros urbanos, vías principales, vías férreas, líneas de alta tensión, de aeropuertos) para un total de 24 procedimientos.

A continuación se presentan algunas de los procedimientos que se le realizaron a las capas:

1. Conversión de las ocho capas de formato vectorial a raster

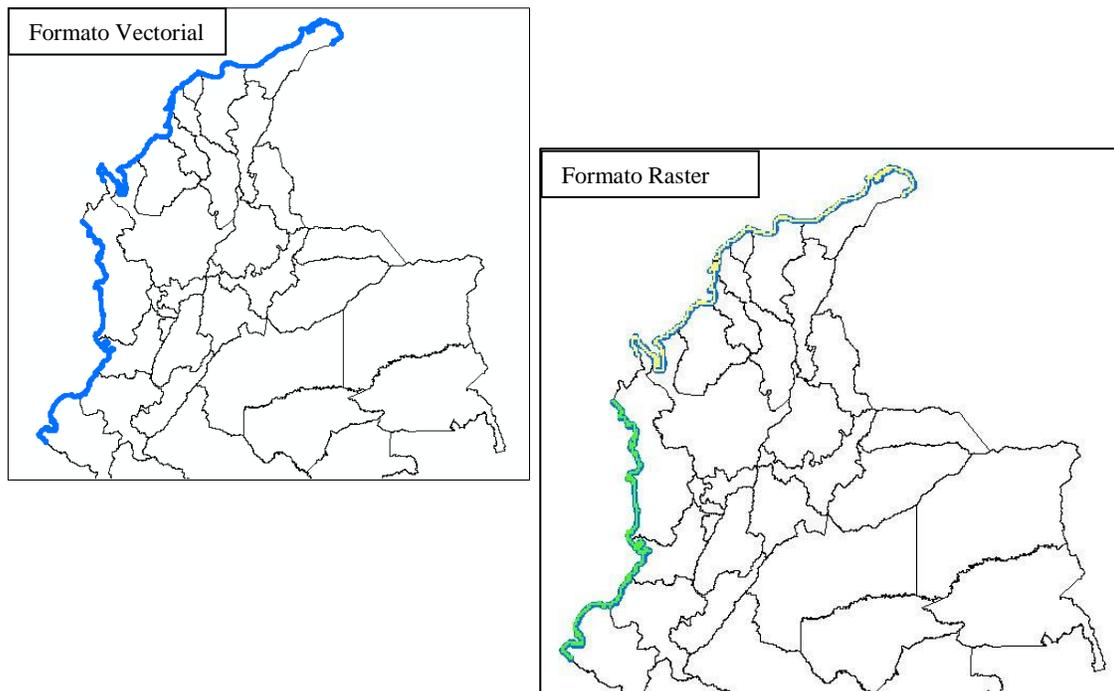


Imagen 11. Conversión de Formato Vectorial a Raster Línea Costera (Océanos)

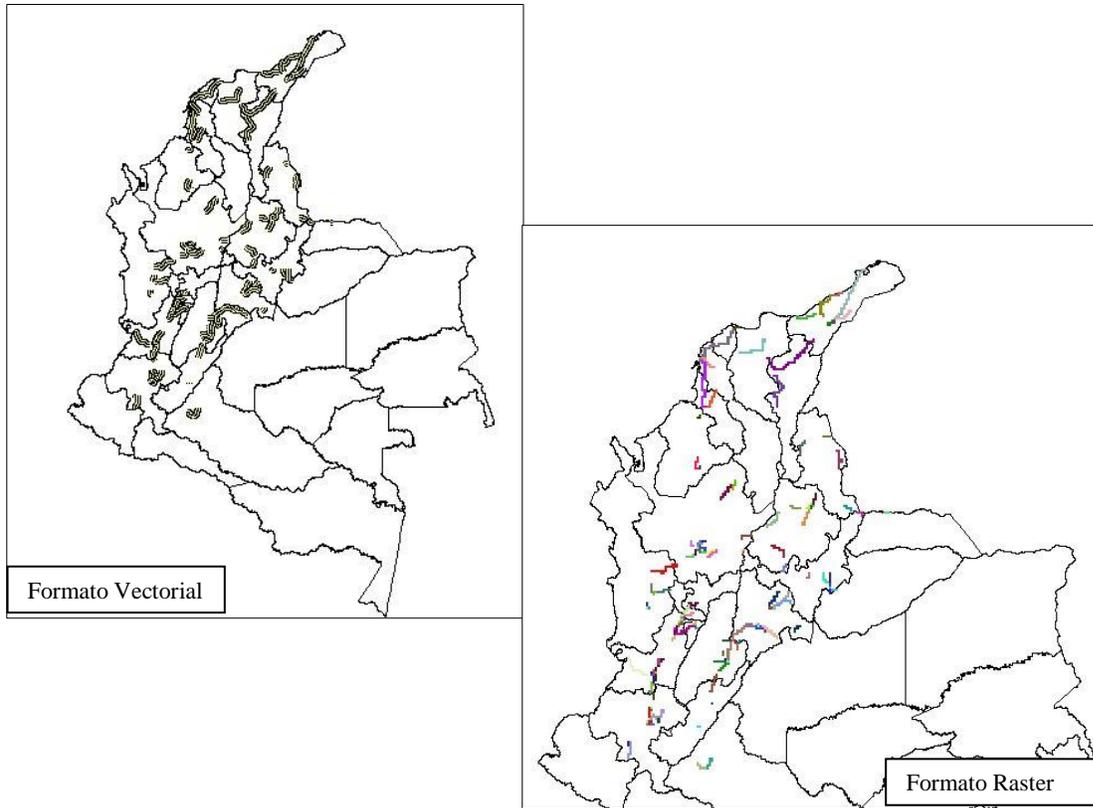


Imagen 12. Conversión de Formato Vectorial a Raster
Red de Alta Tensión

2. Calculo de las distancias euclidianas para cada una de las capas en formato raster con la respectiva tabla de distancias clasificadas por colores.

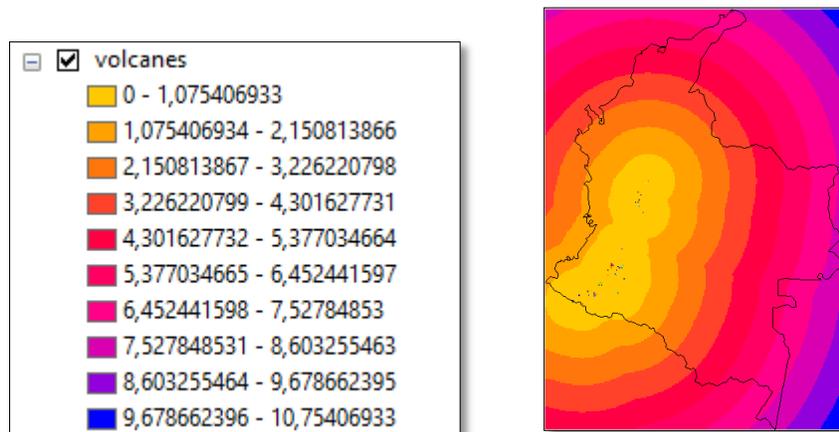


Imagen 13. Distancia Euclidiana Volcanes

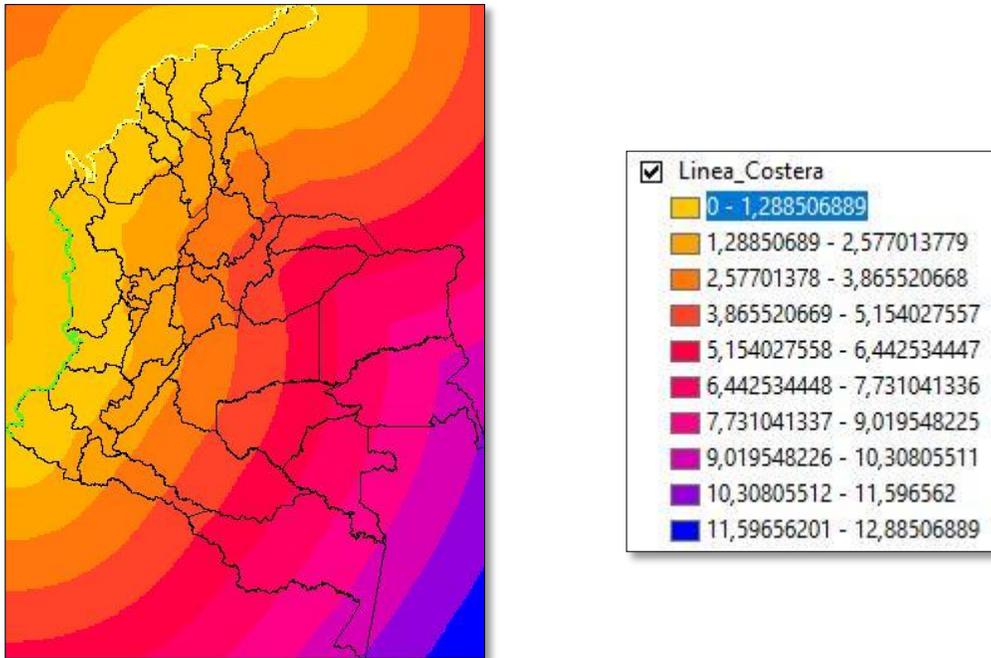


Imagen 14. Distancia Euclidiana Línea Costera

3. La reclasificación se hace luego de obtener las distancias euclidianas, como estas están calculadas y divididas en diferentes rangos lo que se realizó fue clasificarlas en 2 categorías.

El valor de “1” para las zonas que se encuentran fuera del rango (zonas aptas) y “2” para las zonas que están dentro del rango (zonas no aptas)

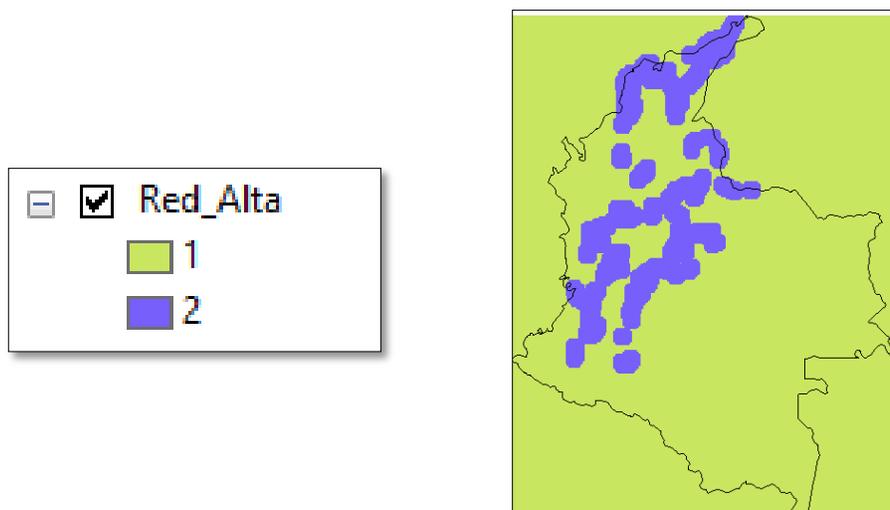


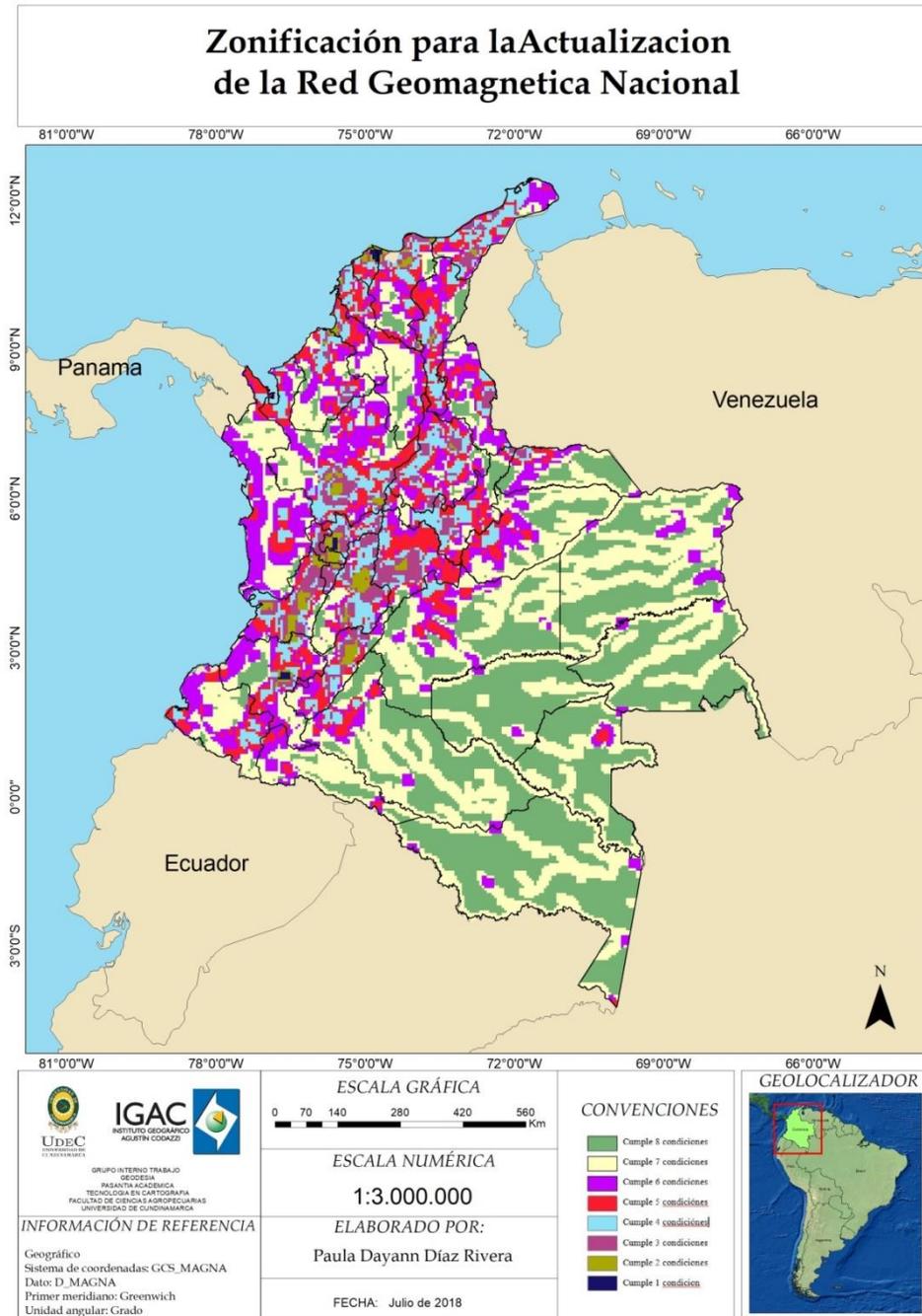
Imagen 15. Reclasificación Red de Alta Tensión



ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA NACIONAL

Para Finalizar se realiza la adición de las capas reclasificadas en la “Calculadora Raster” obteniendo como resultado el mapa que nos evidencias las zonas que cumplen con todos los parámetros y las que no.

- Cartografía Piloto de la Red Geomagnética Nacional.





ZONIFICACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA RED GEOMAGNÉTICA NACIONAL

Como se puede observar en la leyenda del mapa se observan 8 colores que corresponden a los 8 parámetros dados de acuerdo al documento guía.

-Color Verde: cumple con los 8 parámetros establecidos, lo que significa que están son las zonas idóneas de acuerdo las especificaciones dadas.

-Color rosado claro: cumple con 7 parámetros, lo que significa que son áreas que no cumplen con alguna de los parámetros dados, ya sea (cuerpos de agua – aeropuertos – océanos – vías – via férreas – red de alta tensión – perímetros urbano – volcanes).

-Color morado: estas son las áreas que solo cumplen con seis parámetros, lo que representan que dentro del territorio ahí sitios que solo 6 características de 8 requeridas.

-Color rojo: cumple 5 condiciones que pueden ser cualquiera de las 8 establecidas.

-Color azul claro: zonas dentro del territorio que solo cumple con 4 características.

-Color morada oscuro: áreas que cumplen con 3 condiciones.

-Color verde claro: zonas que solo cumplen 2 condiciones ya sea cuales quiera de las 8 dadas.

-Color azul oscuro: Cumple una sola condición lo que hace de esto las zonas que definitivamente no son aptas para la construcción de las estaciones de repetición magnética

De acuerdo con la salida grafica como se utilizaron 8 capas que fueron las que se procesaron, entonces el resultado nos mostrara como valor mínimo el numero 8 lo que quiere decir que las áreas que están definidas dentro del valor 8 serán las idóneas para la ubicación de las estaciones de repetición magnética, ya que son las que cumplen con todos los parámetros que se le establecieron.

	Cumple 8 condiciones
	Cumple 7 condiciones
	Cumple 6 condiciones
	Cumple 5 condiciones
	Cumple 4 condiciones
	Cumple 3 condiciones
	Cumple 2 condiciones
	Cumple 1 condición



11. CONCLUSIONES

El objetivo principal del proyecto fue conocer las zonas óptimas para la ubicación de las estaciones de repetición magnética como apoyo a la propuesta para la actualización de la Red Geomagnética Nacional, para esto se realizó lectura de un documento donde se hace mención a los parámetros y especificaciones que deben cumplir una red geomagnética, de estos se obtuvieron ocho (8) parámetros que hacen referencia en cuanto a especificaciones para que una zona sea apta de ubicar una estación.

De acuerdo a los parámetros adquiridos se realiza una serie de geoprocursos para implementar la herramienta Algebra de Mapas – Calculadora Raster, estos métodos se realizan capa por capa siguiendo el proceso de primero las capas deben estar en formato raster entonces se deben convertir en formato raster ya que la cartografía base está en formato vectorial, segundo se debe calcular la distancia euclidiana de cada raster obtenido anteriormente y tercero se reclasifican las distancias euclidianas en 2 valores, por lo que nos da como resultado al finalizar 8 capas por cada proceso, para un total de 24 capas. De estas capas solo se utilizarán las 8 capas finales que son las de la reclasificación.

Las capas de la reclasificación son adicionadas en la calculadora raster donde se obtuvo un mapa que visualiza las zonas que cumplen con las ocho especificaciones, estas zonas se encuentran en su gran mayoría a lado Sur – Este del territorio, ya que son las zonas que menos centros poblados tienen, no tienen líneas férreas, ni volcanes, no tienen red de alta tensión y no cuentan con zona costera por eso se presentan en su mayoría como zonas aptas para la ubicación de estaciones geomagnéticas en contraste con las demás las zonas Nor – Oeste del territorio que sí cuentan con la presencia de todos estos elementos geográficos.

Sin embargo, la herramienta de calculadora raster también nos clasifica las demás zonas como se puede observar en la leyenda de la Salida Gráfica, en esta leyenda se observa que se empieza a discriminar las zonas que cumplen solo 7, 6, 5, 4, 3, 2 y 1 de los parámetros establecidos para la ubicación de las estaciones de repetición magnética.

Finalmente, con el producto final se logra identificar las zonas óptimas y de este modo apoyar la propuesta de actualización de la Red Geomagnética Nacional y los estudios geodésicos en Colombia.



12. BIBLIGRAFIA

- Encolombia*.(2015). Obtenido de Situacion Geografica en Colombia:
<https://encolombia.com/educacion-cultura/geografia/situacion-geografica-colombiana/>
- Buchanan, A., Maus, S., Lawon, F., & Shola, O. (2013). Refereciamento Geomagnetico: La brijula en tiempo real para los perforadores direccionales. *Oilfield Review Otoño*, 16.
- Campbell, W. (2003). *Introduccion a los Campos Geomagneticos*. Nueva York: Cambridge University Pres.
- Cardenas Contreras, A. (2014). *Fundamentos Teoricos y su Aplicación en los Metodos de Pontecial Geomagnetico y Gravimetrico*. Bogota: Universidad Dirital Francisco Jose de Caldas.
- Casas Satiuste, B. J., & Casas Delgado , B. (2004). La nueva red de estaciones para el control geomagnetico en la isla de Tenerife. *TopCart*, 11.
- Cifuentes Nava, G. Monitoreo Geomagnetico del Volcan Popocatepetl. (*Tesis de Posgrado*). Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico D.F.
- Instituto Geografico Agustin Codazzi. (2017). *Instructivo Observaciones Magneticas*. Instituto Geografico Agustin Codazzi.
- Medina Aguirre, F. A. (2012). Antecedentes del Estudio del Campo Magnetico Terrestre en Colombia. *Redalyc*, 8.
- Rosales, D., & Vidal, E. (2013). Variaciones geomagnéticas diarias debido al efecto lunar: estudio basado en datos del observatorio geomagnético de Huancay. *Revista Geofisica*, 10.