



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO GEÓGRAFO Y DEL MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**SPACE DEBRIS: ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ESPACIAL Y
DISEÑO DE LA RED ECUATORIANA DE TELEOBSERVACIÓN, EN
APOYO AL SISTEMA GLOBAL DE EMERGENCIAS POR CAÍDA DE
OBJETOS DEL ESPACIO.**

AUTOR:

TORRES VELOZ, XIMENA ALEJANDRA

DIRECTOR:

TCRN. IGEO ING. ESTRELLA PAREDES, CARLOS MANUEL, MSc (AE)

SANGOLQUÍ

2019



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

i

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *“SPACE DEBRIS: ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ESPACIAL Y DISEÑO DE LA RED ECUATORIANA DE TELEOBSERVACIÓN, EN APOYO AL SISTEMA GLOBAL DE EMERGENCIAS POR CAÍDA DE OBJETOS DEL ESPACIO”* fue realizado por la señorita Torres Veloz, Ximena Alejandra, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 03 de julio de 2019

TCN. IGEO ESTRELLA
03 JUN 2019

Tcn. IGEO Ing. Carlos Manuel Estrella Paredes, MSc (ae)

C.C: 170827247-9



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Torres Veloz, Ximena Alejandra, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“SPACE DEBRIS: ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ESPACIAL Y DISEÑO DE LA RED ECUATORIANA DE TELEOBSERVACIÓN, EN APOYO AL SISTEMA GLOBAL DE EMERGENCIAS POR CAÍDA DE OBJETOS DEL ESPACIO”*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 03 de julio de 2019

Ximena Alejandra Torres Veloz

C.C.: 172715039-1



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORIZACIÓN

Yo, **Torres Veloz, Ximena Alejandra**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Space Debris: Estudio de la Contaminación Espacial y Diseño de la Red Ecuatoriana de Teleobservación, en apoyo al Sistema Global de Emergencias por Caída de Objetos del Espacio”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 03 de julio de 2019

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Ximena Alejandra Torres Veloz".

Ximena Alejandra Torres Veloz

C.C.: 172715039-1

DEDICATORIA

A Dios, por enseñarme lo bonito de la vida, por darme salud y la fuerza necesaria para seguir adelante.

A mi angelito en el cielo, papi Augustito, que con su amor y ejemplo siempre me motivó para que me siga preparando y sea una buena niña, le extraño muchísimo, pero aquí sigo.

A mi mamita Xime, que ha sido mi motor y mi fuerza de vida, una mujer hermosa y de gran corazón, que a pesar de todo lo que hemos pasado, nunca me ha dejado sola, ha luchado y ha sido mi mejor amiga siempre, te amo mi gordita.

A mi papito Alejo, mi compañero de juegos, que con su ejemplo y su manera de ser, me ha ayudado a construir el mejor camino a lo largo de mi vida y me ha enseñado lo bueno y malo, siempre confiando en mí, te amo mi gordito.

A mis hermanitos, Fercita y Eddy, mis chiquitos hermosos, que son mi locura, pero siempre me han alegrado el corazón, les amo muchísimo.

A mi familia, que ha estado acompañándome en cada logro de mi vida, gracias por darme tanto cariño y apoyo, los quiero.

A ti mi amor, José Miguel, que con solo saber que alguna vez llegaste a mi vida de la nada y lograste hacerme tan feliz, gracias de verdad por enseñarme mil cositas, te amo mucho.

Alejandra...

AGRADECIMIENTOS

Sin la ayuda de Dios nada hubiese sido posible. Mi mayor agradecimiento es a Él, por ser el guía de mi vida, por darme el aliento necesario para alcanzar una nueva meta, por sus bendiciones y por ser mi fuerza ante las adversidades a lo largo de mi camino.

Un especial agradecimiento a mis papitos y a mis hermanitos, porque sin ustedes a mi lado nada de esto hubiera sido posible, gracias por ser mi motor y mi fuerza de vida, gracias por estar juntos, por su amor, ejemplo, apoyo y fuerza que siempre me han dado.

A mi gordito, por tu confianza, paciencia y amor incondicional que siempre me has brindado, por ayudarme y estar pendiente de mí en cada momentito difícil.

A mi Director de Tesis, Tcrn. IGEO Ing. Carlos Estrella, MSc (ae), quien, con sus conocimientos, ideas y más que nada paciencia, ha logrado guiarme y alentarme desde el primer momento para culminar con éxitos esta etapa. Gracias infinitas por estar pendiente de mí en todo momento.

A mi profe y gran amigo, Ing. Alexander Robayo, por toda la ayuda, apoyo y motivación que me prestó a lo largo de la carrera, gracias por siempre estar pendiente de mí, muchos de mis logros se los debo también a usted.

A mis profes, Dr. Marco Luna, Dr. Alfonso Tierra, Dr. Oswaldo Padilla y Dr. Theofilos Toulkeridis, por la información proporcionada y la ayuda que me prestaron para resolver las diferentes dudas que surgieron en la elaboración de mi tesis.

A mis amiguitos que de una u otra forma siempre me han ayudado, me han acompañado, me han escuchado y me han llenado de alegría, gracias por estar conmigo.

Alejandra...

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	
ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3Justificación e Importancia	12
1.4 Descripción del Área de Estudio.....	17
1.5Objetivos	20
1.5.1 Objetivo General	20
1.5.2Objetivos Específicos	20
1.6 Metas.....	21
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	21
2.1 Contaminación Ambiental	22
2.2 Contaminación Espacial	23
2.2.1 Efectos de la Contaminación Espacial	24
2.3 Sistemas de Navegación.....	25

2.3.1 Segmento Espacial	26
2.3.2 Segmento de Control	26
2.3.3 Segmento de Usuarios	26
2.3.4 Segmento de Lanzamiento.....	26
2.4 Naves Espaciales	27
2.4.1 Arquitectura de las Naves Espaciales.....	28
2.4.2 Problemas substanciales que presentan las Naves Espaciales	29
a) Meteoritos.....	30
b) Basura Espacial / Space Debris.....	31
2.5 Teleobservación.....	34
2.5.1 Teleobservadores	35
2.6 Redes de Monitoreo	37
2.7 Redes Geodésicas.....	39
2.7.1 Clasificación de las Redes Geodésicas	41
2.8 Red ISON (International Scientific Optical Network)	41
2.8.1 Observatorio de Tarija.....	43
2.8.2 Observatorio de Cosala	43
2.8.3 Observatorio de Mayhill	44
2.9 Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre.....	45
2.9.1 Comité para la Utilización del Espacio Ultraterrestre(COPUOS).....	46
2.10 Sistema Global de Coordinación y Alerta ante Desastres (GDACS)	47
2.11 Proyecto SPACE TRACK	49
2.12 Base de Datos y Sistema que caracteriza objetos en el espacio DISCOS – ESA.....	49
2.13 Árbol de la Decisión	50
2.14 Álgebra de Mapas	51
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA.....	53
3.1 Modalidad de Investigación.....	54
3.2 Software de Trabajo.....	54
3.3 Recopilación de la Información	54

3.4 Procedimientos y Métodos.....	55
3.4.1 Proximidad a Núcleos Urbanos.....	60
3.4.2 Proximidad a cursos fluviales.....	62
3.4.3 Proximidad a bosques y selvas.....	63
3.4.4 Proximidad a volcanes y nevados.....	64
3.4.5 Movimientos en masa.....	65
3.4.6 Elevación del terreno.....	66
3.4.7 Pendiente del terreno.....	68
3.4.8 Proximidad a Vías.....	70
3.4.9 Proximidad a Sistemas de Extracción y Represas.....	72
3.4.10 Servicio de Energía Eléctrica.....	73
3.4.11 Redes de Cobertura.....	75
3.4.12 Nubosidad.....	77

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	79
4.1 Caracterización de las variables.....	79
4.2 Identificación de los Emplazamientos Óptimos.....	81

CAPÍTULO V

PROCEDIMIENTOS Y PROTOCOLO DE ACTIVACIÓN.....	91
--	-----------

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	98

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
--	-----------

ANEXOS.....	105
Mapa de proximidad a núcleos urbanos.....	106
Mapa de proximidad a cursos fluviales.....	107

Mapa de proximidad a bosques y selvas	108
Mapa de proximidad a volcanes y nevados.....	109
Mapa de movimientos en masa.....	110
Primer mapa de emplazamientos óptimos.....	111
Mapa de proximidad a vías (accesibilidad).....	112
Mapa de proximidad a sistemas de extracción y represas.....	113
Mapa de servicio de energía eléctrica (comunicación).....	114
Segundo mapa de emplazamientos óptimos	115
Mapa de densificación de las áreas de teleobservación.....	116
Mapa de cobertura entre la 1° y 2° zona óptima	117
Mapa de cobertura entre la 1° y 3° zona óptima	118
Mapa de cobertura entre la 2° y 3° zona óptima	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tiempo de vida de objetos en órbitas circulares</i>	5
Tabla 2. <i>Cantidad de Desechos Espaciales hasta Enero de 2019</i>	33
Tabla 3. <i>Tamaño de los Restos Espaciales hasta Enero de 2019</i>	33
Tabla 4. <i>Ubicación de los Emplazamientos Óptimos para la Implantación de la Red de Teleobservación</i>	84
Tabla 5. <i>Nubosidad Media medida en octas, de las Estaciones Meteorológicas ubicadas en las áreas obtenidas del Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos</i>	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Fragmentos de Basura Espacial generados a partir del lanzamiento del Sputnik en 1957</i>	2
Figura 2. <i>Evolución de la Basura Espacial desde 1957 hasta 2018</i>	2
Figura 3. <i>Órbitas terrestres</i>	4
Figura 4. <i>Impactos de meteoros certeros en poblaciones de Sudamérica</i>	6
Figura 5. <i>Cráter provocado por meteorito en Cheliábinsk</i>	7
Figura 6. <i>Zona de la región del Puno donde cayeron las esferas de metal.</i>	8
Figura 7. <i>Posibles zonas donde podría caer la estación china Tiangong-1.</i>	8
Figura 8. <i>Zona del Pacífico Sur donde cayó la estación china Tiangong-1.</i>	9
Figura 9. <i>Desintegración de Asteroide en Puerto Rico</i>	10
Figura 10. <i>Ubicación del Impacto del Meteorito en el Parque Nacional Cajas.</i>	10
Figura 11. <i>Reseña del meteorito Miguir-Cajas</i>	11
Figura 12. <i>Ubicación de la Zona de Impacto del Meteorito en Daule.</i>	11
Figura 13. <i>Número de objetos rastreados por la NASA</i>	14
Figura 14. <i>Ciclo Solar 23 y 24: Predicción del número de manchas solares (máximos)</i>	15
Figura 15. <i>Contaminación Espacial en el Sistema Extraplanetario.</i>	19
Figura 16. <i>Localización geográfica del Área de Estudio.</i>	20
Figura 17. <i>Contaminación en agua, aire y suelo</i>	23
Figura 18. <i>Contaminación espacial</i>	24

Figura 19. Constitución de un sistema de navegación por satélite	27
Figura 20. Tipos de Naves Espaciales.....	27
Figura 21. Componentes típicos de una nave espacial.....	28
Figura 22. Clasificación de los Satélites	29
Figura 23. Meteoritos	31
Figura 24. Basura espacial / Space Debris	32
Figura 25. Evolución de la basura espacial y Dimensiones de los desechos	33
Figura 26. Partes principales de un telescopio reflector	36
Figura 27. Partes principales de un radiotelescopio.....	37
Figura 28. Red Ecuatoriana de Monitoreo Continuo (Satélite de Navegación en Tierra)	38
Figura 29. Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador	39
Figura 30. Red Nacional GPS del Ecuador	40
Figura 31. Observatorios de la Red ISON.	42
Figura 32. Telescopios TAL-250K y ORI-25	43
Figura 33. Telescopio CHV-400	44
Figura 34. Telescopio SANTEL-400A	44
Figura 35. Árbol de decisión para la generación de modelos espaciales	51
Figura 36. Álgebra de Mapas	52
Figura 37. Contaminación Lumínica en el Ecuador.....	60
Figura 38. Mapa de Centroides de Núcleos Urbanos donde hay presencia de Contaminación..... lumínica	61
Figura 39. Mapa de Proximidad a Núcleos Urbanos (Presencia de Contaminación Lumínica) ...	61
Figura 40. Mapa de Proximidad a Cursos Fluviales	62
Figura 41. Mapa de Proximidad a Bosques y Selvas	63
Figura 42. Mapa de Proximidad a Volcanes y Nevados	64
Figura 43. Mapa de Movimientos en Masa.....	65
Figura 44. Catálogo de Cartas Topográficas 1:50.000.....	66
Figura 45. Mapa con Cartas Topográficas que cumplen con especificaciones según la..... Elevación del Terreno	67
Figura 46. Pendiente referencial de un terreno plano	68

Figura 47. Mapa con Cartas Topográficas que cumplen con especificaciones según la.....	
Pendiente del Terreno.....	69
Figura 48. Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos / Mapa_1	70
Figura 49. Mapa de Proximidad a Vías (Accesibilidad)	71
Figura 50. Mapa de Proximidad a Sistemas de Extracción y Represas (Seguridad)	72
Figura51. Ancho de las franjas de servidumbre.....	73
Figura 52. Mapa de Servicio de Luz Eléctrica (Comunicación)	74
Figura 53. Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos / Mapa_2.....	74
Figura 54. Mapa de Cobertura - CNT Móvil	75
Figura 55. Mapa de Cobertura - CLARO Móvil.....	76
Figura 56. Mapa de Cobertura – MOVISTAR Móvil.....	76
Figura 57. Nubosidad expresada en octas de cielo	77
Figura 58. Escala para cifrar la cantidad de nubes en el firmamento	78
Figura 59. Modelo del proceso para la selección de datos y caracterización de variables	80
Figura 60. Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos	82
Figura 61. Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos	83
Figura 62. Mapa de Emplazamientos Óptimos para la Red Ecuatoriana de Teleobservación	86
Figura 63. Mapa de cobertura entre la 1° y 2° zona óptima.....	87
Figura 64. Mapa de Cobertura entre la 1° y 3° zona óptima.....	88
Figura 65. Mapa de Cobertura entre la 2° y 3° zona óptima.....	89
Figura 66. Estructura Global del Sistema C4E	92
Figura 67. Diagrama de Procesos de Implementación de la Red de Teleobservación	93
Figura 68. Reporte Estandarizado propuesto	95

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AEE: Almanaque Electrónico Ecuatoriano

C4E: Sistema de Comando y Control para Emergencias

CNES: Centro Nacional de Estudios Espaciales

CONIDA: Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial

COPUOS: Comité para la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

EEl: Estación Espacial Internacional

ESA: Agencia Espacial Europea

GDACS: Sistema Mundial de Alerta y Coordinación de Desastres

GEO: Órbita Geoestacionaria

IADC: Comité Internacional de Coordinación de Desechos Espaciales

IGM: Instituto Geográfico Militar

LEO: Órbita Terrestre Baja

MEO: Órbita Terrestre Media

NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio

NGS: Servicio Geodésico Nacional de Estados Unidos

ONU: Organización de las Naciones Unidas

RED ISON: Red Internacional de Óptica Científica

SNGRE: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias

UNOOSA: Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre

URSS: Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

RESUMEN

El presente estudio tiene la finalidad de analizar la afectación de la Basura Espacial (Space Debris) en el Ecuador Continental, es decir la manera como los meteoritos y los desechos procedentes de satélites y vehículos espaciales, provocarían daños y consecuencias inalterables en el país al momento de su caída a la atmósfera terrestre. El objetivo del proyecto de investigación se basa en diseñar una metodología para implementar una Red de Teleobservación en el Ecuador Continental, mediante modelos digitales de superficie o cotas, para establecer las áreas óptimas de ubicación de teleobservadores, como herramienta de apoyo al proceso de toma de decisiones al Sistema Global de Emergencias por Caída de Objetos del Espacio. Para el diseño de la metodología se analizó la información de diversas fuentes y bases de datos, seleccionando las variables que se adapten de mejor manera a la realidad del país, identificando así los criterios necesarios para el diseño, enlace y construcción de observatorios astronómicos. Posterior al análisis geoespacial se logró determinar que tres áreas cumplen con las mejores condiciones geográficas, tomando en cuenta que para la selección de los emplazamientos óptimos, es necesario considerar la Accesibilidad, Seguridad y Comunicación necesarias con las que debe contar una red de teleobservación.

PALABRAS CLAVE:

- **BASURA ESPACIAL**
- **METEORITOS**
- **RED DE TELEOBSERVACIÓN**
- **OBSERVATORIOS ASTRONÓMICOS**
- **EMPLAZAMIENTOS ÓPTIMOS**

ABSTRACT

The present study has the purpose of analyzing the affectation of the Space Debris in the Continental Ecuador, that is to say the way as the meteorites and the waste coming from satellites and space vehicles, would cause damages and unalterable consequences in the country at the moment of its fall into the Earth's atmosphere. The objective of the research project is based on designing a methodology to implement a Remote Sensing Network in Continental Ecuador, using digital surface models or dimensions, to establish the optimal areas of remote sensing location, as a tool to support the decision making process to the Global Emergencies System due to the Fall of Space Objects. For the design of the methodology, the information from different sources and databases was analyzed, selecting the variables that best fit the reality of the country, thus identifying the necessary criteria for the design, link and construction of astronomical observatories. After the geospatial analysis it was possible to determine that three areas meet the best geographical conditions, taking into account that for the selection of the optimal sites, it is necessary to consider the necessary Accessibility, Security and Communication with which a remote sensing network should have.

KEY WORDS:

- **SPACE DEBRIS**
- **METEORITES**
- **REMOTE SENSING NETWORK**
- **ASTRONOMICAL OBSERVATORIES**
- **OPTIMAL LOCATIONS**

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Antecedentes

El interés del ser humano en conocer el medio en el que se desarrolla, lo ha llevado a lograr un gran avance científico y tecnológico a nivel mundial. Sin embargo, para satisfacer las necesidades de una sobrepoblación y el uso desmesurado de los recursos naturales ha provocado grandes cambios en el planeta, contaminando no solo el espacio terrestre, sino también el espacio ultraterrestre. Así nace el problema de la Contaminación Espacial, como consecuencia de la conquista del espacio.

Es así que, a partir del lanzamiento del primer satélite soviético llamado Sputnik el 04 de octubre de 1957 con ayuda del cohete R7 (Durán, 2007), se han venido presentando una serie de avances científicos y evoluciones tecnológicas que han favorecido al desarrollo de la humanidad, sin embargo como todo progreso ha traído consigo desventajas, ya que una parte del cohete enviado al espacio generaría por primera vez, más de tres fragmentos de basura espacial (Figura 1), desde ese entonces todos los satélites que son puestos en órbita conforme cumplen su tiempo de vida útil, van siendo desechados y abandonados, siendo ésta la principal causa del aumento de la basura en el espacio (Bolívar, 2010). Desde esa década se han realizado más de 7.000 lanzamientos, poniendo en órbita una cantidad inimaginable de objetos, de los cuales, solo una pequeña parte constituyen naves y satélites operativos encontrados alrededor de la órbita terrestre, los mismos que se encuentran viajando a velocidades orbitales que pueden alcanzar hasta los 28.000 km/h (Sánchez, 2018)(National Aeronautics and Space Administration, 2001).



Figura 1. Fragmentos de Basura Espacial generados a partir del lanzamiento del Sputnik en 1957
Fuente: (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018)

Entonces se sabe que la falta de interés por esta problemática ha generado que el inconveniente de la basura espacial sea cada vez más preocupante. Según la Agencia Espacial Europea - ESA se calcula que existen alrededor de 8 toneladas de basura espacial (Figura 2), estimando la existencia de 750.000 fragmentos de 1 a 10cm, mientras que si se habla de fragmentos pequeños de tamaños menores a 1cm la cifra asciende a 166 millones y en cuanto a objetos de mayor tamaño superando los 10cm se estima aproximadamente unos 30.000 fragmentos (Pressreader, 2019).



Figura 2. Evolución de la Basura Espacial desde 1957 hasta 2018
Fuente: (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018)

1.2 Planteamiento del Problema

El mayor inconveniente con el exceso de basura en el espacio ha sido provocado por parte de las grandes potencias mundiales, que por el afán de conquistar el espacio y captar mayor cantidad de información han enviado vehículos espaciales, de lanzamiento y todo tipo de satélites, sin considerar el efecto que éstos ocasionan al dejar de ser útiles, convirtiéndose en objetos desechables y provocando accidentes, daños operacionales, daños atmosféricos, fragmentación de objetos, residuos dañinos, efluentes de combustibles, eventos anómalos, además de explosiones y colisiones, interfiriendo de esta manera en misiones espaciales, congestionando el tráfico espacial y afectando a la población terrestre debido a la precipitación de estos materiales (Sánchez, 2018).

Para abordar dicha problemática es necesario comprender que los objetos puestos en órbita tienen una energía cinética enorme, por lo que un objeto de tamaño considerable, podría provocar daños importantes en la tierra, debido a que no existe el blindaje necesario para resistir dichos impactos. Además, los meteoritos también son considerados como basura espacial, ya que son fragmentos de asteroides o cometas que se encuentran girando alrededor del sol a velocidades de 70.000 km/h, transitando en regiones cercanas a la Tierra, los mismos que pueden quemarse en la atmósfera o caer directamente al planeta (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018).

La basura espacial no se encuentra distribuida uniformemente en el planeta, sino que se acumula en las tres órbitas principales (Figura 3): LEO (órbita baja que comprende la zona situada entre 200 y 2000 km de altitud, donde han tenido lugar la mayor parte de misiones espaciales tripuladas, en ésta se encuentra la Estación Espacial Internacional (EEI) y los satélites

de observación), MEO (órbita circular media que comprende la zona situada entre 1000 y 14000 km de altitud, donde se encuentran los satélites de observación, defensa, posicionamiento y navegación global) y GEO (órbita geoestacionaria que comprende la zona situada a 35.786 km de altitud, donde se albergan la gran parte de satélites meteorológicos y de telecomunicaciones). Las principales concentraciones de desechos espaciales se encuentran en GEO y LEO (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018).

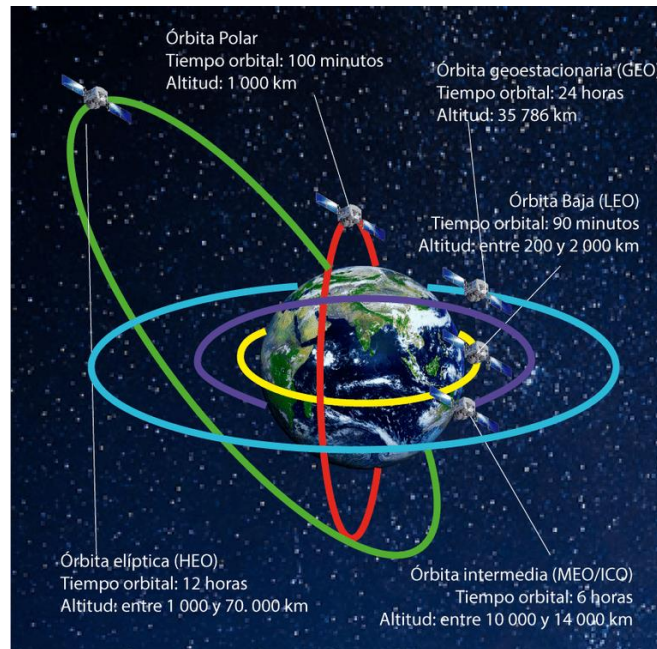


Figura 3. Órbitas terrestres

Fuente: (About Español, www.aboutespanol.com)

Debido a la gravedad terrestre y la cercanía al planeta, los desechos espaciales se mantienen en órbita, sin embargo con el tiempo, el deterioro orbital provoca que los objetos terminen reentrando a la atmósfera después de cientos de años (Hernando, 2018), es decir la posición de un objeto en el espacio es indefinido. Entonces, si un satélite se encuentra a mayor altura, su rozamiento con las capas altas de la atmósfera será menor, por lo tanto el tiempo que el

satélite tarda en perder altura y caer a causa de la fricción, será mucho mayor (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018). El tiempo que tarda en caer un objeto a la tierra, depende de la altitud de órbita (Tabla 1).

Tabla 1.

Tiempo de vida de objetos en órbitas circulares

Altitud de órbita (km)	200	600	1000	2000
Tiempo de vida	1 - 4 días	25 - 30 años	2000 años	20000 años

Fuente: (Negrete, 2016)

Según Kessler, a medida que la basura espacial se vaya acumulando en las órbitas terrestres, se alcanzará un punto de inflexión donde la densidad de los desechos se elevará cada vez más, provocando colisiones continuamente (ElBibliote, 2019).

La NASA y la ESA han registrado una media de caída de 1 pieza diaria, es decir entre 50 y 100 toneladas anuales de desechos, por lo general en el mar o en zonas poco pobladas como por ejemplo en la Tundra Canadiense, el Desierto Australiano, Siberia u Océanos. Sin embargo, han existido objetos masivos de gran tamaño que han reentrado a la superficie terrestre de forma incontrolada (McDowell, 2018). Se estima que aproximadamente 30.000 desechos de más de 10cm, los mismos que sobreviven de cualquier manera al reingresar a la atmósfera, probablemente en fragmentos más pequeños (NASA, Space Junk: Tracking & Removing Orbital Debris, 2013).

Los meteoritos son cuerpos celestes que casi siempre logran desintegrarse en la atmósfera, pero no se queman en su totalidad y llegan pequeños fragmentos a la superficie terrestre, provocando daños importantes al momento de su impacto (Zheleznov, 2013). Un ejemplo se

tiene en América del Sur, donde se han registrado 31 cráteres y material de impactos en varios países. Además, se han encontrado evidencias de impactos de objetos extraterrestres en Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia, Colombia, Chile, Paraguay, Uruguay, Venezuela y Las Guayanas (Figura 4) (Acevedo, Rocca, Ponce, & Stinco, 2015).

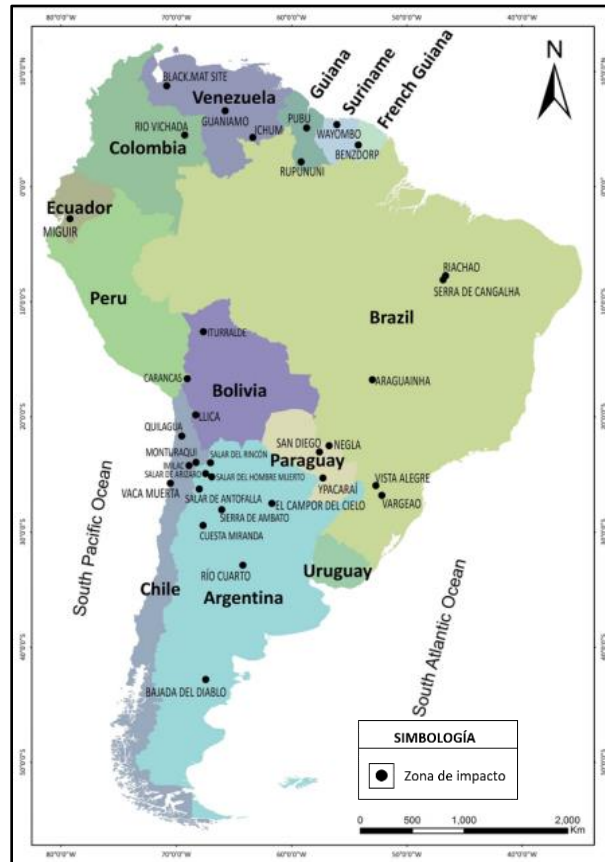


Figura 4. Impactos de meteoros certeros en poblaciones de Sudamérica

Fuente: (Acevedo, Rocca, Ponce, & Stinco, 2015)

Uno de los acontecimientos con víctimas, sucedió el 15 de febrero del 2013. Se registró la caída de un meteorito en la región rusa de Cheliábinsk (Figura 5) (Toulkeridis & Richard, 2017), a una velocidad de 30km/s según la Agencia Nacional Espacial, que liberó una energía 30 veces superior a la de la bomba nuclear en Hiroshima, donde los fragmentos del cuerpo celeste

causaron daños en seis ciudades de los alrededores, dejando más de mil heridos y daños materiales, acompañado de fuertes explosiones (Sputnik, 2013).

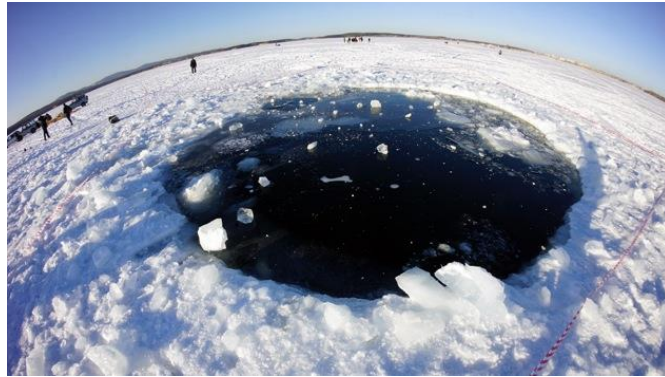


Figura 5. Cráter provocado por meteorito en Cheliábinsk
Fuente: ((Toulkeridis & Richard, 2017)

Entre los últimos eventos de caída de objetos del espacio, se tiene como registro la caída de cuatro esferas en el Perú, el 27 de enero del 2018, que serían de origen Ruso o Ucraniano según la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA). Los tres objetos más grandes tendrían un peso de 40kg y un diámetro de 2m, mientras que la esfera más pequeña tendría un peso de 16.7kg y 1.2m de diámetro, las mismas que cayeron en una zona rural a más de 1300km al sur de Lima, en la comunidad de Larancahuani, provincia de Azángaro, en la región de Puno (Figura 6) (Agencia EFE, 2018).



Figura 6. Zona de la región del Puno donde cayeron las esferas de metal.
Fuente: (Google Earth, 2018)

Otro acontecimiento reciente fue el reingreso de la Estación China Tiangong-1 de aproximadamente 10.5m de largo, 3.4m de diámetro y con un peso de 8.5 toneladas, con una reentrada controlada por la Agencia Espacial China. Debido a la actividad solar, forma y posición del vehículo espacial, no se pudo saber en qué día o en qué lugar caería a la tierra para lo cual la ESA diseñó un mapa de las zonas en las que podría caer, en función de la densidad de la población y probabilidad de caída (Figura 7) (Marín, 2018).

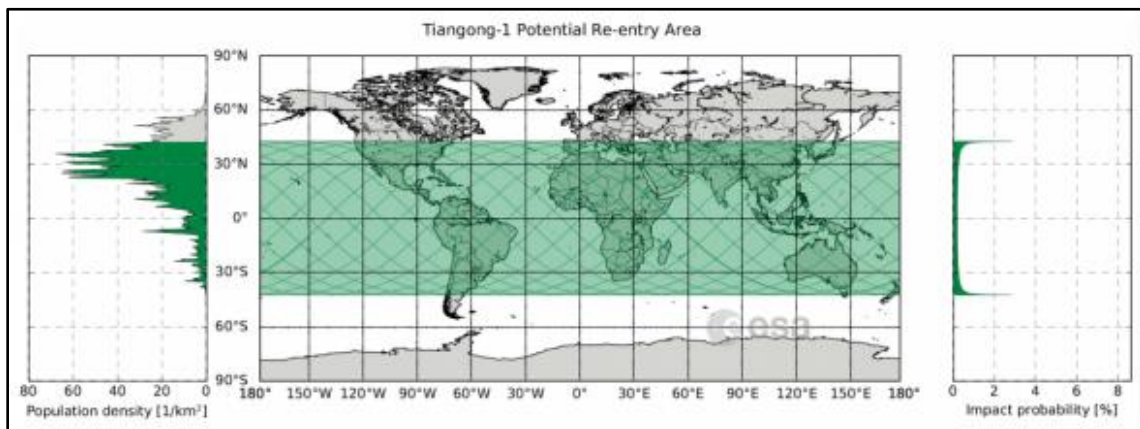


Figura 7. Posibles zonas donde podría caer la estación china Tiangong-1.
Fuente: (Marín, 2018)

El Gobierno Chino confirmó a las Naciones Unidas, que su estación dejaría de funcionar en el 2016, perdiendo el control sobre el módulo, lo cual impediría que se reactivaran sus motores, y a su vez, precipitó su caída, es así como la estación reingresó a la atmósfera terrestre el 01 de abril del 2018 y cayó en una zona del Océano Pacífico a unas 2500 millas al sur de Hawai (Figura 8) (CNN en Español, 2018)(BBC Mundo, 2018).

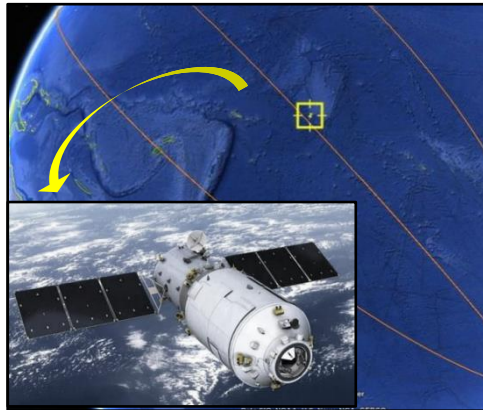


Figura 8. Zona del Pacífico Sur donde cayó la estación china Tiangong-1.
Fuente: (Google Earth, 2018)

Entre los eventos más recientes de caída de objetos del espacio, se encuentra un registro de la caída de un asteroide a 380km al Sur de Puerto Rico, el 22 de junio de 2019, con un tamaño aproximado de un automóvil. El mismo se encontraba arrastrando una fuerza entre 3 y 5 kilotones de energía, es decir, una fuerza similar a la bomba atómica lanzada a Hiroshima en 1945 (El Comercio, 2019).

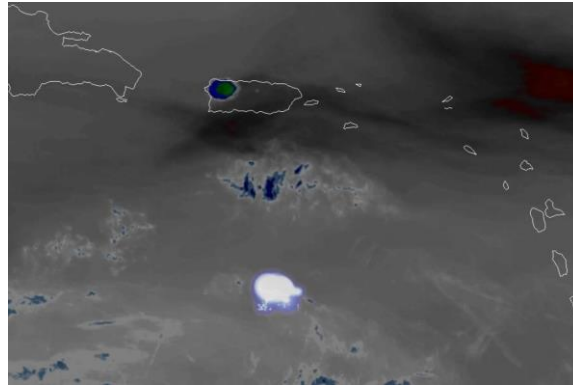


Figura 9. Desintegración de Asteroide en Puerto Rico
Fuente: (Periódico Metro, 2019)

Los sucesos descritos solo son algunos de los ocurridos durante los años 2018 y 2019, considerando que no de todos se tienen registros. Es así que se tiene un informe de la caída del meteorito Miguir-Cajas, el 09 de diciembre de 1995, cerca de la comunidad de Miguir en la provincia de Azuay dentro del Parque Nacional Cajas (Figura 10). El impacto se describió en 1999, cuando realmente fue en 1995 (Figura 11)(Toulkeridis & Richard, 2017).

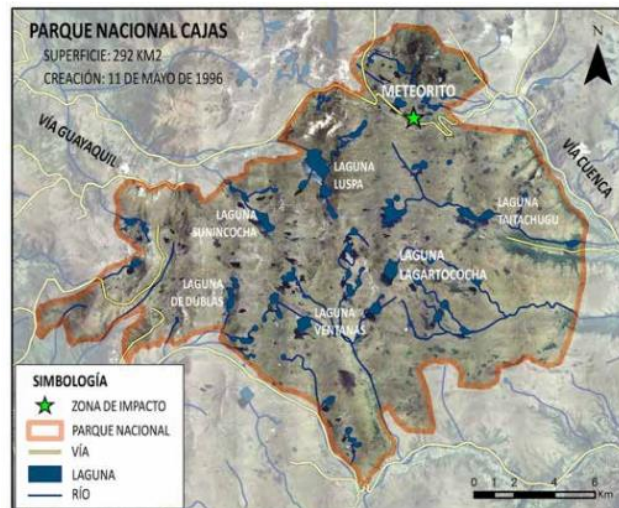


Figura 10. Ubicación del Impacto del Meteorito en el Parque Nacional Cajas.
Fuente: (Toulkeridis & Richard, 2017)



Figura 11. Reseña del meteorito Miguir-Cajas
Fuente: (Diario HOY, 16 de Agosto del 2000)

Otro registro de un meteorito en el Ecuador es el que se registró en Daule (Figura 12), el 23 de marzo del 2008. Se tratan de cuatro fragmentos de hasta 20 centímetros de diámetro de unos seis kilos aproximadamente, que desafortunadamente no fueron hallados (Toulkeridis & Richard, 2017).



Figura 12. Ubicación de la Zona de Impacto del Meteorito en Daule.

Fuente: (Toulkeridis & Richard, 2017)

Al analizar los acontecimientos de caída de objetos alrededor del mundo y la afectación que estos han provocado, se plantea el presente proyecto de investigación, mismo que se basará en un estudio de Contaminación Espacial y el diseño de una Red de Teleobservación en el Ecuador Continental, como herramienta de apoyo en el proceso de toma decisiones del Sistema Global de Emergencias por Caída de Objetos del Espacio, es decir el Sistema Global de Coordinación y Alerta ante Desastres (GDACS), que se trata de un sistema encargado de consolidar y fortalecer la red de proveedores y usuarios que contengan información sobre desastres ocurridos en todo el mundo.

1.3 Justificación e Importancia

Con la finalidad de mejorar el monitoreo de la contaminación espacial para garantizar el acceso seguro, sustentable y sostenible del uso del espacio ultraterrestre, se debe realizar una mitigación de los desechos espaciales y su correspondiente alerta-respuesta temprana al sistema Tierra en aras de prevenir accidentes o catástrofes causadas por la inminente caída de objetos (meteoritos, naves o partes de naves espaciales) (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018).

En vista de la grave contaminación espacial, se ha creado una asociación de agencias internacionales: El Comité Interinstitucional de Coordinación de Desechos Espaciales (IADC), que agrupa trece agencias miembros, entre las cuales se encuentra la Agencia Espacial Europea (ESA), la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA), el Centro Nacional

de Estudios Espaciales (CNES), entre otras Agencias Espaciales que se encargan de monitorear diariamente miles de desechos que giran alrededor de la tierra, manteniendo un control en la detección de desechos espaciales, evitando explosiones, enviando menos objetos al espacio e intentando una reentrada controlada de los satélites a la atmósfera, sin embargo el control y monitoreo que se realiza no es suficiente para cubrir toda la superficie ultraterrestre(Tuozzi, 2018).

La importancia que se genera al realizar dicho estudio se basa en la teoría propuesta por el científico de la NASA Donald Kessler en 1978, donde dice que si la basura espacial continúa creciendo al mismo ritmo que crece actualmente (Figura 13) llegará a un punto en el que la densidad se elevará cada vez más, provocando colisiones continuamente. Estos choques generarían más fragmentos y por lo tanto el riesgo de nuevas colisiones será todavía más elevado, es decir que la contaminación espacial crecerá de forma exponencial aunque dejáramos de producirla.

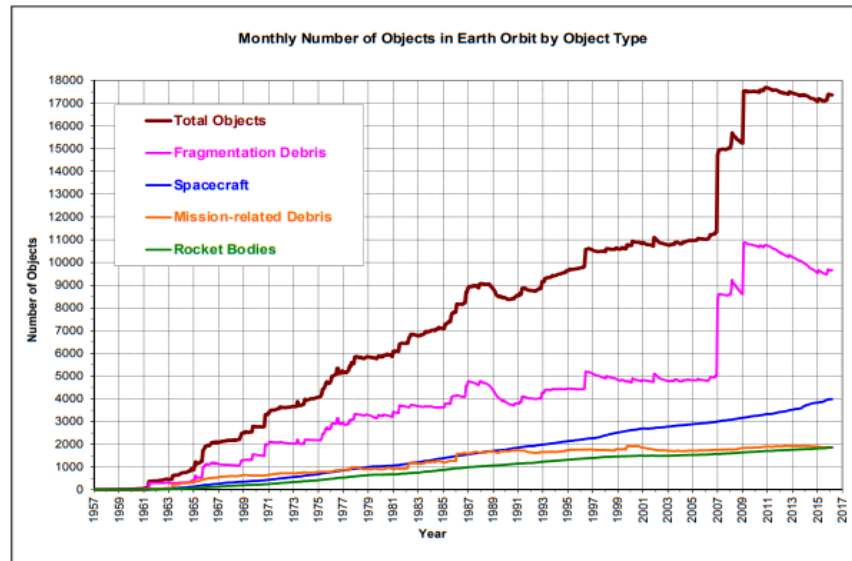


Figura 13. Número de objetos rastreados por la NASA.
Fuente: (Orbital Debris Program NASA)

Normalmente la atmósfera superior del planeta eleva su temperatura debido a un máximo solar, donde la radiación ultravioleta del sol genera un aumento en la fricción (resistencia aerodinámica) de los satélites de la órbita baja, disminuyendo su tiempo de vida útil y acelerando la descomposición natural de la basura espacial, creando un arrastre necesario para alejarla de la tierra. Al contrario de lo que pasa cuando existe un mínimo solar, donde la fricción de los satélites disminuye, ampliando su tiempo de vida útil y retrasando la descomposición de la basura espacial, disminuyendo el arrastre para alejarla de la tierra. De esta manera se entiende que la

resistencia aerodinámica se convierte en un mecanismo natural de limpieza de los desechos espaciales (NASA, Solar Minimum is Coming, 2017)(Negrete, 2016).

Es así como se explican los Ciclos Solares (Figura 14) que se encargan de regular todo tipo de actividad solar y meteorología espacial, los cuales presentan una periodicidad de 11 años aproximadamente (ciclos magnéticos internos propios del sol), es así que en cada uno de estos ciclos, el sol pasa por un mínimo y un máximo de actividad(López M. , 1959).

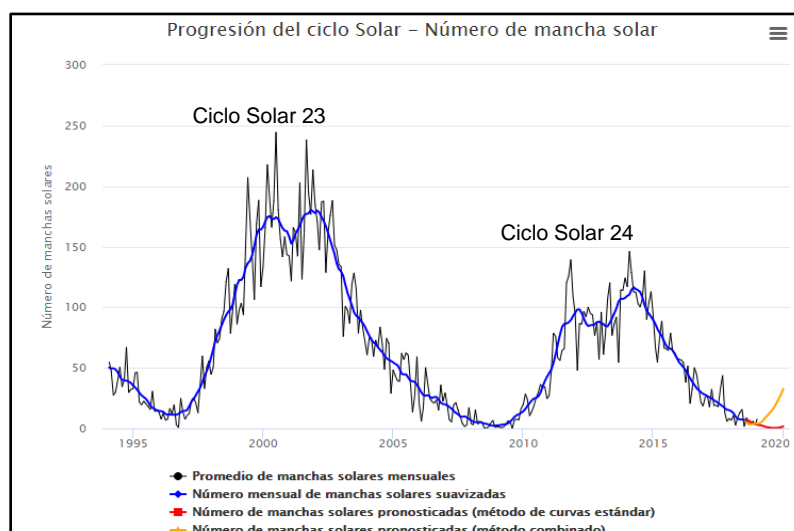


Figura 14. Ciclo Solar 23 y 24: Predicción del número de manchas solares (máximos).

Fuente: (Space Weather Live)

De esta manera se puede determinar que un mínimo solar representaría un grave riesgo, no solo por la pérdida de fricción y el aumento de movimiento de los satélites y naves espaciales, sino también por retardar el mecanismo natural de limpieza de los desechos espaciales.

En la Figura 14, se manifiestan los mínimos solares de los ciclos 23 y 24, en los años de 1995 y 2008, respectivamente, donde se registró la caída de meteoritos en el país, con lo cual se

puede presentar la probabilidad de caída de objetos del espacio en el territorio ecuatoriano. La posibilidad de precipitación de objetos en este nuevo mínimo solar (2019 hasta 2020 aproximadamente), es mucho mayor que hace 11 años, por lo que en Ecuador y en varios países alrededor del mundo, deberían estar preparados para la caída de objetos en este intervalo de tiempo. La tendencia de caída de objetos incrementa durante los años de mínimos solares, sin embargo, no se descarta la posibilidad de precipitación de fragmentos fuera de dichos rangos. Por lo que se ha planteado el diseño de una red de Teleobservación que sirva como apoyo al sistema global de emergencias por caída de objetos del espacio, la cual serviría de base para una remediación que garantice la exploración futura del espacio y por lo tanto un mejoramiento en la vida humana, permitiendo obtener información de los desechos que reingresarían en un corto plazo y logrando una capacidad de cobertura nacional, contribuyendo con datos adicionales a las agencias espaciales internacionales y ofreciendo servicios de observación con cobertura inmediata a otros países.

La importancia que se genera al realizar este proyecto, es el monitoreo continuo de posibles objetos espaciales (naturales o artificiales) que podrían caer en el Ecuador, evitando de esta manera catástrofes y pérdidas humanas. Al no contar con una estación espacial que se encargue del monitoreo de la caída de objetos, resulta de vital importancia este estudio, para que la población esté preparada ante este tipo de eventos, y así impedir daños y pérdidas a futuro.

Por tal razón, el presente estudio, permitiría el desarrollo económico, social, ambiental, espacial e investigativo del país, aportando en diferentes áreas del conocimiento de los Estudios Geoespaciales.

1.4 Descripción del Área de Estudio

El presente proyecto de investigación se llevará a cabo, partiendo del sistema extraplanetario a la superficie del Ecuador Continental, en donde se generará el presente estudio utilizando como línea fuerza, las herramientas geoespaciales.

El universo, las estrellas, las galaxias y nuestro sistema solar son temas por los cuales el ser humano ha manifestado un gran interés, con el afán de conocer el medio en el que se desarrolla, para intentar entender el significado de su verdadero origen, llevándolo de esta manera a expandir sus horizontes, trascendiendo fronteras y logrando un avance tecnológico impensable.

La galaxia en la que nos encontramos se denomina Vía Láctea, que está constituida por miles de millones de estrellas, formando una enorme espiral que gira alrededor de su núcleo central. Una de las más grandes estrellas que constituyen nuestra galaxia es el Sol, astro que nos proporciona luz y que se encuentra en uno de los brazos de la galaxia. Ésta posee una serie de cuerpos de tamaño muy variado, los llamados planetas y planetoides, formando de esta manera el Sistema Solar, que se encuentra constituido por un conjunto de astros opacos, atraídos por su fuerza de gravedad, que siguen órbitas elípticas que se mueven alrededor de uno de cuyos focos, el Sol, como lo explica la primera Ley de Kepler (De Bernardini, Leyes de Kepler, 2010). Consta de ocho planetas: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno; tres planetas menores: Ceres, Plutón y UB313; satélites, naves espaciales y un sin número de

asteroides, meteoritos y cometas que se encuentran recorriendo caminos casi circulares llamados órbitas, girando unos dentro de otros. A todo este componente natural se agrega un problema fundamental, la inclusión de objetos desarrollados por el hombre, que partiendo del lanzamiento del Sputnik en 1957, generaron la hoy llamada Basura Espacial (Space Debris).

El tercer planeta, denominado Tierra, en donde vivimos, sufre de varios tipos de contaminación interna. La existencia del hombre ha sido notable al pasar los años, desde hace milenios los seres humanos se han encargado de alterar la naturaleza del planeta para satisfacer sus necesidades, generando un vertido inimaginable de residuos, sustancias y desechos que se han esparcido por todo el planeta, contaminando la atmósfera, el suelo, el agua y el aire, afectando de esta manera a todo el sistema Tierra.

Al hablar de contaminación externa, nos encontramos con la contaminación espacial, que envuelve al planeta y consta de partículas naturales (meteoritos y asteroides) o artificiales (vehículos espaciales, restos de satélites, etapas de vehículos de lanzamiento abandonados, escombros de misiones y fragmentación de objetos), siendo parte de nuestra área de influencia, la contaminación ultraterrestre (Figura 15).



Figura 15. Contaminación Espacial en el Sistema Extraplanetario.

Al contextualizar los desechos espaciales a nivel global mediante la categorización de objetos, se diseñará una metodología para implementar una red de teleobservación que permita identificar lo que podría pasar en el Ecuador Continental.

El Ecuador Continental se encuentra ubicado en la zona noroccidental del Continente Sudamericano, entre los paralelos $01^{\circ} 30' N$ - $03^{\circ} 23,5' S$ y los meridianos $75^{\circ} 12' W$ y $81^{\circ} 00' W$ (Figura 16). La extensión del territorio es de $262\ 826\ km^2$ (INOCAR, 2012). Se encuentra atravesado por la Cordillera de los Andes, dividiéndolo en tres regiones naturales: Costa, Sierra y Oriente. Dichas zonas presentan variaciones en las alturas con respecto al nivel del mar, lo que permite diferenciar y posicionar algunas áreas con una visibilidad directa.

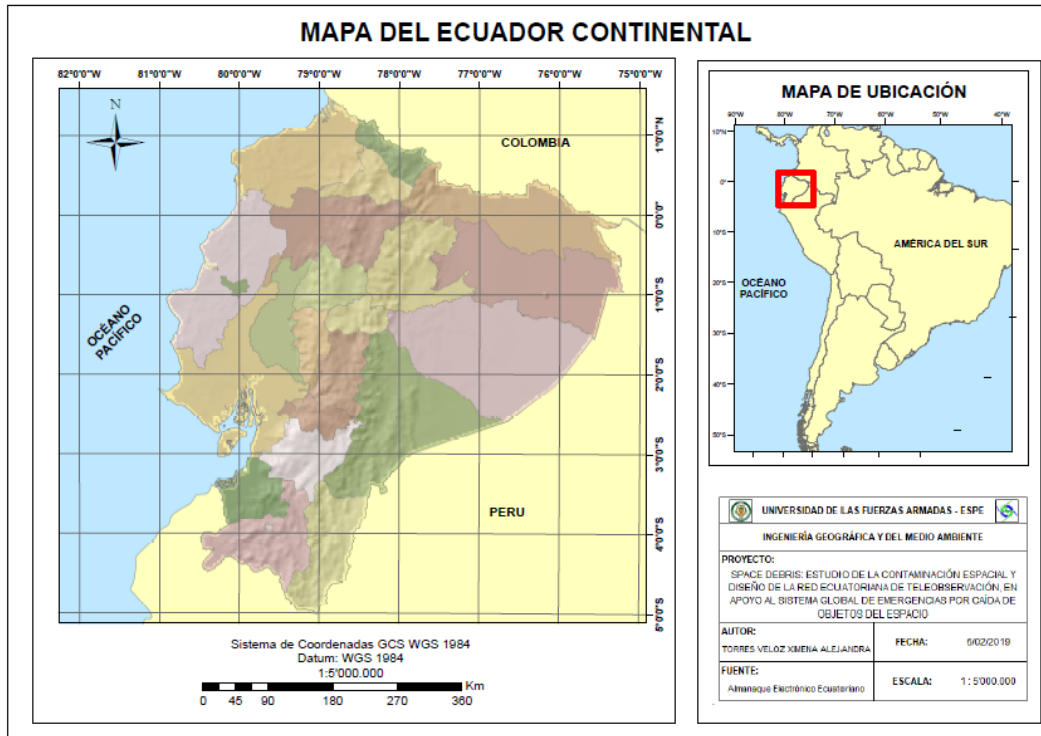


Figura 16. Localización geográfica del Área de Estudio.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar una metodología para implementar una Red de Teleobservación en el Ecuador Continental, mediante modelos digitales de superficie o cotas, para establecer los puntos de control de los teleobservadores, como herramienta de apoyo al proceso de toma de decisiones del Sistema Global de Emergencias por Caída de Objetos del Espacio.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la Contaminación Espacial para la identificación de los desechos espaciales de acuerdo a la categorización de objetos en función de los datos que existen alrededor del mundo.

- Realizar el diseño de la Red Ecuatoriana de Teleobservación mediante un mapa de áreas de densificación para unificarla al Sistema Global de Emergencias.

1.6 Metas

- Caracterización Espacial de la Contaminación y Tablas de los posibles Objetos Espaciales que estarían propensos a caer en el Ecuador Continental.
- Metodología para la implementación de la Red de Teleobservación.
- Mapa de la Densificación de las Áreas de Teleobservación de la Red.
- Procedimientos y Protocolo de Activación de la Red de Teleobservación.
- Diagrama de Procesos de Implementación de la Red de Teleobservación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

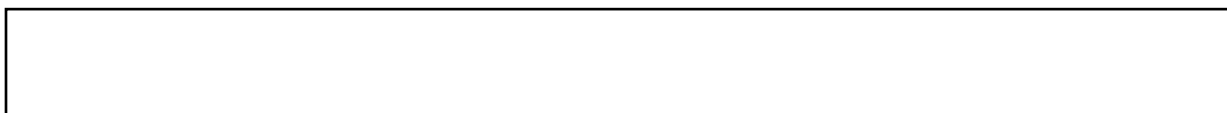
El marco teórico que se propone en este capítulo, permite conocer e identificar las bases principales y fundamentos necesarios para el entendimiento y desarrollo de este proyecto. El mismo que se encuentra estructurado en once secciones: nociones con respecto a la contaminación ambiental, conceptos ligados a la contaminación espacial, generalidades con respecto a las naves espaciales, definiciones de la teleobservación, conceptos básicos de redes de monitoreo, conceptos ligados a las redes geodésicas, descripción de la red base para el proyecto, tratados y principios para uso del espacio ultraterrestre, nociones generales del Sistema global de emergencias, criterios para establecer métodos y procedimientos para determinar las áreas más óptimas de la red de teleobservación y metodología que se implementará en esta investigación.

2.1 Contaminación Ambiental

El universo, las estrellas, las galaxias y nuestro sistema solar son temas por los cuales el ser humano ha manifestado un gran interés, con el afán de conocer el medio en el que se desarrolla, llevándolo de esta manera a expandir sus horizontes, trascendiendo fronteras y logrando un avance tecnológico impensable. Desde hace milenios los seres humanos se han encargado de alterar la naturaleza del planeta para satisfacer sus necesidades, generando un vertido inimaginable de residuos, sustancias y desechos que se han esparcido por todo el planeta, contaminando el suelo, el agua, el aire y el espacio, afectando de esta manera a la corteza terrestre y a sus órbitas altas y bajas.

Así nace el problema de la Contaminación, que se entiende como la presencia de sustancias en concentraciones elevadas, que producen alteraciones en el aire, agua, suelo o espacio, las mismas que provocan variaciones y modificaciones en las condiciones del planeta (Encinas, 2011). La contaminación ha existido en el mundo desde que los seres humanos se han organizado en sociedades y han llevado a cabo actividades económicas, políticas, tecnológicas y científicas, que han ido variando enormemente con el paso del tiempo. Es así como la vida del hombre en el planeta Tierra se ve afectada rápidamente por la degradación ambiental causada por él mismo, provocando una alteración de los ecosistemas y el agotamiento de los recursos naturales (Speth, 1988).

Todo tipo de contaminación que afecta al medio ambiente puede ser de origen natural o por actividad antrópica, las cuales son factibles de poder minimizarlas hasta remediar el daño que



ocasionan. De esta manera, es importante conocer las causas que producen la contaminación de los distintos medios (Orellana, 2005).



Figura 17. Contaminación en agua, aire y suelo
Fuente: (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018)

2.2 Contaminación Espacial

El ser humano, con el fin de lograr avances científicos y tecnológicos se ha encargado de dar un uso excesivo a los recursos naturales, con el fin de satisfacer las necesidades de una sobrepoblación, generando así, grandes cambios en el planeta Tierra, contaminando no solo el espacio terrestre, sino también el espacio ultraterrestre. Así nace el problema de la Contaminación Espacial, como consecuencia de la conquista del espacio. Los países primermundistas del Continente Europeo, Asiático y Norteamericano se han encargado de sacar provecho de la órbita ultraterrestre. Durante la guerra fría en el año 1945, la Unión Soviética y Estados Unidos buscaban la manera de conquistar el espacio, intentado descubrir las armas más poderosas de ese siglo. La necesidad por buscar otras maneras de comunicación entre puntos lejanos fue una de las principales motivaciones para impulsar tecnologías distintas, que

generarían un impacto en la población mundial (Herrera, 2017). A partir de la segunda guerra mundial, Estados Unidos se encarga de acelerar frenéticamente una gama de proyectos que les permitieran realizar descubrimientos y avances tecnológicos a nivel espacial que nadie tendría, sin embargo, es en 1957 que Rusia toma la delantera conquistando el espacio con el lanzamiento del Sputnik, y es hasta 1969 que se encargan de realizar 16 misiones, enviando varios objetos al espacio. En este año EEUU envía al primer hombre a la Luna, tomando de nuevo una delantera estratégica en comparación a los demás países. A partir de ese entonces, tanto EEUU como la URSS se encargaron de colocar en órbita innumerables satélites, sin embargo, países como India, España, Argentina y Brasil, ya se encuentran enviando diferentes misiones al espacio, a diferencia de países como México, Venezuela, Colombia y Bolivia, que hoy en día se han unido a la idea de la elaboración y puesta en órbita de satélites de comunicaciones gracias a la colaboración de los países del primer mundo.



Figura 18. Contaminación espacial

Fuente: (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018)

2.2.1 Efectos de la Contaminación Espacial

Con el afán de captar mayor cantidad de información y obtener mayores beneficios del espacio, las potencias mundiales se han encargado de enviar vehículos espaciales, de lanzamiento

y todo tipo de satélites, sin considerar el efecto que éstos ocasionan al dejar de ser útiles, convirtiéndose en objetos desechables y provocando accidentes, daños operacionales, daños atmosféricos, fragmentación de objetos, residuos dañinos, efluentes de combustibles, eventos anómalos, además de explosiones y colisiones, interfiriendo de esta manera en misiones espaciales, congestionando el tráfico espacial y afectando a la población terrestre debido a la precipitación de estos materiales (Sánchez, 2018).

Existe una cantidad inimaginable de desechos espaciales, que podrían causar graves problemas, inclusive las partículas pequeñas provocarían efectos negativos y peligrosos tanto para satélites, estaciones espaciales y cohetes, debido a la gran velocidad que circulan. De las colisiones y explosiones se origina una cantidad muy grande de escombros, los mismos que chocan una y otra vez, con todo lo que se encuentre a su paso, es así como nace el síndrome de Kessler, donde a causa de una reacción en cadena, se pulverizaría hasta los satélites en funcionamiento, provocando una inutilización de bandas, un aumento en el costo de lanzamientos y misiones espaciales e inclusive problemas en la industria y la ingeniería espacial (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018).

2.3 Sistemas de Navegación

Un sistema de navegación es un conjunto de componentes que se encuentran situados en la tierra y en el espacio, interactuando entre sí. Tienen una estructura definida, dividida en cuatro segmentos: espacial, control, usuarios y de lanzamiento (Figura 19) (García, 2008).

2.3.1 Segmento Espacial

Es un conjunto compuesto por satélites que forman un sistema, los mismos que deben organizarse para garantizar una cobertura global en todo momento, con la capacidad de ofrecer datos redundantes para un posicionamiento mucho más preciso (García, 2008).

2.3.2 Segmento de Control

Conjunto de estaciones colocadas en tierra que se encargan de recolectar datos de satélites. Su función garantiza la prestación del sistema mediante el monitoreo del segmento espacial, aplicando correcciones de posición orbital y temporal a los satélites (García, 2008).

2.3.3 Segmento de Usuarios

Se conforma de los equipos GNSS que reciben las señales que proceden del segmento espacial. Este segmento está formado por un conjunto de elementos básicos como la Antena Receptora y el Receptor (García, 2008).

2.3.4 Segmento de Lanzamiento

Es el segmento encargado del transporte de los satélites a sus órbitas. Este segmento puede estar conformado por una arquitectura relativamente sencilla para el posicionamiento de un solo satélite, o puede ser muy complejo, conformado por la arquitectura de múltiples satélites (constelaciones GPS) (Agencia Espacial Mexicana, 2019)

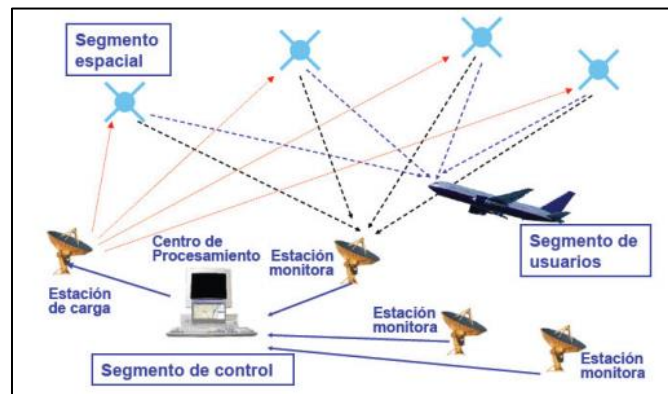


Figura 19. Constitución de un sistema de navegación por satélite
Fuente: (García, 2008)

2.4 Naves Espaciales

Las naves espaciales son maquinarias bastante complejas, diseñados con una alta tecnología para lograr desplazarse por diferentes regiones del espacio ultraterrestre, con el fin de explorarla. Para la construcción de estos vehículos es necesario seleccionar materiales duraderos y ligeros que las permitan soportar grandes presiones y elevadas temperaturas. Las naves espaciales deben mantenerse en la dirección correcta, comunicándose siempre con sensores y antenas que les permitirán procesar datos y mantener la comunicación con los sistemas instalados en la Tierra (Duarte, 2013).

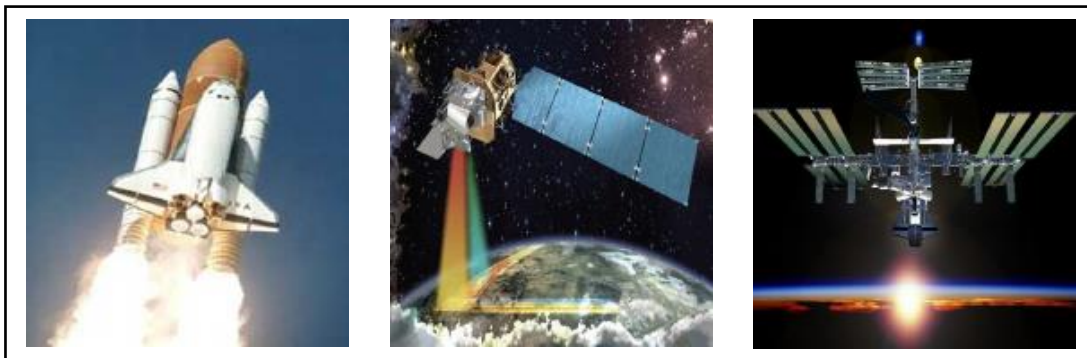


Figura 20. Tipos de Naves Espaciales
Fuente: (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018)

2.4.1 Arquitectura de las Naves Espaciales

Los componentes de cualquier nave espacial (Figura 21) consisten en: una carga útil, encargada de desarrollar la misión, representa el motivo por el cual la nave se diseña y se construye; y de una plataforma o bus, que está formada por los subsistemas que mantienen operativa la nave y se encarga de proporcionar el apoyo a la carga útil (Duarte, 2013).

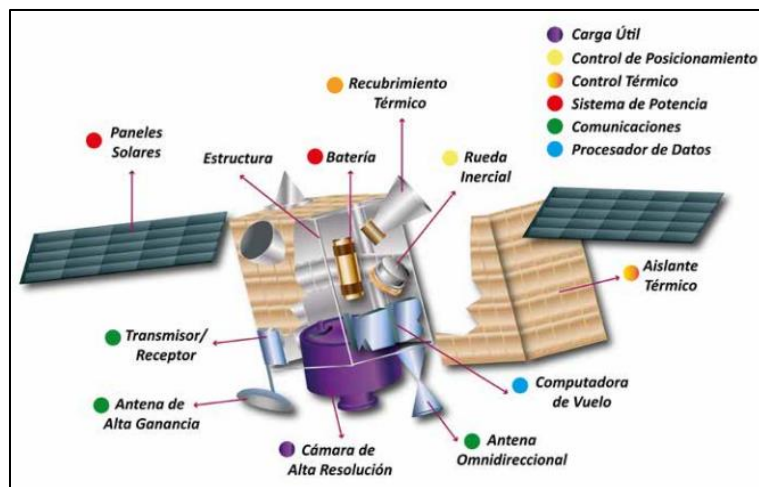


Figura 21. Componentes típicos de una nave espacial

Fuente: (Agencia Espacial Mexicana AEM, 2017)

Las naves espaciales se han diseñado con el propósito de cumplir misiones específicas, es así que los satélites se han clasificado según las características y objetivos que deben cumplir (Charca, 2011)&(Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018):

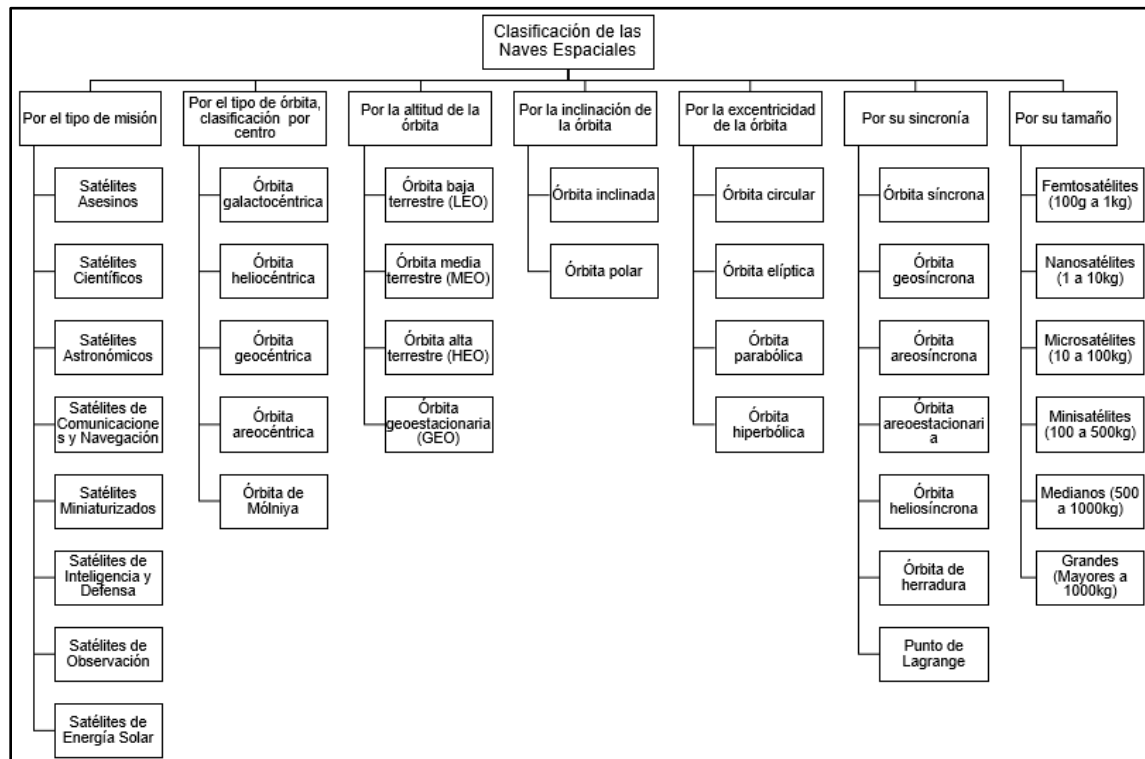


Figura 22. Clasificación de los Satélites

Fuente: (Charca, 2011)&(Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018)

2.4.2 Problemas substanciales que presentan las Naves Espaciales

Debido al interés que el hombre ha puesto al conocer el medio en el que se desarrolla, las actividades espaciales en la órbita terrestre cada vez son más indispensables para la población, ya que han logrado un avance científico y tecnológico impensable. A pesar de obtener tantos beneficios, se han presentado ciertos inconvenientes que tanto vehículos espaciales como satélites, cohetes, herramientas y hasta combustibles, han tenido que atravesar.

Con el paso del tiempo, el ser humano ha llenado de desechos todo el planeta, que inclusive el espacio ultraterrestre se ha ido convirtiendo en un verdadero botadero de basura, donde los desechos se encuentran orbitando a más de 800 km de altura, convirtiéndose en un verdadero problema tanto para el espacio terrestre como para el ultraterrestre.

Innumerables partes de satélites (carga útil, baterías, paneles solares, estructuras, aislantes, ruedas, antenas, recubrimientos, cámaras, antenas, transmisores), vehículos espaciales, cohetes e inclusive herramientas, pululan en el espacio ultraterrestre, ya que las potencias mundiales con el fin de captar mayor cantidad de información y convertirse en el pilar de investigaciones espaciales, se han encargado de enviar todo tipo de vehículos espaciales, sin antes considerar los efectos que éstos ocasionan al dejar de ser útiles, convirtiéndose en objetos desechables y provocando todo tipo de accidentes, interfiriendo de esta manera en misiones espaciales y congestionando el tráfico espacial (Sánchez, 2018).

En la órbita terrestre se realizan innumerables actividades espaciales que hoy en día son esenciales para la civilización (navegación, investigación científica, observación de la tierra, comunicaciones, exploración, etc.). Todas estas actividades enfrentan dos problemas que resultan substanciales: los meteoritos (naturales) y los desechos espaciales (antrópicos), provocando posibles impactos en órbita a las naves espaciales y posibles daños a la población humana por su caída al planeta (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018).

a) Meteoritos

Se definen como fragmentos que provienen de asteroides y planetas que naturalmente viajan a grandes velocidades por todo el espacio, chocando contra cuerpos planetarios o inclusive la tierra. Cuando se aproximan al planeta son atraídos por su fuerza gravitacional, entrando de esta manera a la atmósfera, donde la fricción se encarga de calentarlos hasta llegar a la

incandescencia siendo imperceptibles, sin embargo hay casos en los que logran entrar a la superficie terrestre, ya que se desintegran parcialmente, provocando una caída brusca en el interior del planeta (Martínez, Lunar, & Rull, 2006).

La frecuencia con la que impactan los meteoritos en la Tierra depende normalmente de su tamaño, es decir, a menor tamaño, mayor frecuencia y viceversa (López I. , 2013). A pesar de que los meteoritos pueden caer a cualquier hora del día, se sabe que debido a la dirección de rotación terrestre y de órbita, la mayoría caen entre mediodía y medianoche (Hutchison & Graham, 1993).



Figura 23. Meteoritos

Fuente: (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018)

b) Basura Espacial / Space Debris

Se define como cualquier partícula u objeto fabricado por el hombre, que sin utilidad alguna, permanecen en la órbita terrestre y se encuentran viajando a velocidades orbitales de hasta 56.000 km/h, provocando colisiones altamente perjudiciales (Agencia Espacial Europea, 2018). De acuerdo a un estudio realizado en Alemania por parte de la Sexta Conferencia Europea sobre Desechos Espaciales, dice que existen órbitas que se encuentran saturadas de desechos, los cuales podrían provocar al menos 20 colisiones en los siguientes 200 años. Los residuos

espaciales, etapas de cohetes, satélites, fragmentos de desintegración, erosión, colisiones, explosiones, chatarra e inclusive meteoritos, se encuentran en las órbitas alrededor de la Tierra, interfiriendo en misiones espaciales, generando problemas substanciales en las naves espaciales, posibles impactos en órbita y uno de los más preocupantes que son los daños a la población terrestre por su caída a la tierra (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018).

Figura 24. Basura espacial / Space Debris

Fuente: (Estrella, Space Debris: Contaminación Espacial, 2018)

Aproximadamente el 95% de los objetos que fluctúan en el espacio, son considerados como basura espacial, los mismos que se distribuyen principalmente en la órbita geoestacionaria GEO y la órbita baja LEO. Por lo que la NASA para evitar los daños y accidentes en las órbitas terrestres ha utilizado telescopios y radares de alta tecnología, encargados de rastrear los desechos espaciales, clasificándolos por su tamaño.



Figura 25. Evolución de la basura espacial y Dimensiones de los desechos

Fuente: (NASA, ESA, Periódico El País España, 2018)

Según la Oficina de Desechos de la Agencia Espacial Europea en ESOC, Darmstadt, Alemania, las últimas cifras relacionadas con la basura espacial a partir de Enero del 2019, es la siguiente:

Tabla 2.

Cantidad de Desechos Espaciales hasta Enero de 2019

CANTIDAD DE DESECHOS ESPACIALES HASTA ENERO DE 2019	Lanzamientos de cohetes desde octubre de 1957	Aproximadamente 8950
	Cantidad de cohetes fluctuando en el espacio	Aproximadamente 5000
	Número de cohetes aún en funcionamiento	Aproximadamente 1950
	Desechos rastreados por las Redes de Vigilancia Espacial (Catálogo de Objetos de la NASA)	Aproximadamente 22300
	Cantidad de rupturas, explosiones, colisiones y eventos anómalos que resultan en fragmentación	Más de 500
	Masa total de los objetos en la órbita terrestre	Más de 8400

Fuente: (Agencia Espacial Europea, 2019, <https://www.esa.int>)

Tabla 3.

Tamaño de los Restos Espaciales hasta Enero de 2019

TAMAÑO DE LOS RESTOS ESPACIALES	Diámetro de los objetos	Cantidad	Daños del impacto
	De 1mm a 1 cm	128 millones de objetos	Erosión en la superficie
	De 1 a 10 cm	900 000 objetos	Agujeros en el satélite
	Más de 10 cm	34 000 objetos	Daños irreparables, destrucción total

Fuente: (Agencia Espacial Europea, 2019, <https://www.esa.int>)

En las órbitas terrestres, los desechos espaciales viajan a 4 millas, es decir 7 km/seg, a dicha velocidad una pequeña mancha de pintura contiene el mismo golpe de un objeto de 550 libras que viaja a 60 millas por hora (NASA, Space Junk: Tracking & Removing Orbital Debris, 2013).

Los desechos espaciales caen constantemente a la Tierra, pero casi todo lo que mide más de 4 pulgadas (10 cm), logra sobrevivir de cualquier manera, probablemente en fragmentos mucho más pequeños (NASA, Space Junk: Tracking & Removing Orbital Debris, 2013).

2.5 Teleobservación

Se define como el conjunto de técnicas que permiten obtener información desde el espacio de objetos, fenómenos y áreas que se encuentran en la superficie terrestre, a través de un

dispositivo que no se encuentra en contacto directo con ellas (Lillesand & Kiefer, 1979). Utilizan las propiedades electromagnéticas emitidas, reflejadas o difractadas por los objetos observados (ONU, 2008).

Para el presente proyecto se plantea realizar una red de teleobservación con el principio mencionado en el apartado anterior, pero obteniendo información espacial desde teleobservadores anclados a la superficie terrestre. De esta manera se generará una alerta oportuna para una respuesta inmediata ante la posible caída de objetos de procedencia natural y antrópica, logrando una integración con el Sistema Global de Coordinación y Alerta ante Desastres.

2.5.1 Teleobservadores

Son los equipos utilizados para la vigilancia de la superficie terrestre, océanos, atmósfera y los cambios que se generan a lo largo del tiempo dentro del planeta. Hoy en día se consideran instrumentos esenciales para el apoyo de las poblaciones con el fin de proteger el medio ambiente mundial. La gran mayoría de satélites de teleobservación poseen un alcance que puede abarcar todo el mundo, enfocan una zona repetidamente durante largos periodos de tiempo, permiten obtener información y datos rápidamente, las imágenes obtenidas de estos satélites son de alta precisión (Naciones Unidas UNOOSA, 2007).

2.5.1.1 Telescopios

Son instrumentos ópticos receptores de luz visible, que se encargan de captar cierta cantidad de luz o radiación electromagnética, haciendo que se concentre en un solo punto. Uno de los parámetros más importantes que posee un telescopio, es el diámetro del lente objetivo, el

mismo que permite diferenciar una serie de detalles del espacio ultraterrestre (De Bernardini, Telescopios, 2003).

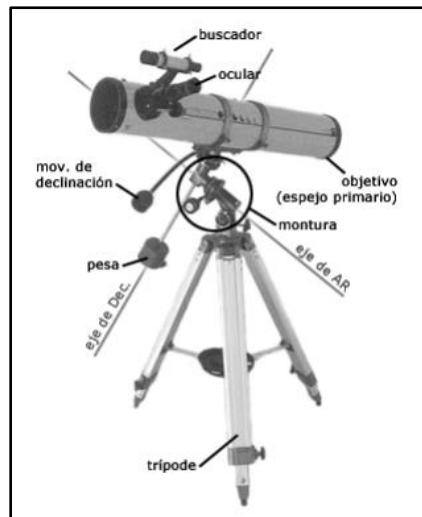


Figura 26. Partes principales de un telescopio reflector
Fuente: (De Bernardini, Telescopios, 2003)

Según el objetivo, los telescopios se pueden clasificar en reflectores y refractores. Los telescopios reflectores están constituidos por un espejo primario u objetivo, que se encuentra provisto de una curvatura parabólica que le permite concentrar la luz en un solo punto. Los telescopios refractores están constituidos por un objetivo en forma de lente o serie de lentes, que funcionan como una lupa, concentrando la luz en el plano focal (De Bernardini, Telescopios, 2003).

2.5.1.2 Radiotelescopios

Son instrumentos utilizados para captar radiaciones de radiofrecuencia emitidas por cuerpos celestes, las mismas que son detectadas de mejor manera en las regiones del espectro electromagnético que en las regiones de la luz visible (telescopios). Este instrumento capta la

energía de una fuente cósmica y la transforma en una señal, que puede ser interpretada, analizada o reportada (Christiansen & Högbom, 1987).

Un radiotelescopio es un equipo con una estructura bastante voluminosa y visible, debido a su antena o también llamado colector, la cual es equivalente al espejo de un telescopio reflector y a la lente de un telescopio refractor. La antena de un radiotelescopio, es capaz de recibir gran cantidad de radiación, manteniendo la resolución con la que se capta. La precisión de recepción de radiación, depende principalmente de las irregularidades o desviaciones que presente la antena (Christiansen & Högbom, 1987).

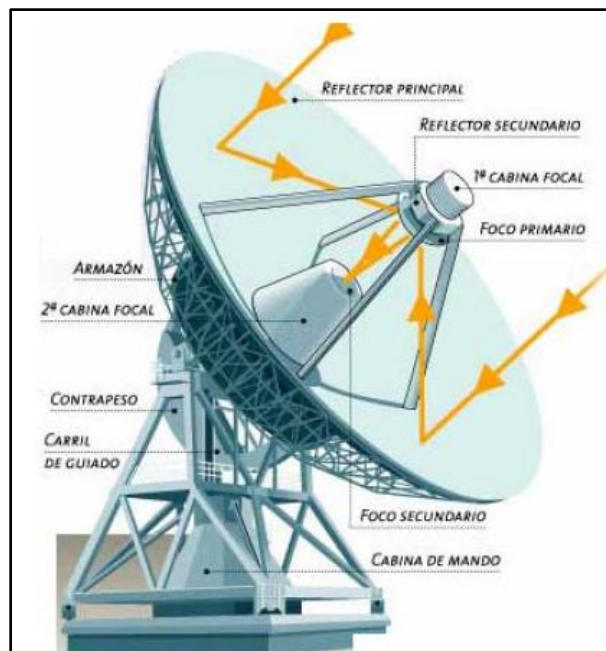


Figura 27. Partes principales de un radiotelescopio
Fuente: (J, 2018)

2.6 Redes de Monitoreo

Hacen referencia a un proceso continuo de recolección y análisis de datos, con el propósito de identificar posibles conflictos a través de dispositivos diseñados específicamente para obtener información de los mismos. Para la implementación de una solución tecnológica

para el monitoreo de objetos o dispositivos se debe tomar en cuenta la selección de la herramienta adecuada para la implementación de una solución tecnológica que permita monitorear los objetivos, entregando datos e información necesaria para la interpretación de datos y toma de decisiones (Bayas, 2015).

Existen algunas redes de monitoreo que permiten determinar de manera muy precisa algunos datos como: obtención de altitudes con respecto al nivel del mar, variaciones verticales en la corteza terrestre, control de obras públicas, formación de cartografía, topografía, detección de movimientos en la superficie terrestre o fuera de ella, etc.



Figura 28. Red Ecuatoriana de Monitoreo Continuo (Satélite de Navegación en Tierra)
Fuente: (Estrella, Diseño de la Red Ecuatoriana de Monitoreo Continuo REMC, 2003)

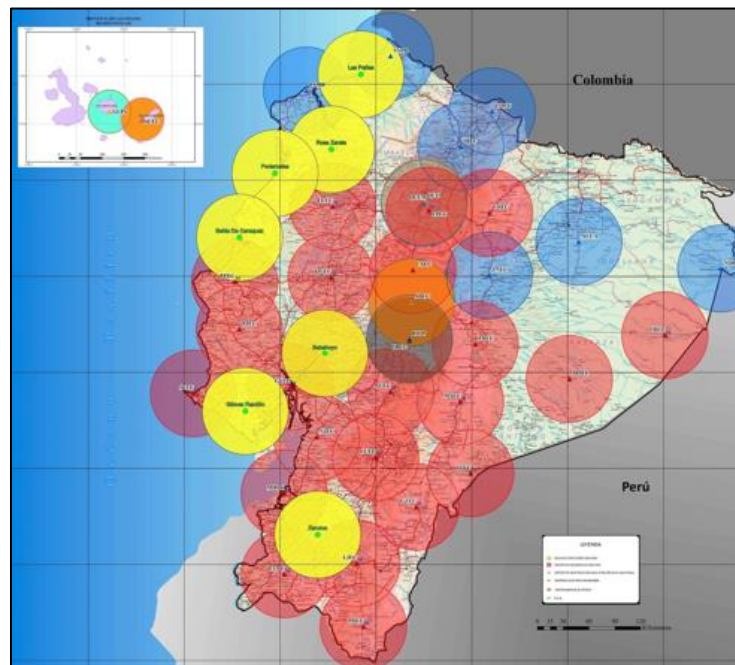


Figura 29. Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador
Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, Cisneros, 2014)

2.7 Redes Geodésicas

Cuando se necesita cubrir grandes áreas de superficie, tanto en Geodesia como en Cartografía, se deben establecer marcos de control vertical y horizontal, los mismos que proporcionan una base para realizar operaciones para asegurar un buen resultado. Estas redes de control consisten en puntos estables unidos por observaciones bastante precisas (Estrella, C, 2015).

Las redes geodésicas hacen referencia a un conjunto de puntos que se distribuyen simétricamente a lo largo de un área geográfica (Figura 30), a través del enlace con la red geodésica mundial y se proyectan sobre el elipsoide de referencia. Para la implementación de dichas redes, se utilizan diferentes métodos que contribuyen al desarrollo de las técnicas de posicionamiento que se basan en observaciones de satélites artificiales (Estrella, C, 2015).

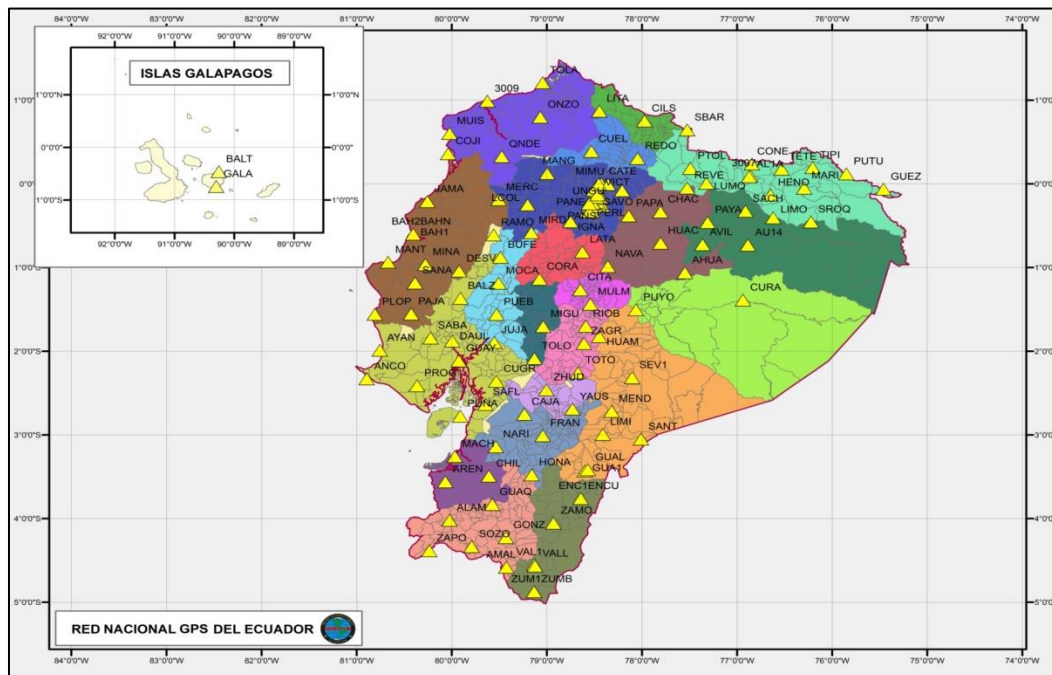


Figura 30. Red Nacional GPS del Ecuador

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, Cisneros, 2014)

Debido al uso del GPS, el tiempo de desarrollo de una red de control se ha acortado significativamente, permitiendo utilizar estas redes con fines como detección de movimientos de la corteza terrestre (Cabrera & Morales, 2001), el mismo que podríamos aplicar en el presente proyecto, ya que las observaciones se deberían realizar de manera periódica. Es así como la articulación y metodología de las redes geodésicas servirá como base para establecer la Red de Teleobservación y los centros de comando y control de la misma.

2.7.1 Clasificación de las Redes Geodésicas

Las normas de clasificación de las redes de control se basan siempre en la precisión de éstas, por lo tanto según el Servicio Geodésico Nacional de Estados Unidos (NGS), las redes pueden clasificarse de la siguiente manera (Cabrera & Morales, 2001):

- De primer orden: 1:100 000
- De segundo orden clase I: 1:50 000
- De segundo orden clase II: 1:20 000
- De tercer orden clase I: 1:10 000
- De tercer orden clase II: 1:5000

Es así que las coordenadas de los puntos de mismo orden y clase de una red, deberán tener la misma precisión que las coordenadas de los otros puntos de la red. Sin embargo, dependiendo de la zona o del área de estudio, existen criterios complementarios que permiten clasificar las redes geodésicas dependiendo del fin para el que fueron desarrolladas (Cabrera & Morales, 2001).

2.8 Red ISON (International Scientific Optical Network)

También conocida como Red Internacional de Óptica Científica, es una gran red internacional especializada en la observación de objetos espaciales. Su objetivo principal es el monitoreo e investigación de la basura espacial. El proyecto ISON consta con más de 80 telescopios de diferentes aperturas, distribuidos en 35 observatorios alrededor de quince países (Figura 31), los mismos que se han organizado para detectar, monitorear y rastrear objetos que se

encuentran en el espacio. Es administrada por el Instituto Keldysh de Matemática Aplicada de la Academia de Ciencias de Rusia (Zalles, y otros, 2015).

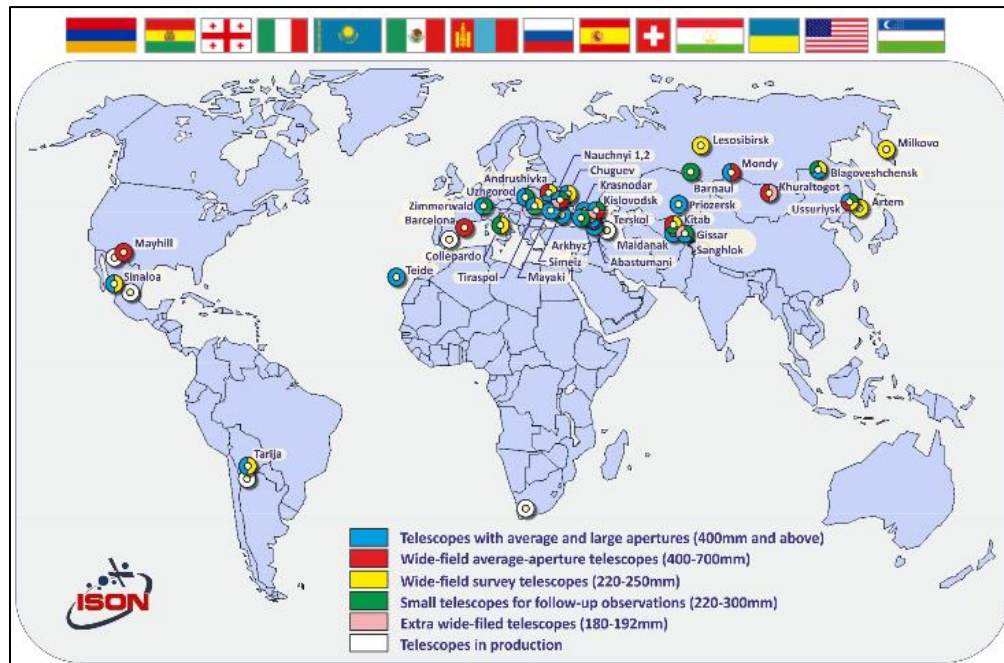


Figura 31. Observatorios de la Red ISON.

Fuente: (Observatorio de Cosala de la Universidad Autónoma de Sinaloa: red internacional de instrumentos ópticos para observaciones astronómicas y fotométricas (ISON FAC))

La observación e investigación de objetos artificiales en órbitas cercanas a nuestro planeta comenzó desde el momento de lanzamiento del Sputnik por parte de la URSS, el 4 de octubre de 1957, obteniendo información, descubrimientos y avances tecnológicos a nivel espacial impensables. Sin embargo, nadie se percató sobre el problema que sería llenar de desechos espaciales una órbita terrestre, es así que tomando en cuenta el creciente problema de los mismos, la Academia de Ciencias Rusa en el 2001, encargó al Instituto de Investigación de Matemáticas Aplicadas de Keldysh de Moscú, que planificara y creara un centro para la recolección, conservación, investigación, cálculo y análisis de información sobre los desechos espaciales, es así que se organizó la Red ISON (Zalles, y otros, 2015).

Más de 8 millones de mediciones para obtener el registro de aproximadamente 4000 objetos de basura espacial fueron obtenidos por ISON en el 2014. En Latinoamérica se cuentan con 3 observatorios que colaboran con la Red, tales como: Tarija (Bolivia), Cosala (México) y Mayhill (USA) (Zalles, y otros, 2015).

2.8.1 Observatorio de Tarija

Ubicado en Bolivia, desde el 2009 proporciona observaciones en la órbita GEO con un telescopio ORI-25 de 25 cm, con un campo de visión (FOV) de 3.3 grados (Figura 32) y un telescopio Zeiss-600 de 60 cm con un soporte automatizado y un campo de visión ampliado. Para observaciones de efemérides de objetos brillantes, se instalaría un telescopio TAL-250K de 25 cm (Figura 32) (Zalles, y otros, 2015).

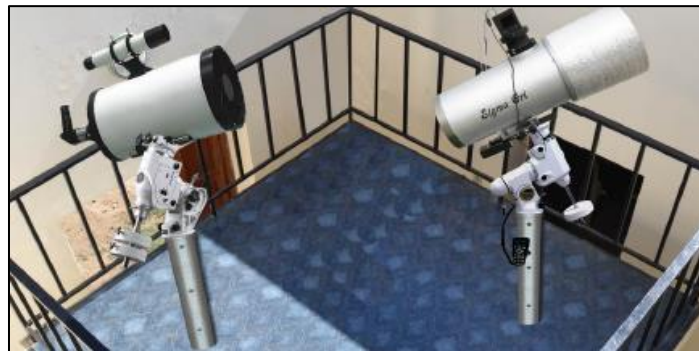


Figura 32. Telescopios TAL-250K y ORI-25
Fuente: (Zalles, y otros, 2015)

2.8.2 Observatorio de Cosala

Ubicado en México, desde 2009 proporciona observaciones de los objetos en la órbita geostacionaria con un telescopio ORI-25 de 25 cm, con un campo de visión de 3.3 grados. En el 2013 se instaló el CHV-400 de 40 cm (Figura 33) con un campo de visión de 1 grado para realizar observaciones de escombros espaciales y meteoritos. (Zalles, y otros, 2015).



Figura 33. Telescopio CHV-400
Fuente: (Zalles, y otros, 2015)

2.8.3 Observatorio de Mayhill

Ubicado en Estados Unidos, desde 2010 proporciona observaciones de asteroides. Cuenta con un telescopio SANTEL-400A de 40 cm con un campo de visión de 1.76° (Figura 34). Se han descubierto cometas y cuatro objetos cercanos a la Tierra (Zalles, y otros, 2015).

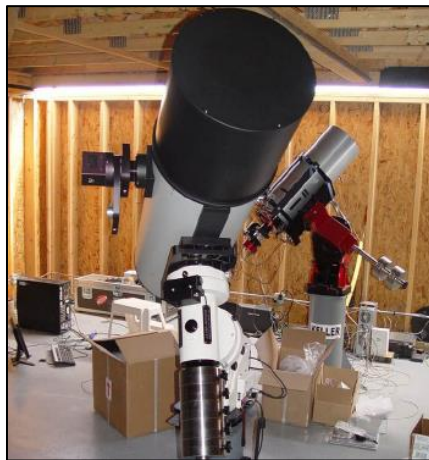


Figura 34. Telescopio SANTEL-400A
Fuente: (Zalles, y otros, 2015)

Como se mencionó en el apartado 2.4, para el presente proyecto se plantea realizar una red de teleobservación para monitorear basura espacial, con los mismos principios descritos de las redes geodésicas y de monitoreo continuo, por lo que se ha tomado como base, el diseño de la Red ISON.

Existe un sinnúmero de instrumentos para monitorear la basura espacial, sin embargo, los mencionados anteriormente son los que normalmente usan los Estados que forman parte del proyecto ISON. Para el presente proyecto de investigación se podrá seleccionar al mejor equipo de monitoreo conforme a las características que presente el territorio ecuatoriano.

2.9 Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre

Las Naciones Unidas se han convertido en el centro de coordinación para generar una colaboración internacional del espacio ultraterrestre y para formular las reglas de derecho internacional necesarias para una óptima exploración y uso del mismo. Por lo que una de las principales responsabilidades es impulsar el desarrollo progresivo. El derecho internacional al espacio ultraterrestre se ha realizado de forma gradual y evolutiva, formulando principios de naturaleza jurídica (ONU, 2008)

2.9.1 Comité para la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS)

La Asamblea General de las Naciones Unidas en 1958 creó el Comité para la Utilización Pacífica del Espacio Exterior con dos subcomités, uno científico y otro jurídico. La ONU con la finalidad de impulsar la aplicación del Derecho Internacional y sus principios, habla del **Corpus Iuris Spatialis** (Código de Derecho Espacial), el cual se forma de cinco tratados y numerosos documentos internacionales (Naciones Unidas UNOOSA, 2002)

La COPUOS se crea con la finalidad de regular la exploración y uso adecuado del espacio en beneficio de toda la humanidad. Encargando a la Comisión de: comprobar la cooperación internacional en el uso del espacio ultraterrestre, estudiar las actividades relacionadas con el espacio, promover programas de investigación espacial y determinar los problemas jurídicos que se derivan de la exploración del espacio (Naciones Unidas, 2019).

La Comisión contribuyó a la creación de cinco tratados y cinco principios, que buscan mantener una cooperación internacional en la exploración espacial y el uso de aplicaciones de tecnología espacial. Debido a los rápidos avances tecnológicos que se presentan, la agenda espacial se encuentra en constante evolución (Naciones Unidas, 2019).

La extensión del derecho internacional al espacio ultraterrestre se ha realizado de manera progresiva, partiendo de la formulación de principios jurídicos para luego incorporarlos en tratados multilaterales generales (Naciones Unidas UNOOSA, 2002).

En 1963 se aprobó la Asamblea General de la Declaración de los principios jurídicos que deben administrar todas las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre (Naciones Unidas UNOOSA, 2002).

El Tratado de 1967 sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, ha proporcionado un marco para el desarrollo del derecho del espacio ultraterrestre. La Asamblea General y el Secretario de las Naciones Unidas han exhortado a todos los Estados miembros de las Naciones Unidas que aún no sean parte en los tratados internacionales a que ratifiquen esos tratados o se adhieran a ellos (Naciones Unidas UNOOSA, 2002).

2.10 Sistema Global de Coordinación y Alerta ante Desastres (GDACS)

El GDACS es un sistema establecido en el 2004 como marco de cooperación con el objetivo de consolidar y fortalecer la red de proveedores y usuarios que contengan información sobre desastres ocurridos en todo el mundo. Es una iniciativa conjunta formada por las Naciones Unidas y la Comisión Europea que se encarga de proporcionar alertas sobre todo tipo de desastres naturales en tiempo real a nivel mundial, además de proveer de las herramientas necesarias para facilitar la coordinación de una respuesta ante estos, incluyendo el monitoreo de medios de comunicación, catálogo de mapas y un Centro virtual de coordinación de operaciones (De Groeve, Vernaccini, & Annunziato, 2015). La información del sitio web de la GDACS se recolecta por los datos e información de algunas organizaciones (De Groeve, Vernaccini, & Annunziato, 2015):

- Unidad de Seguridad Global y Gestión de Crisis de la Unión Europea (GlobeSec).
- Programa de Aplicaciones Operativas de Satélite del Instituto para la Investigación y el Entrenamiento de las Naciones Unidas (UNOSAT).
- Centro de Coordinación de Operaciones Virtuales de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (OCHA-VirtualOSOCC).
- Programa Reliefweb de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (Reliefweb).

El GDACS se trata de una plataforma web que se encarga de combinar los datos de sistemas de gestión de información de desastres ya existentes en la web, con el objetivo de alertar a la comunidad internacional en casos de desastres. Así es como se compone de los siguientes elementos (De Groeve, Vernaccini, & Annunziato, 2015):

- Conjunto de estándares para asegurar la interoperabilidad entre los sistemas de alerta y coordinación ya existentes.
- Conjunto de procedimientos para asegurar la fiabilidad de la creación e intercambio de información durante un desastre.
- Información continua de acuerdo a estándares y procedimientos de trabajo ya establecidos.

Las alertas de desastres pueden identificarse de dos maneras: automáticamente, a través de las herramientas de monitoreo de desastres y estimación de impacto y pérdidas (ASGARD) o a través de un informador registrado de la Oficina Virtual OSOCC que haya observado o identificado un desastre mayor. Todas estas alertas están disponibles en la web del GDACS,

además el sistema se encarga de enviar información más precisa a los gestores de crisis registrados en el sistema (De Groeve, Vernaccini, & Annunziato, 2015).

2.11 Proyecto SPACE TRACK

Es un proyecto de investigación y desarrollo de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, que serviría para crear un sistema que permita rastrear los satélites artificiales de la tierra, sondas espaciales, cohetes de refuerzo y escombros espaciales, incluyendo la carga útil de Estados Unidos y la Unión Soviética (Lawrence, 1965).

El proyecto se creó poco después del lanzamiento del Sputnik, considerándose como la única organización de Estados Unidos que utilizó todos los métodos posibles de observación para rastrear satélites. Además, se encargó de emitir catálogos públicos con una lista de todos los satélites, incluidos inclusive los que ya no se encontraban en órbita. También se encargó de alertar a sus sensores primarios y procesó cada observación, emitiendo un reporte de seguimiento preliminar y actualizándolo cada 24 horas, cada vez que un objeto era puesto en órbita o reingresaba a la atmósfera terrestre (Lawrence, 1965).

2.12 Base de Datos y Sistema que caracteriza objetos en el espacio DISCOS – ESA

La base de datos y sistema de información que caracteriza objetos en el espacio, sirve como una fuente única de información de lanzamientos, detalles de registro de objetos, descripciones de vehículos de lanzamiento, información de naves espaciales (tamaño, masa, forma, objetivos de la misión, propietario), para todos los objetos rastreables.

DISCOS desempeña uno de los papeles más importantes en las actividades diarias de la Oficina de Desechos Espaciales de la ESA, además, es la base de los procesos operativos para evitar colisiones, análisis de reingreso y para realizar planes de contingencia.

2.13Árbol de la Decisión

Un árbol de la de la decisión es una herramienta de apoyo al proceso de análisis GIS (Figura 35), y es muy útil al momento de seleccionar o elegir entre varias alternativas, dependiendo de una decisión, probabilidad o resultado que se desee obtener, facilitando de esta manera, su visualización y análisis, con el fin de tomar la mejor decisión (Maya, 2018).

En el caso del proyecto de investigación planteado, se busca emplear un método basado en un árbol de la decisión, con el fin de realizar un análisis geoespacial para la identificación de las mejores áreas geográficas para la ubicación de los teleobservadores de la red, aplicando de esta manera, un análisis de álgebra de mapas, posterior a la selección de las variables a ser analizadas. Al momento de realizar un álgebra de mapas se debe establecer las variables con mayor importancia que tiene cada una de ellas, para que finalmente se puedan valorar las posibles alternativas de solución.

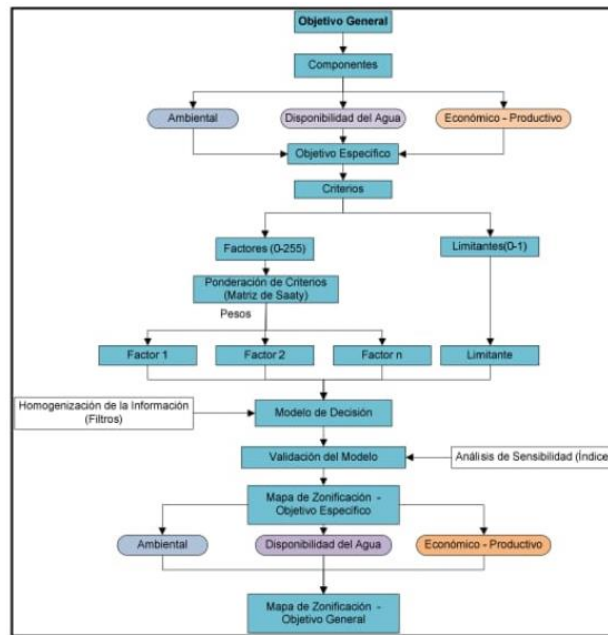


Figura 35. Árbol de decisión para la generación de modelos espaciales

Fuente: (Santillán, Avilés & León, 2011)

2.14 Álgebra de Mapas

El Álgebra de mapas se entiende como un conjunto de análisis o procesos que se desarrollan a partir de la combinación de varias capas para obtener una información específica y derivada (Matellanes, 2016).

Se utiliza para combinar distintas capas territoriales para la obtención de mapas con información de algún tipo de aspecto concreto acerca del territorio (Figura 36).

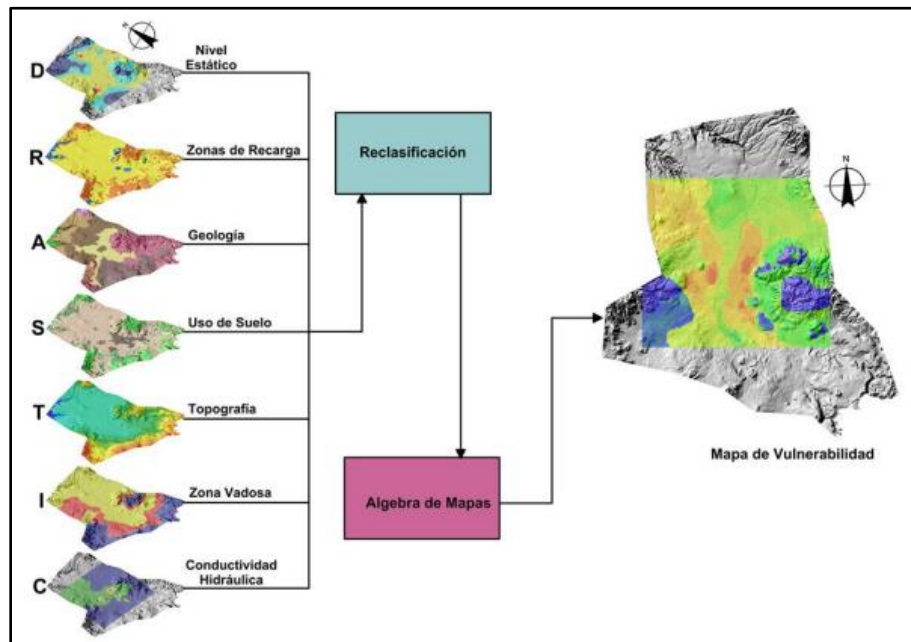


Figura 36. Álgebra de Mapas

Fuente: (Árcega, 2015)

Es así que el Álgebra de mapas puede poseer diferentes aplicaciones en cuanto a combinación de cartografía de elevaciones, pendientes, vegetación, vías terrestres, zonas protegidas, densidad poblacional, etc., para obtener una nueva capa o mapa que muestre las zonas geográficas óptimas para la ubicación de algún elemento en específico(Matellanes, 2016).

El objetivo principal del álgebra de mapas es la construcción de capas en formato ráster, que permitirán combinar las variables seleccionadas y fabricar la cartografía necesaria de manera eficaz(Matellanes, 2016).

Para generar cartografía ráster se deben tener en consideración ciertos procesos como: interpolación de datos vectoriales, transformación de archivos vectoriales en ráster, reclasificación de archivos ráster, redimensionamiento de resoluciones de archivos ráster y edición de archivos ráster(Matellanes, 2016).

Es de verdadera importancia conocer e identificar el tipo de archivos con el que se trabaja, es decir, los archivos ráster y los archivos vectoriales no se pueden mezclar, ya que las capas ráster muestran diferentes resoluciones y sus datos están sobre valorados o infravalorados debido a la unidad mínima de información, por lo que al combinar capas ráster y vectorial se obtendrían resultados con una precisión inadecuada, logrando falsas interpretaciones de los resultados obtenidos (Matellanes, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología propuesta para la obtención de los emplazamientos óptimos para colocar los teleobservadores y de esta manera, diseñar la Red Ecuatoriana de Teleobservación.

El proyecto de investigación se ha realizado empleando una metodología no experimental con un enfoque cuantitativo, transversal y exploratorio.

3.1 Modalidad de Investigación

Dentro de la fase preliminar se define tanto el área de estudio como las variables representativas según las condiciones más adecuadas de emplazamiento para un observatorio astronómico. Esto se realizó tras analizar el comportamiento de los datos proporcionados por las fuentes de información de: bases de datos del Instituto Geográfico Militar (IGM), Almanaque Electrónico Ecuatoriano (AEE) y Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), en las cuales se registran datos a escala 1:50.000 georreferenciados en el sistema de coordenadas UTM, Datum WGS 84 Zona 17 Sur.

3.2 Software de Trabajo

El software utilizado para el presente proyecto fue ArcGIS 10.4.1, con una licencia académica. La metodología que se empleará se podrá aplicar en cualquier Software GIS.

3.3 Recopilación de la Información

Se cuenta con algunas fuentes de información: base de datos del IGM, AEE y SNGRE, que cuentan con los shapefiles necesarios para identificar las áreas de influencia para colocar las zonas de emplazamiento óptimo para los teleobservadores de la Red.

Además, se cuenta con información y datos adicionales de algunos Observatorios Astronómicos e imágenes del Ecuador que proveen de datos de contaminación lumínica y

precipitación anual. Todos estos datos serán tomados en cuenta al momento de realizar el modelo para la selección de las mejores áreas para la ubicación de los teleobservadores.

3.4 Procedimientos y Métodos

Posterior al estudio de la contaminación espacial, se consideró diseñar una metodología propia, adaptándola a la realidad del país en función de las variables seleccionadas, las mismas que se obtuvieron identificando los criterios necesarios para el diseño de la red de teleobservación, y, tomando en cuenta que no es una red común, se deberá evaluar un conjunto de datos, para lo cual se planteó el Método del Modelo de Árbol de Decisión, que se traduce como Álgebra de Mapas. Dicho método se realizó con la finalidad de seleccionar las mejores áreas para colocar teleobservadores, y, de esta manera generar la Red Ecuatoriana de Teleobservación. Por lo que, para el presente proyecto se han considerado algunas variables como: Proximidad a núcleos urbanos, proximidad a cursos fluviales, proximidad a bosques y selvas, proximidad a volcanes, movimientos en masa, pendiente del terreno, elevación del terreno, proximidad a vías, proximidad al sistema de extracciones y represas, servicio de luz eléctrica, redes de cobertura y nubosidad.

Para el diseño de la Red Ecuatoriana de Teleobservación se deben considerar algunos parámetros, debido a que no existe una normativa ni un proceso que se refiera al diseño de Redes de Monitoreo, por lo cual se definieron tres parámetros principales ((Estrella, Diseño de la Red Ecuatoriana de Monitoreo Continuo REMC, 2003):

Accesibilidad

Una Red tiene accesibilidad si cuenta con vías de comunicación que permitan llegar a los puntos de control establecidos, sin ninguna dificultad, es decir, Vías de primer y primerísimo orden, así también, como Ríos navegables.

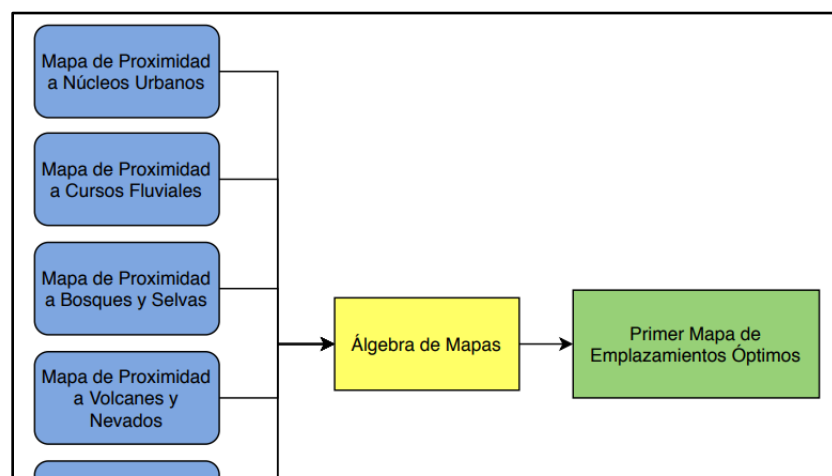
Comunicación

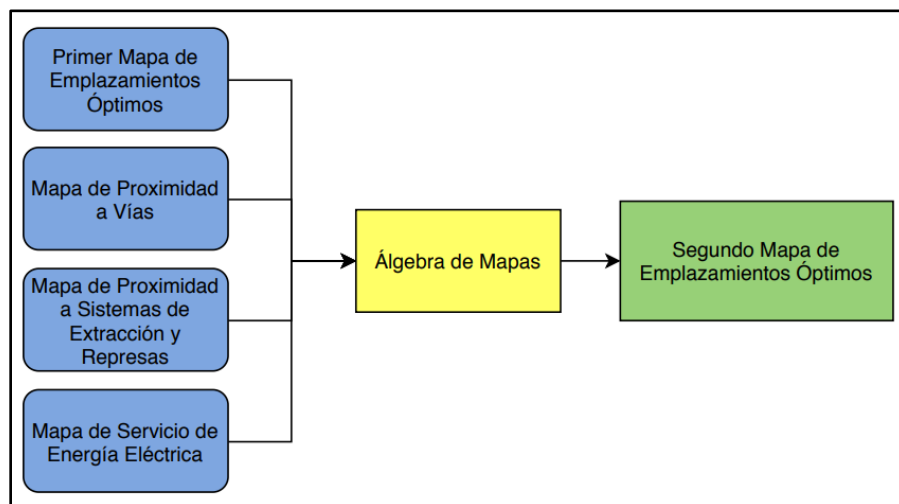
Una Red debe encontrarse libre de cualquier clase de obstáculos que interfieran con la señal, comunicación o transmisión de datos (Cobertura de Internet y Servicio de Energía Eléctrica). La Red Ecuatoriana de Teleobservación no necesita línea de vista entre cada punto establecido.

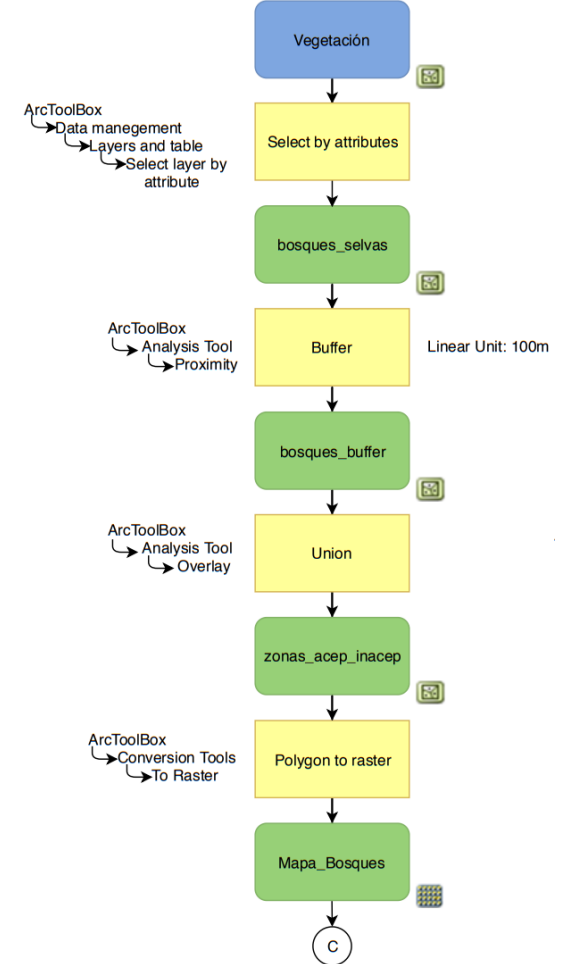
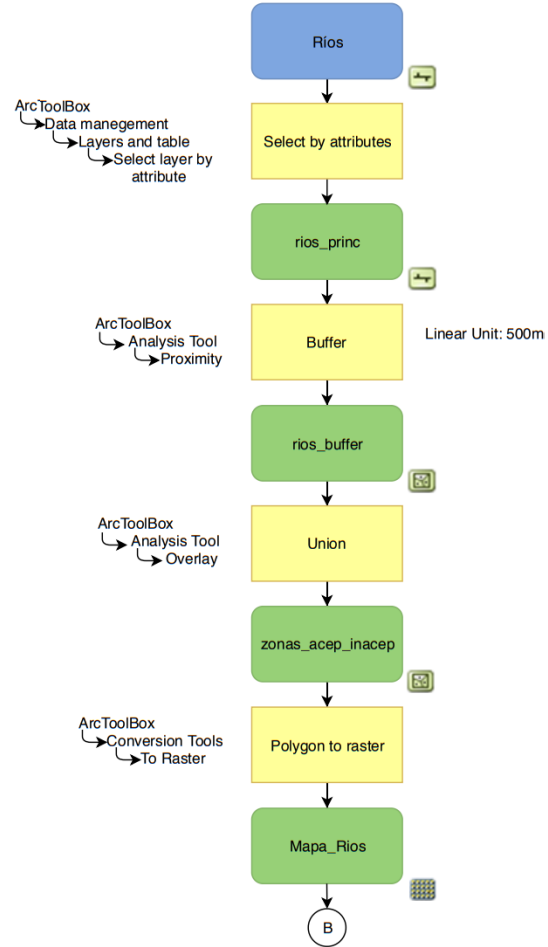
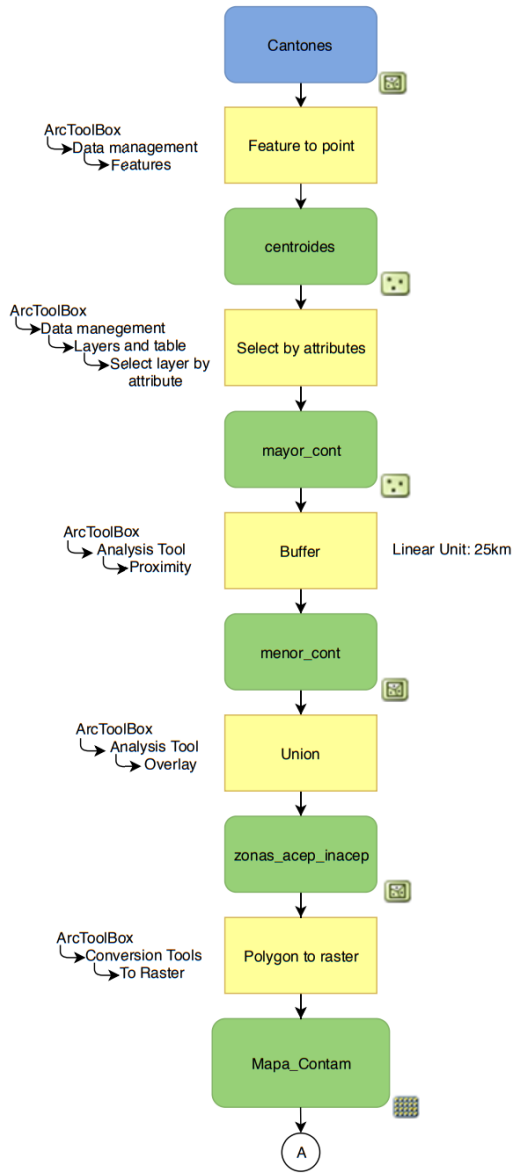
Seguridad

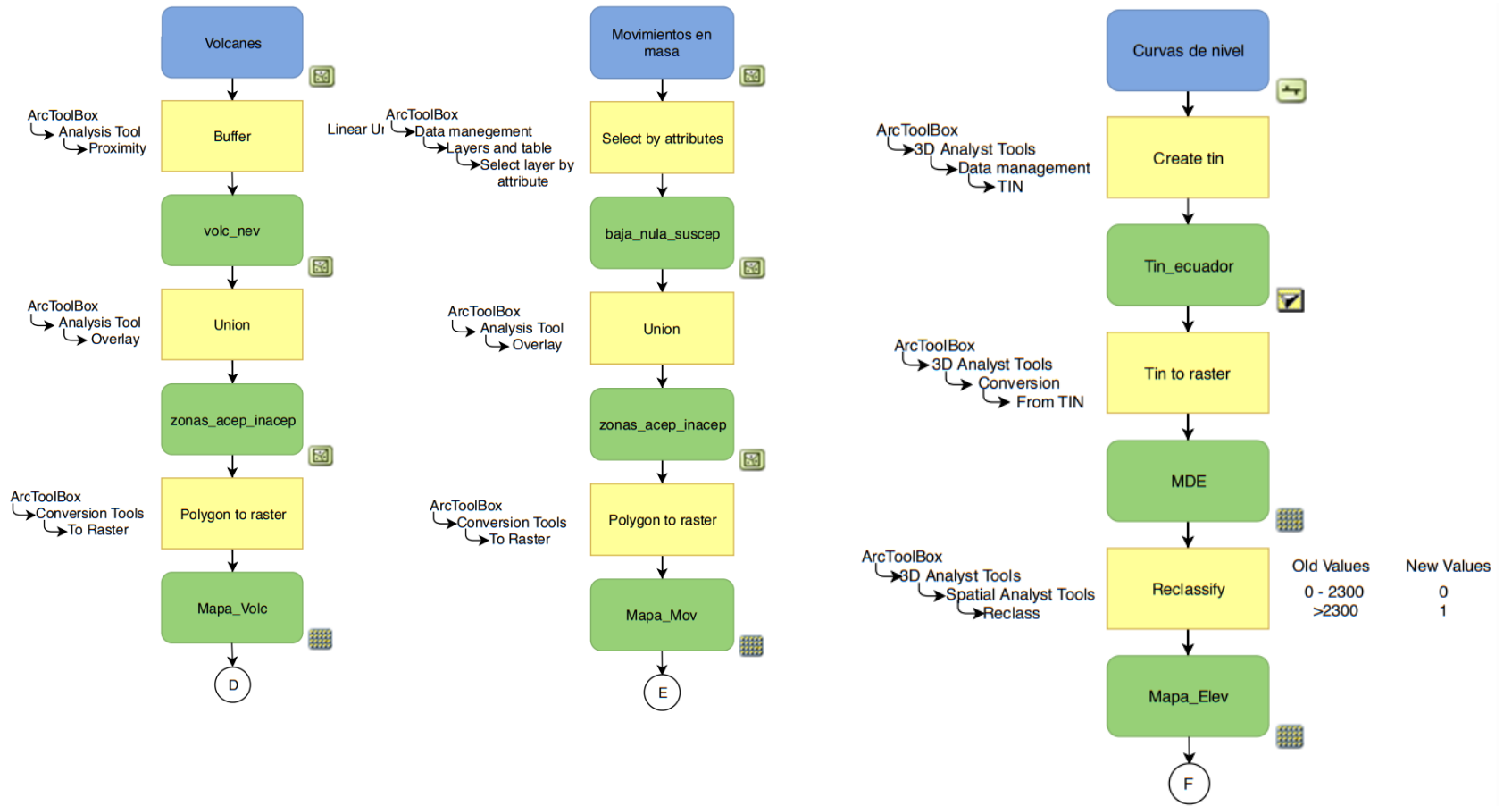
Una Red debe encontrarse ubicada en lugares con las mejores condiciones geográficas y debe cubrir especificaciones de Seguridad Natural y Seguridad Física.

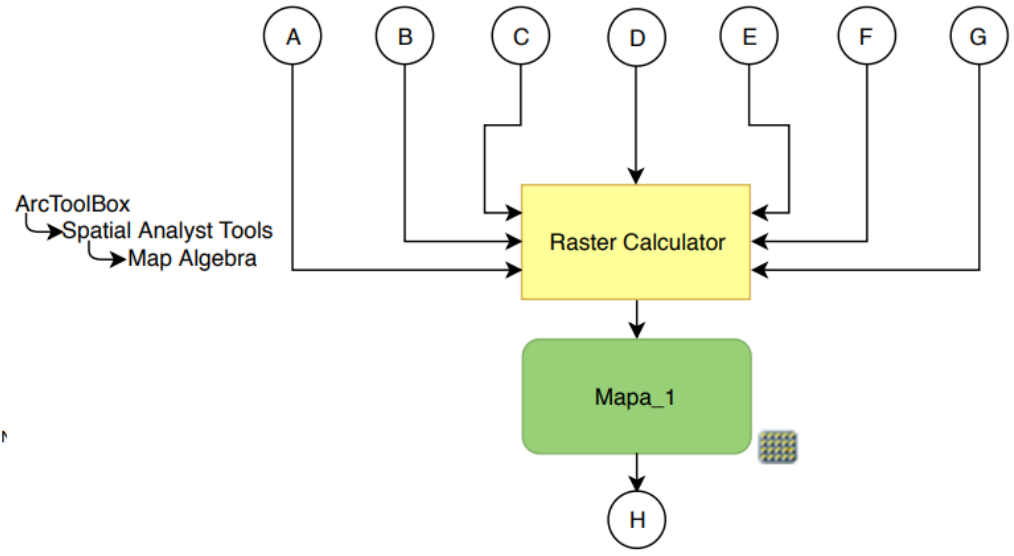
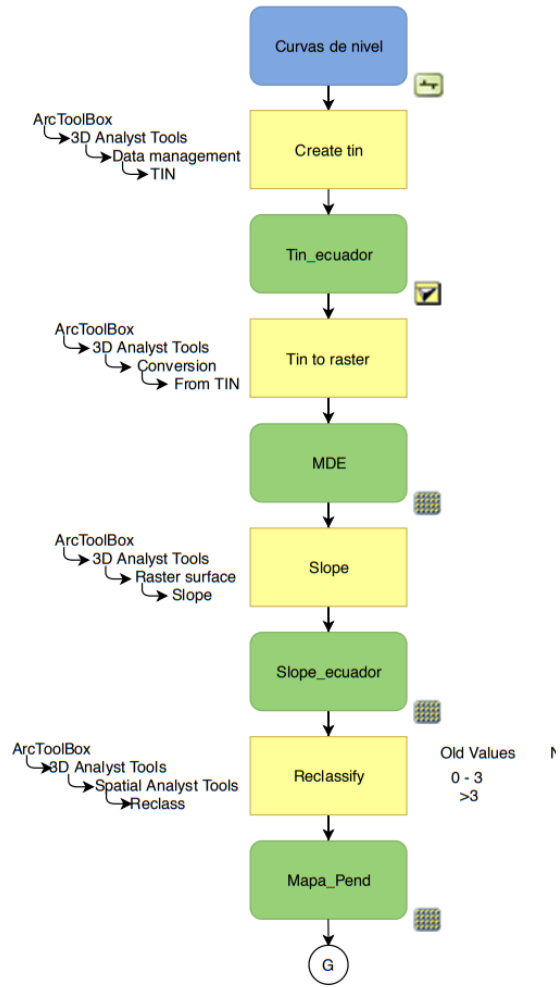
La metodología aplicada se resume en los siguientes modelos cartográficos de decisión:

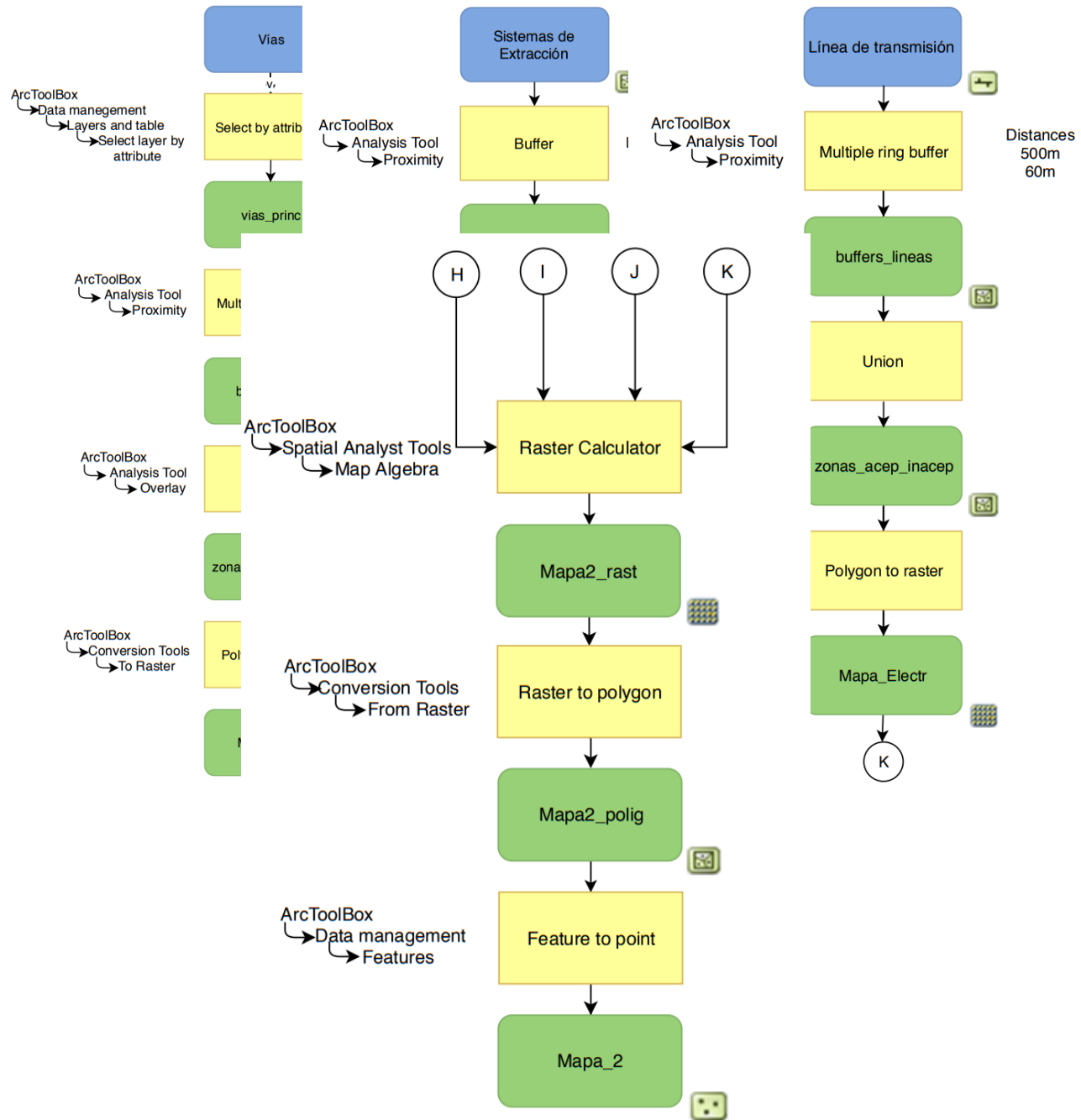












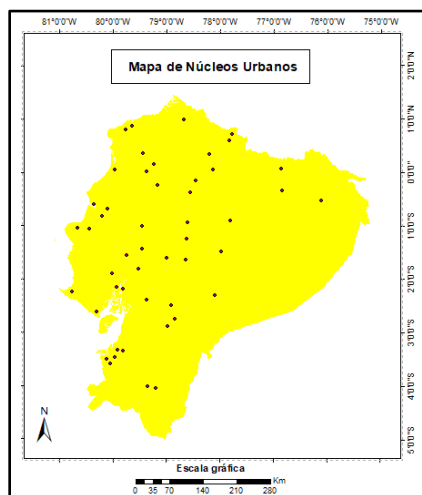


Figura 38. Mapa de Centroides de Núcleos Urbanos donde hay presencia de Contaminación lumínica

A partir de las valoraciones dadas, se obtuvo un raster (Figura 39), el cual se reclasificó como binario, tomando en cuenta la proximidad a los núcleos urbanos, para identificar las zonas donde exista presencia de contaminación lumínica. El valor de 0 lo tomarían las áreas no aceptables, donde no es posible colocar el teleobservador, y el valor de 1 lo tomarían las áreas aceptables, donde si es posible colocarlos.

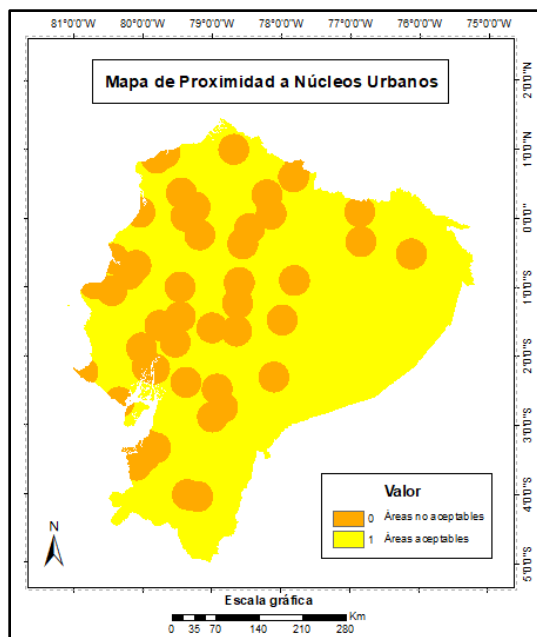


Figura 39. Mapa de Proximidad a Núcleos Urbanos (Presencia de Contaminación Lumínica)

3.4.2 Proximidad a cursos fluviales

Para la construcción de cualquier tipo de edificación son necesarios los retiros amplios de los cursos fluviales. La mayoría de observatorios astronómicos alrededor del mundo cuentan con diferentes trayectos hacia los cuerpos de agua, ubicándose a distancias de 300 metros en adelante (Luis & Natalia, 2005)(CAAT & OAO, S.F.). Los teleobservadores no pueden encontrarse cerca de ningún tipo de curso fluvial, debido a que los movimientos de los mismos, afectarían a las observaciones de los teleobservadores, fluctuando o cambiando los datos, por lo tanto se tomó como una medida estándar de aproximación 500m de distancia, para lo cual se generaron buffers a 500metros de distancia de cada cuerpo de agua.

A partir de las valoraciones dadas, se obtuvo un raster (Figura 40), el cual se reclasificó como binario, tomando en cuenta la proximidad a los cursos fluviales. El valor de 0 lo tomarían las áreas no aceptables, donde no es posible colocar el teleobservador, y el valor de 1 lo tomarían las áreas aceptables, donde si es posible colocarlos.

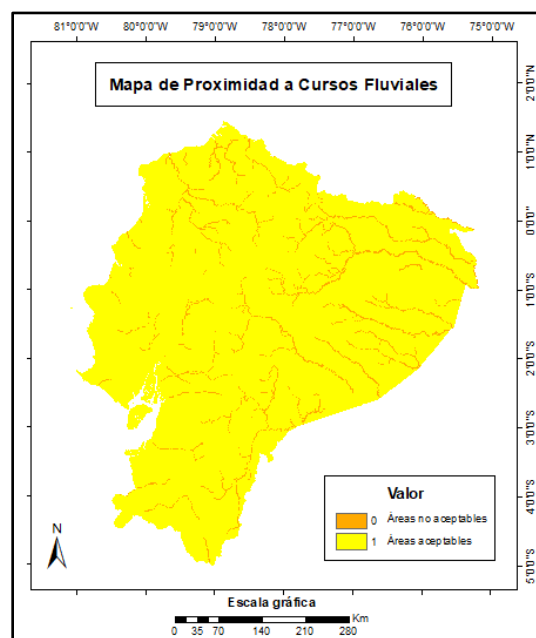


Figura 40. Mapa de Proximidad a Cursos Fluviales

3.4.3 Proximidad a bosques y selvas

Para la selección de las áreas más adecuadas, es necesario considerar la proximidad a bosques o selvas, ya que, si se coloca un teleobservador dentro de estas zonas, podrían interferir en la visibilidad amplia del firmamento.

Para este análisis se realizó la selección de las zonas donde se ubican las selvas y los bosques en todo el Ecuador, generando buffers que se encuentren como mínimo a 100 metros de dichas áreas. Al no contar con información de las distancias a bosques a las que se encuentran otros observatorios, se tomó como referencia la ORDM N° 3457, en el cual se explica el retiro que debe tener cualquier construcción o edificación.

A partir de las valoraciones dadas, se obtuvo un raster (Figura 41), el cual se reclasificó como binario. El valor de 0 lo tomarían las áreas no aceptables y el valor de 1 lo tomarían las áreas aceptables, donde si es posible colocar los teleobservadores.

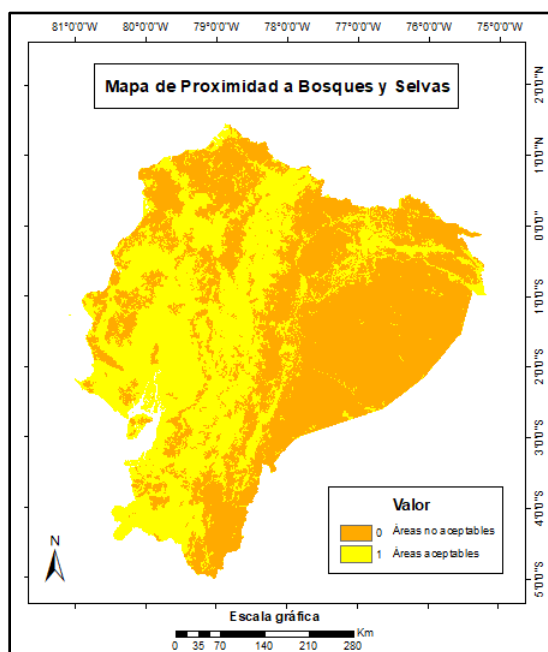


Figura 41. Mapa de Proximidad a Bosques y Selvas

3.4.4 Proximidad a volcanes y nevados

Tanto volcanes como nevados se encuentran en áreas protegidas o reservas ecológicas, las mismas que al encontrarse en las mejores ubicaciones en cuanto a altitud, visibilidad amplia del firmamento y estar libres de contaminación lumínica, se han convertido en auténticos paraísos para colocar observatorios astronómicos (Luis & Natalia, 2005).

Para este análisis se realizó la selección de las áreas donde se ubican los principales nevados y volcanes, generando buffers a 5 km de las faldas de los volcanes, considerando de esta manera, que a partir de esa distancia, las áreas protegidas se considerarían como zonas óptimas para colocar los teleobservadores (Toulkeridis, 2019).

A partir de las valoraciones dadas, se obtuvo un raster (Figura 42), el cual se reclasificó como binario, tomando en cuenta la proximidad a los volcanes. El valor de 0 lo tomarían las áreas no aceptables, donde no es posible colocar el teleobservador, y el valor de 1 lo tomarían las áreas aceptables, donde si es posible colocarlos.

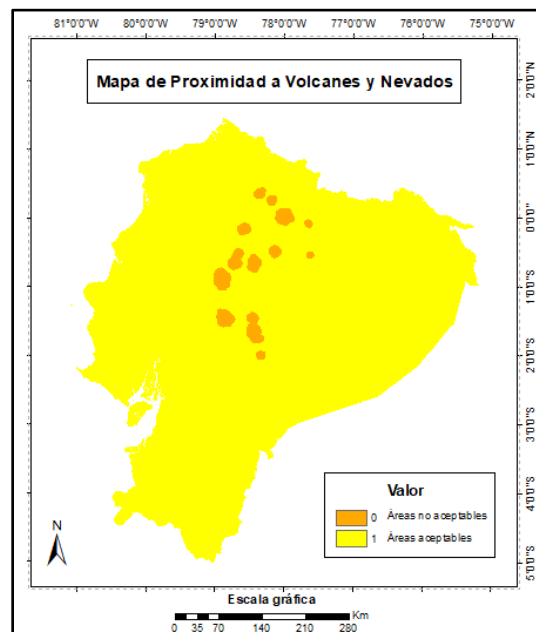


Figura 42. Mapa de Proximidad a Volcanes y Nevados

3.4.5 Movimientos en masa

El shapefile de movimientos en masa se obtuvo de la base de datos de la SNGRE, donde se puede observar la susceptibilidad a movimientos en masa; alta, mediana, moderada y baja o nula. Del archivo vector obtenido, solamente se seleccionó las áreas de baja o nula susceptibilidad, creando un nuevo shapefile para proceder a clasificarlo como una variable binaria, obteniendo un raster (Figura 43), donde las zonas de baja o nula susceptibilidad tomarían el valor de 1, siendo áreas aceptables y las zonas restantes tomarían el valor de 0, siendo áreas inaceptables para colocar los teleobservadores.

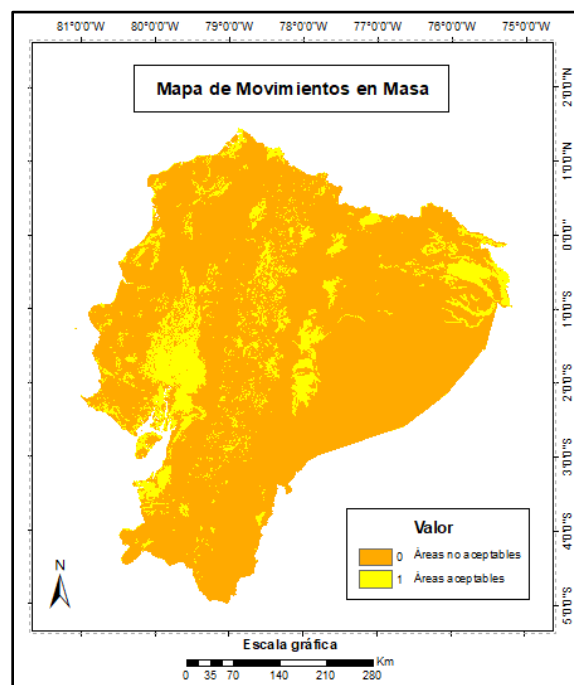


Figura 43. Mapa de Movimientos en Masa

3.4.6 Elevación del terreno

El emplazamiento óptimo de un teleobservador también depende mucho de la elevación del terreno al que se encuentre ubicado, ya que, en el caso de algunos observatorios, éstos se han colocado en las zonas más altas posibles (CONIDA, 2018), con el fin de evitar la contaminación lumínica, la nubosidad y los cursos fluviales, considerado áreas que se encuentran entre los 300, 2300 y 5600 msnm (Varela, 2017).

Por lo tanto, para seleccionar las mejores zonas en cuanto a elevación, se realizó una evaluación de las elevaciones con mayor altura en el Ecuador Continental, determinando los puntos medios de ellas, de esta manera se consideró que el valor con más tendencia sería una altura aproximada de 2300 msnm, tomando en cuenta que en el apartado 3.4.4, ya se descartaron las áreas donde existen volcanes y nevados.

Por consiguiente, para reducir la cantidad de áreas seleccionadas, se identificó las cartas que abarcan las zonas aceptables mediante el Catálogo de Cartas Topográficas del IGM escala 1:50.000 (Figura 44).

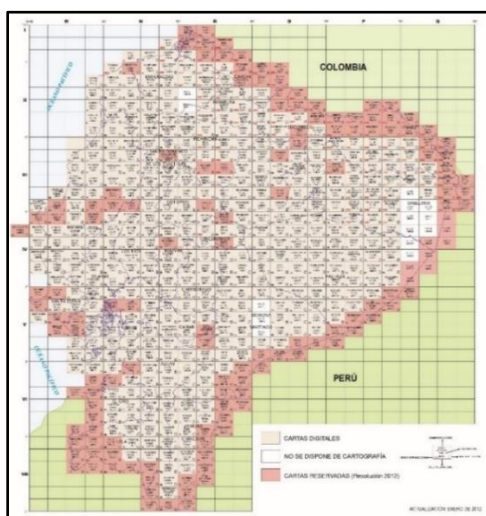


Figura 44. Catálogo de Cartas Topográficas 1:50.000
Fuente: (Geoportal IGM)

Debido a que se tuvo un problema en el proceso por la falta de un servidor de alto procesamiento, se utilizó una metodología de procesamiento distribuido, es decir se tomaron pequeños núcleos de procesamiento para unirlos, generar un mosaico e identificar las zonas con las elevaciones aceptables. De esta manera se seleccionaron, un total de 214 núcleos de procesamiento (cartas topográficas) que cubrirían todas las zonas identificadas, de este total de se considerarían solamente 92 (Figura 45), ya que, solo éstos cumplirían con las especificaciones de poseer zonas con alturas iguales o mayores de 2300msnm. De esta manera, se obtuvo un Modelo Digital de Elevaciones mediante Curvas de Nivel de núcleo de procesamiento identificado y se generó un mosaico y se procedió a reclasificarlo, donde las áreas con alturas iguales o mayores a 2300msnm, tomarían el valor de 1, siendo las únicas áreas aceptables para colocar los teleobservadores y las zonas restantes tomarían el valor de 0, siendo áreas no aceptables.

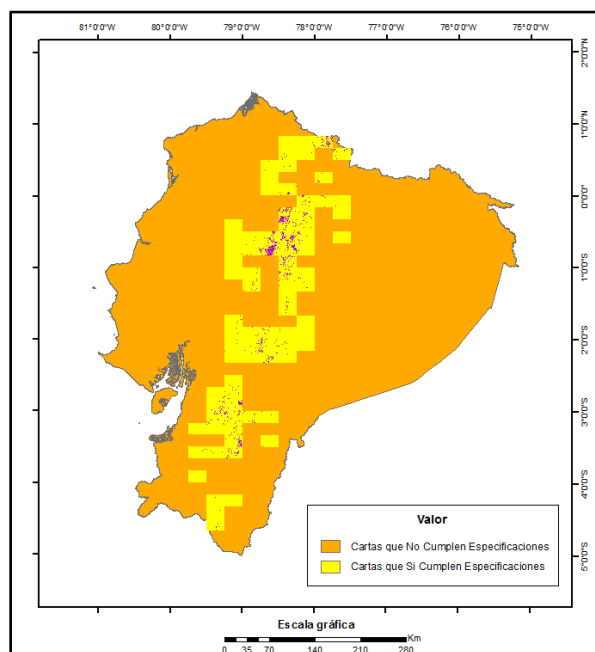


Figura 45. Mapa con Cartas Topográficas que cumplen con especificaciones según la Elevación del Terreno

3.4.7 Pendiente del terreno

Para la construcción de cualquier tipo de edificación, se requieren áreas con pendientes referenciales de un terreno plano, que según la Ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito 041 del Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, debe ser de hasta 2.25° , equivalente al 5% positivo o negativo (Figura 46) (ORDM, 2015).

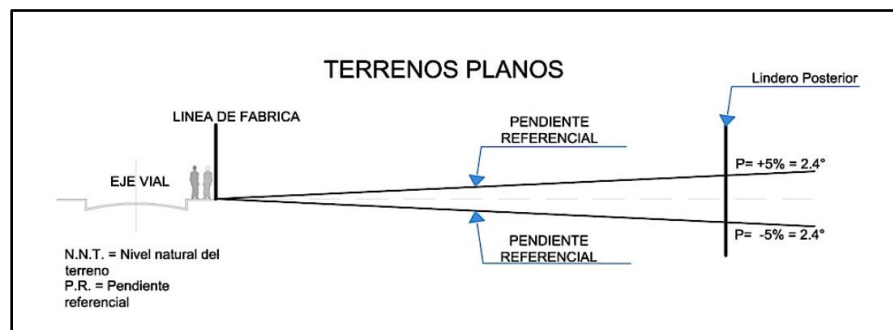


Figura 46. Pendiente referencial de un terreno plano

Fuente: (ORDM, 2015)

Sin embargo, para seleccionar la ubicación óptima de los teleobservadores, se amplió el rango de aceptación, considerando dos categorías: pendientes planas de $0 - 1^\circ$ y pendientes ligeramente suaves de $1 - 3^\circ$ (Oropeza, 2003).

Posterior a la generación de los MDE elaborados en el apartado 3.4.6 para considerar las elevaciones, se generaron Mapas de Pendientes que posteriormente serían reclasificados como raster binario, considerando las dos categorías de pendientes y obteniendo un total de 83 núcleos que cumplirían con los parámetros requeridos (Figura 47).

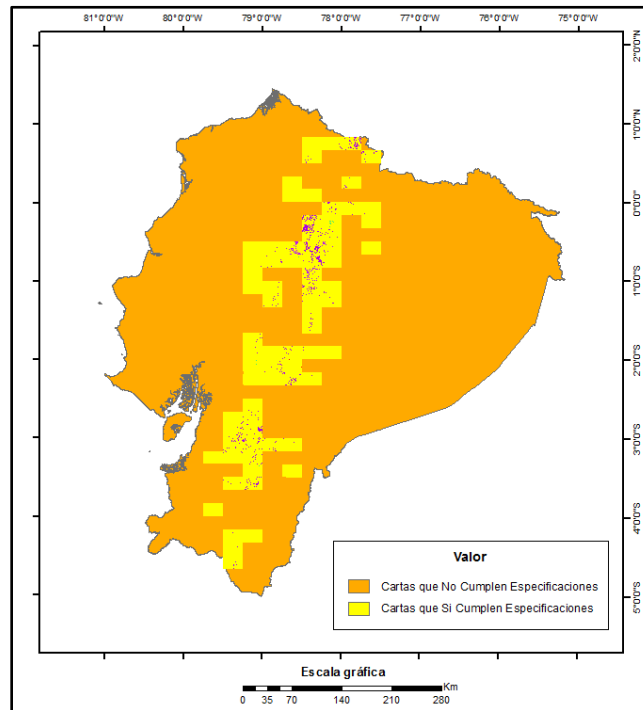


Figura 47. Mapa con Cartas Topográficas que cumplen con especificaciones según la Pendiente del Terreno

Posterior al análisis de los núcleos de procesamiento, que cumplirían con especificaciones según la elevación y la pendiente del terreno, se obtuvo el primer mapa de emplazamientos óptimos, para el cual se utilizó el Árbol de Decisión aplicando Álgebra de Mapas entre todos los raster, obtenidos en los apartados 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4, 3.4.5, 3.4.6 y 3.4.7, obteniendo como resultado el Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos (Figura 48), que también se trata de un raster.

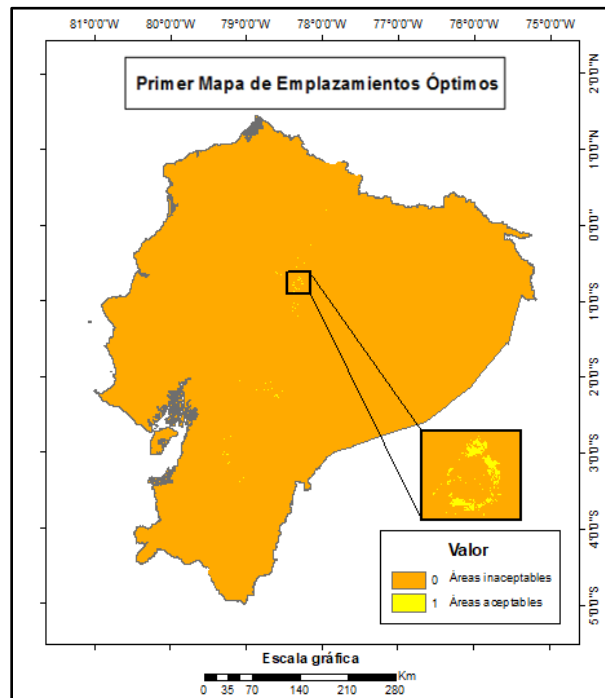


Figura 48. Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos / Mapa_1

El raster obtenido fue clasificado como binario, donde los valores de 1, nuevamente lo tomarían las áreas de emplazamiento consideradas como aceptables y el valor de 0 lo tomarían las áreas consideradas como no aceptables.

3.4.8 Proximidad a Vías

Otra variable importante es la proximidad a vías para tomar en cuenta la accesibilidad que debe existir hacia el observatorio. Según la Ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito 041, los retiros hacia los ejes viales para realizar cualquier tipo de construcción o edificación, debe ser de mínimo 5m, dependiendo del tipo de vía (ORDM, 2015).

Sin embargo, para vías de primer y primerísimo orden, se consideran retiros mucho más grandes, por lo que, en primera instancia se generaron buffers de 25m, lo que indicaría que en

dicha área de influencia no es posible colocar los teleobservadores, como segunda instancia se consideró un buffer adicional de 5 kilómetros, que sería el rango máximo de aceptación para la construcción de los mismos, es decir, si se encuentran a una distancia mayor de 5km o menor de 25m, serán considerados como áreas no óptimas. A partir de las valoraciones dadas se obtuvo un raster, el cual se reclasificó como binario.

Posterior a la obtención del Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos, se generó un mapa de proximidad a vías, obteniendo como resultado un nuevo raster, donde el valor de 0 lo tomarían las áreas no aceptables y el valor de 1 lo tomarían las áreas aceptables. El raster obtenido se lo convirtió a polígono, identificando de mejor manera las áreas más adecuadas (Figura 49).

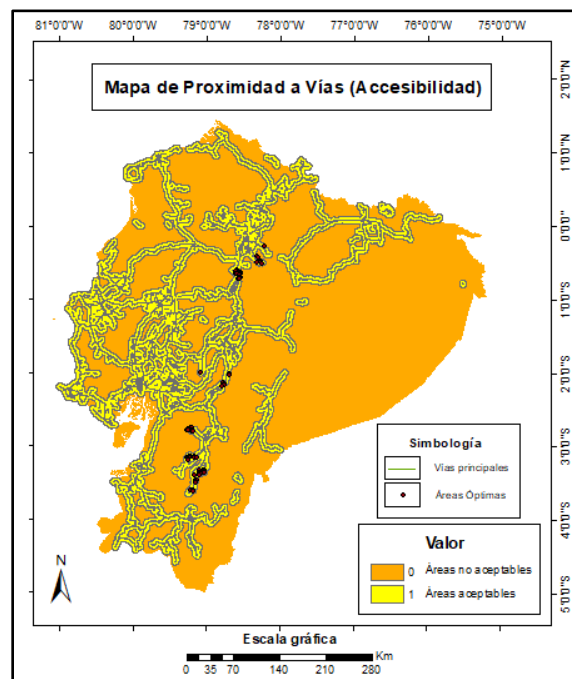


Figura 49. Mapa de Proximidad a Vías (Accesibilidad)

3.4.9 Proximidad a Sistemas de Extracción y Represas

Otra de las variables importantes es la proximidad a los sistemas de extracción y represas, tomando en cuenta la seguridad antrópica necesaria con la que debe contar un observatorio. Según la Ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito 041, los retiros de construcción deben ser de 100m como mínimo desde el eje o límite de cualquier sistema de extracción (instalaciones petrolíferas, estaciones de bombeo, campos petrolíferos, minas, canteras, etc.) (ORDM, 2015).

A partir del Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos y de las valoraciones dadas se generó un buffer de 100 metros para cada sistema de extracción y para cada represa, identificando que las áreas óptimas no se encuentren dentro de dichas áreas, así se obtuvo un nuevo ráster (Figura 50), donde el valor de 0 lo tomarían las áreas no aceptables y el valor de 1 lo tomarían las áreas aceptables.

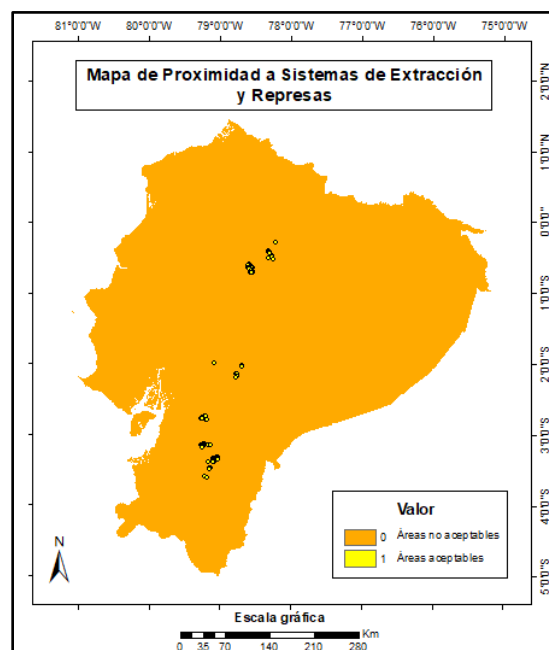


Figura 50. Mapa de Proximidad a Sistemas de Extracción y Represas (Seguridad)

3.4.10 Servicio de Energía Eléctrica

Otra variable importante es el servicio de energía eléctrica, considerando que para las áreas óptimas se deberá tomar en cuenta la Comunicación necesaria con la que debe contar un observatorio. Según la ARCONEL, los retiros de construcción deben ser de 16, 20, 30 y 60m desde el límite de cualquier tipo de instalación eléctrica, dependiendo del nivel de voltaje de la línea eléctrica, debido a que en la faja de servidumbre está prohibido el levantamiento de edificaciones de cualquier tipo (Figura 51) (ARCONEL, 2018).

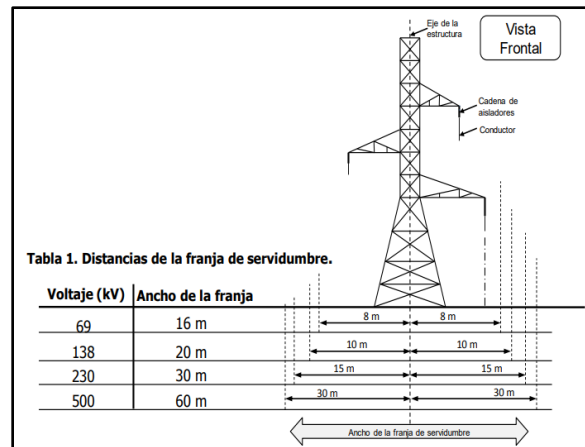


Figura 51. Ancho de las franjas de servidumbre
Fuente: (ARCONEL, 2018)

A partir de las valoraciones dadas, en primera instancia se generaron buffers de 60m, lo que indicaría que en dicha área de influencia no es posible colocar los teleobservadores, y, como segunda instancia se consideró un buffer adicional de 500m, que sería el rango máximo de aceptación para la construcción de los mismos; es decir, si se encuentran a una distancia mayor de 500m o menor de 60m, serán considerados como áreas no óptimas, debido a que depende mucho del tamaño de la línea y el número de líneas de transmisión (ONU, 2014). A partir de las valoraciones dadas, se generó un nuevo ráster (Figura 52), donde el valor de 0 lo tomarían las áreas no aceptables y el valor de 1 lo tomarían las áreas aceptables.

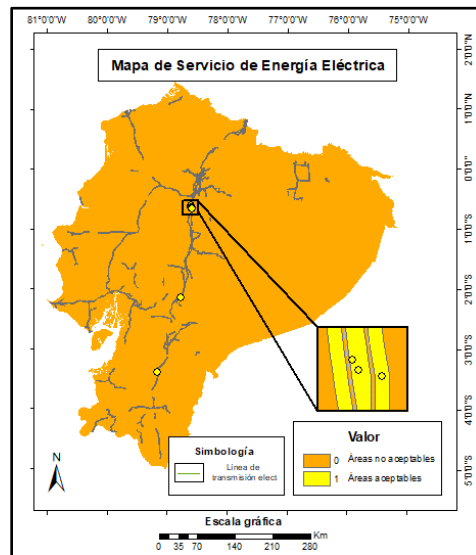


Figura 52. Mapa de Servicio de Luz Eléctrica (Comunicación)

Posterior al análisis de las variables que cumplirían con especificaciones según la proximidad a vías, proximidad a sistemas de extracción, represas y servicios de energía eléctrica, se utilizó nuevamente el Árbol de Decisión aplicando Álgebra de Mapas entre todos los raster obtenidos en los apartados 3.4.8, 3.4.9 y 3.4.10, obteniendo como resultado el Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos (Figura 53), que también se trata de un raster.

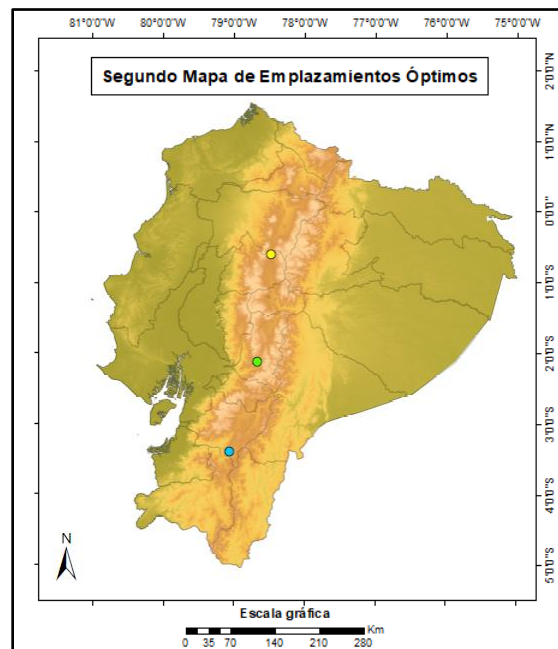


Figura 53. Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos / Mapa_2

3.4.11 Redes de Cobertura

Otra de las variables importantes, son las Redes de Cobertura de Internet, considerando que para las áreas óptimas se deberá tomar en cuenta la Comunicación necesaria con la que debe contar un observatorio para la Transmisión de Datos a la SNGRE o a los Organismos encargados de la Distribución de la información obtenida.

Es necesario asegurar que una Red de Teleobservación cuente con el criterio de Comunicación, por lo que se analizaron los mapas de coberturas de internet de las empresas de telecomunicaciones como CNT (Figura 54), Claro (Figura 55) y Movistar (Figura 56), identificando que en los resultados del apartado 3.4.10, las zonas resultantes se encuentran en áreas donde si es posible realizar transmisión de datos.

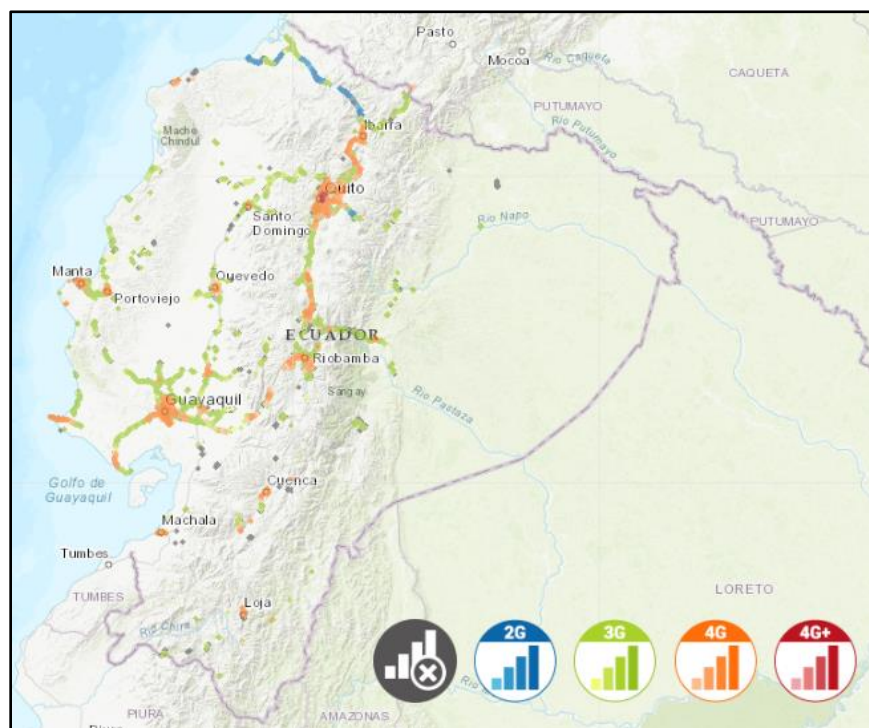


Figura 54. Mapa de Cobertura - CNT Móvil
Fuente: (Redes móviles Ecuador / www.nperf.com)



Figura 55. Mapa de Cobertura - CLARO Móvil
Fuente: Fuente: (Redes móviles Ecuador / www.nperf.com)

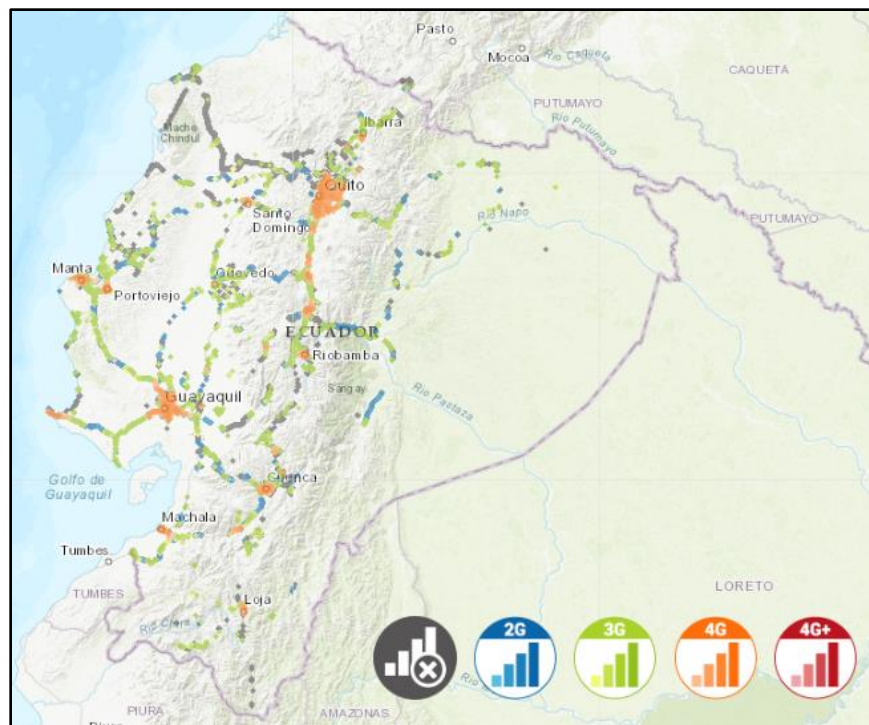


Figura 56. Mapa de Cobertura – MOVISTAR Móvil
Fuente: (Redes móviles Ecuador / www.nperf.com)

3.4.12 Nubosidad

Tanto la nubosidad como la luminosidad, son las variables atmosféricas más importantes que influyen de manera directa para una observación astronómica óptica, ya que, si nos encontramos con un firmamento totalmente o parcialmente nublado, no se pueden realizar observaciones ópticas de ninguna manera (OMAA, S.F)(CONIDA, 2018).

Posterior a los resultados del apartado 3.4.10, se observó que las zonas resultantes son mucho más pequeñas, por lo que se analizó la nubosidad de cada una de ellas, con la finalidad de determinar el tipo de teleobservadores que se deberían utilizar para la implantación de la Red. Para este análisis, se consideraron los anuarios meteorológicos publicados del INAMHI, de los años 2011, 2012 y 2013, tomando en cuenta las zonas cubiertas de nubes visibles en el firmamento, donde se divide a la bóveda celeste en octas (Figura 57). La nubosidad media mensual se calcula con un mínimo de 20 datos medios diarios, los mismos que permiten identificar el estado del firmamento (Figura 58) (INMAHI, 2017).




Símbolo	Extensión cielo cubierto	
	0/8	Despejado
	1/8	Poco nuboso
	2/8	Poco nuboso
	3/8	Poco nuboso
	4/8	Nuboso
	5/8	Nuboso
	6/8	Muy nuboso
	7/8	Muy nuboso
	8/8	Cubierto

Figura 57. Nubosidad expresada en octas de cielo

Fuente: (Canaltiempo21, 2016)





CANTIDAD DE OCTAS	CONCEPTO	SÍMBOLO
0	Despejado	
1 a 2	Escasa nubosidad	
3 a 4	Nubosidad parcial	
5 a 7	Nublado	
8	Cubierto	

Figura 58. Escala para cifrar la cantidad de nubes en el firmamento

Fuente: (<http://artigoo.com/estado-cielo>, 2012)

Se conoce que las precipitaciones constantes demuestran una fuerte nubosidad y tienden a poseer menos horas de sol (Comisión Mixta de Cooperación Amazónica, 1987).

Para continuar con la metodología y especificar el tipo de teleobservador a colocar, se identificó las áreas obtenidas en el apartado 3.4.10 dependiendo de la provincia y mediante los anuarios meteorológicos del INAMHI se observó la nubosidad media mensual de cada zona identificada.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se describen los resultados de la metodología para diseñar la Red Ecuatoriana de Teleobservación. Lo cual implicó el estudio de algunas variables para identificar de mejor manera los emplazamientos óptimos para colocar los teleobservadores de la red, garantizando que las áreas seleccionadas se encontrarían en las mejores condiciones geográficas y atmosféricas.

4.1 Caracterización de las variables

Las variables seleccionadas para el análisis de los emplazamientos óptimos para el diseño de la red, se seleccionaron en base a datos extraídos de los mejores observatorios astronómicos alrededor del mundo. La disponibilidad de dicha información fue el determinante al momento de seleccionar las variables a ser analizadas, además de su caracterización mediante recopilación bibliográfica.

Las variables seleccionadas han sido consideradas como las más importantes al momento de elegir un emplazamiento óptimo para colocar los teleobservadores, ya que, para elegir la mejor ubicación de un observatorio se debe buscar lugares con las mejores condiciones geográficas y atmosféricas durante todo el año. Es así que, para determinar las distancias más adecuadas a las que se puede colocar un teleobservador, se determinaron los valores mínimos a los cuales se podrían situar.

Los valores mínimos que se tomaron en cuenta, han sido considerados como datos aproximados, ya que fueron determinados en referencia a observatorios astronómicos como: España, Chile, Perú, Argentina, Estados Unidos, India, Tokio y Australia; para los cuales no se ha establecido una metodología específica que permita seleccionar los emplazamientos óptimos para colocar teleobservadores, sin embargo, se conocen los datos de proximidad, distancias, pendientes y elevaciones que se han requerido para colocarlos en dichas áreas. Estos datos se obtuvieron de servidores en línea y páginas oficiales de cada Observatorio Astronómico.

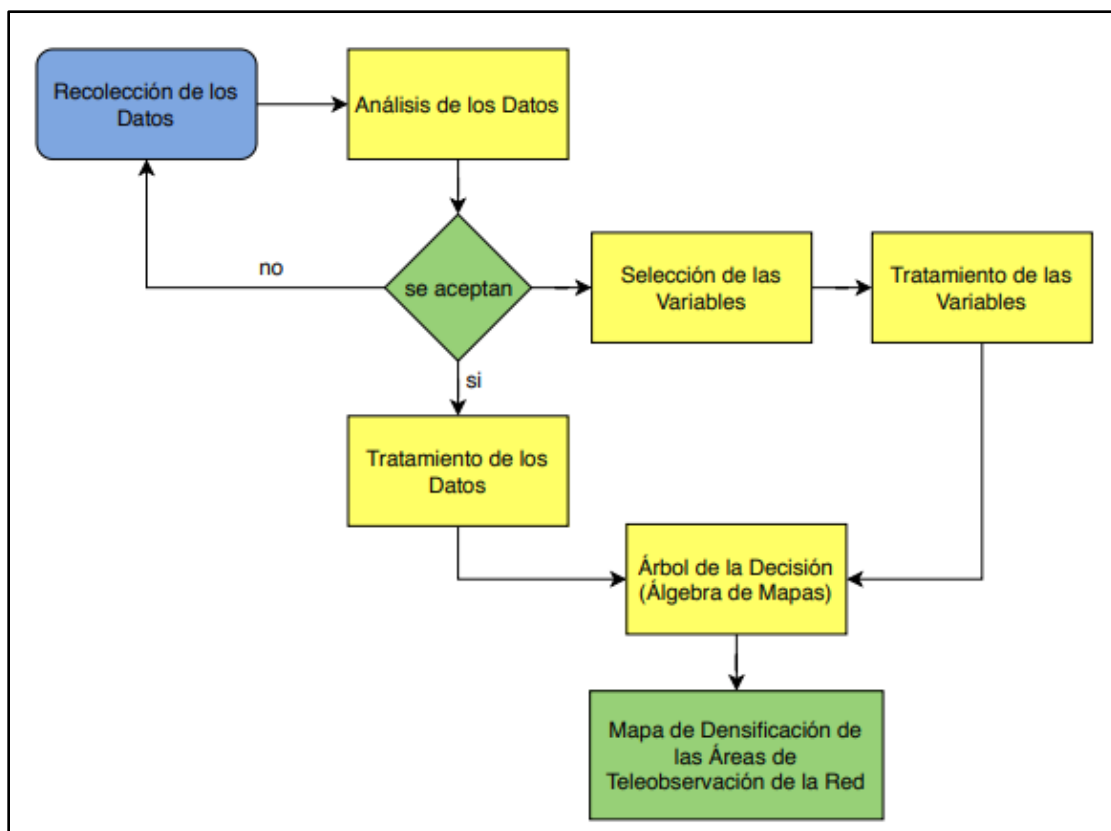


Figura 59. Modelo del proceso para la selección de datos y caracterización de variables

4.2 Identificación de los Emplazamientos Óptimos

Con el fin de realizar un análisis visual dentro del área de estudio, se generaron mapas para cada una de las variables seleccionadas y para obtener un solo mapa resultante, se aplicó Álgebra de Mapas, dando como resultado la Figura 60, para el cual se analizaron previamente las variables de proximidad a núcleos urbanos, proximidad a cursos fluviales, proximidad a bosques y selvas, proximidad a volcanes, movimientos en masa, pendientes y elevaciones del terreno. De esta manera, el Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos nos permite observar claramente las zonas más adecuadas en color amarillo, en las mismas que sería recomendable colocar los teleobservadores de la Red.

Al momento de analizar las áreas inaceptables obtenidas en la Figura 60, se entiende que las mismas han sido discriminadas por carecer de los requerimientos necesarios para colocar un teleobservador. La mayor parte del territorio ha sido excluido por encontrarse en zonas de alto riesgo, deslizamientos, bosques o inclusive por tratarse de zonas con contaminación lumínica excesiva, y, por supuesto por no cumplir con el límite en cuanto a elevación y pendiente del terreno.

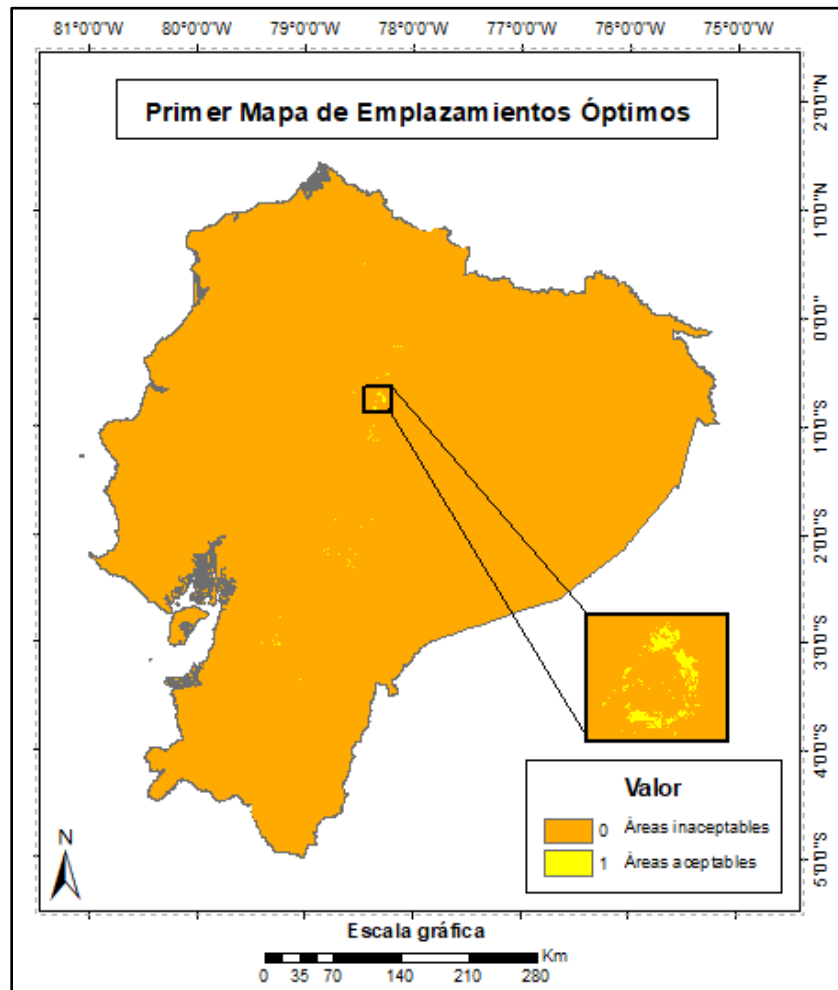


Figura 60. Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos

Con el fin de reducir las áreas obtenidas en la Figura 60, se realizó un análisis posterior en cuanto a proximidad a vías, proximidad a sistemas de extracción, represas y servicios de energía eléctrica, ya que, un emplazamiento óptimo para colocar los teleobservadores debe contar con Accesibilidad, Seguridad y Comunicación, las mismas que se analizaron en cuanto a vías de primer y primerísimo orden, áreas de sistemas de extracción (instalaciones petrolíferas, estaciones de bombeo, campos petrolíferos, minas, canteras, etc.), represas y líneas de transmisión eléctrica, obteniendo un nuevo mapa y aplicando nuevamente Álgebra de Mapas

entre el Primer Mapa de Emplazamientos Óptimos y los mapas de proximidad a vías, proximidad a sistemas de extracción y represas y servicios de energía eléctrica, dando como resultado la Figura 61. De esta manera el Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos nos permite identificar claramente tres zonas, que según la metodología realizada, serían los emplazamientos más adecuados para colocar los teleobservadores de la Red, ya que cumplen con todos los requerimientos planteados.

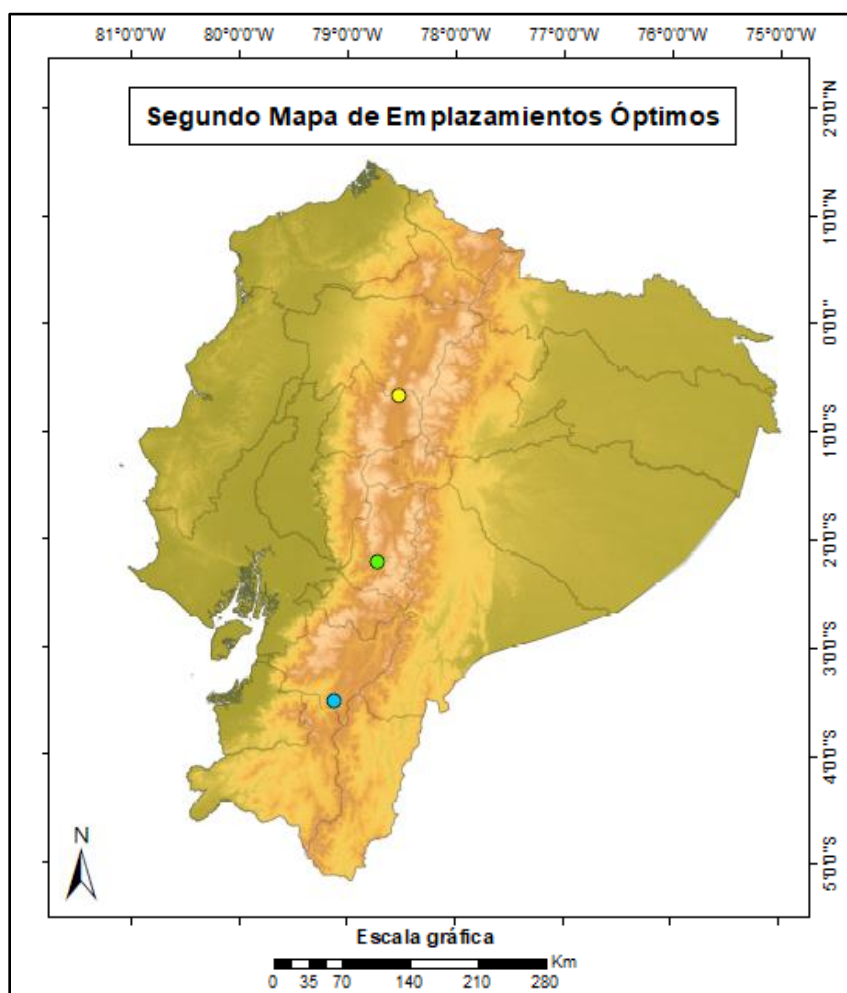


Figura 61. Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos

La ubicación de los emplazamientos óptimos para la implantación de la Red de Ecuatoriana de Teleobservación, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 4.

Ubicación de los Emplazamientos Óptimos para la Implantación de la Red de Teleobservación

UBICACIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS ÓPTIMOS			
ZONA	PROVINCIA	ESTE	NORTE
Zona 1	Cotopaxi	768152.043	9927866.589
Zona 2	Chimborazo	746686.105	9762487.404
Zona 3	Azuay	703612.128	9624213.802

Posteriormente, se identificó las Redes de Cobertura de Internet tanto de CNT, Claro y Movistar, considerando que para las áreas óptimas se deberá tomar en cuenta la Comunicación necesaria con la que debe contar un observatorio para la Transmisión de Datos. De esta manera se consideró que las áreas identificadas como aceptables del Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos, si cuentan con Transmisión de Datos y si es posible implantar la Red de Teleobservación en las tres zonas establecidas.

Por último, para determinar el tipo de teleobservadores adecuados para la implantación de la Red de Teleobservación, se realizó un análisis de nubosidad mediante los anuarios meteorológicos del INAMHI, considerando solamente las estaciones meteorológicas que cubran las zonas identificadas, de esta manera, se analizó la nubosidad media de cuatro estaciones (Tabla 5).

Tabla 5.

Nubosidad Media medida en octas, de las Estaciones Meteorológicas ubicadas en las áreas obtenidas del Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos

M0120 – COTOPAXI CLIRSEN				M0130 – CHILLANES			
	2011	2012	2013		2011	2012	2013
ENE	6	7	6	ENE	8	8	8
FEB	7	7	7	FEB	8	8	8
MAR	6	7	6	MAR	6	8	8
ABR	7	7	6	ABR	8	8	6
MAY	6	7		MAY	4	8	6
JUN	7	6	7	JUN	6	7	5
JUL	7	6	7	JUL	5	5	
AGO	6	6	7	AGO	4	4	5
SEP	7	6		SEP	4	3	5
OCT	7	7	6	OCT		6	6
NOV	6	6	5	NOV	5	6	5
DIC	7	6	5	DIC	7	6	6

M0136 – CHUNCHI				M0032 – SANTA ISABEL INAMHI			
	2011	2012	2013		2010	2011	2012
ENE	6	6	6	ENE	7	7	8
FEB	7	5	6	FEB	7	7	8
MAR	4	5	5	MAR	7	6	7
ABR	6	5	5	ABR	7	7	7
MAY	3	6	5	MAY	6	6	7
JUN	4	4	3	JUN	6	6	5
JUL	4	3	3	JUL	6	6	5
AGO	4	3	3	AGO	5	5	
SEP	4	3	4	SEP	5	5	
OCT	5	5	4	OCT	5	6	
NOV	4	5	4	NOV	5	6	
DIC	5	5	5	DIC	7	7	

Fuente: (INMAHI, 2017)

De esta manera se identificó que las tres zonas obtenidas en el Segundo Mapa de Emplazamientos Óptimos, poseen un firmamento nublado y totalmente cubierto por más de seis meses al año, por lo que se ha decidido colocar tres radiotelescopios en las áreas identificadas (Figura 62), cubriendo de esta manera todo el territorio Ecuatoriano y obteniendo redundancia de los datos monitoreados.

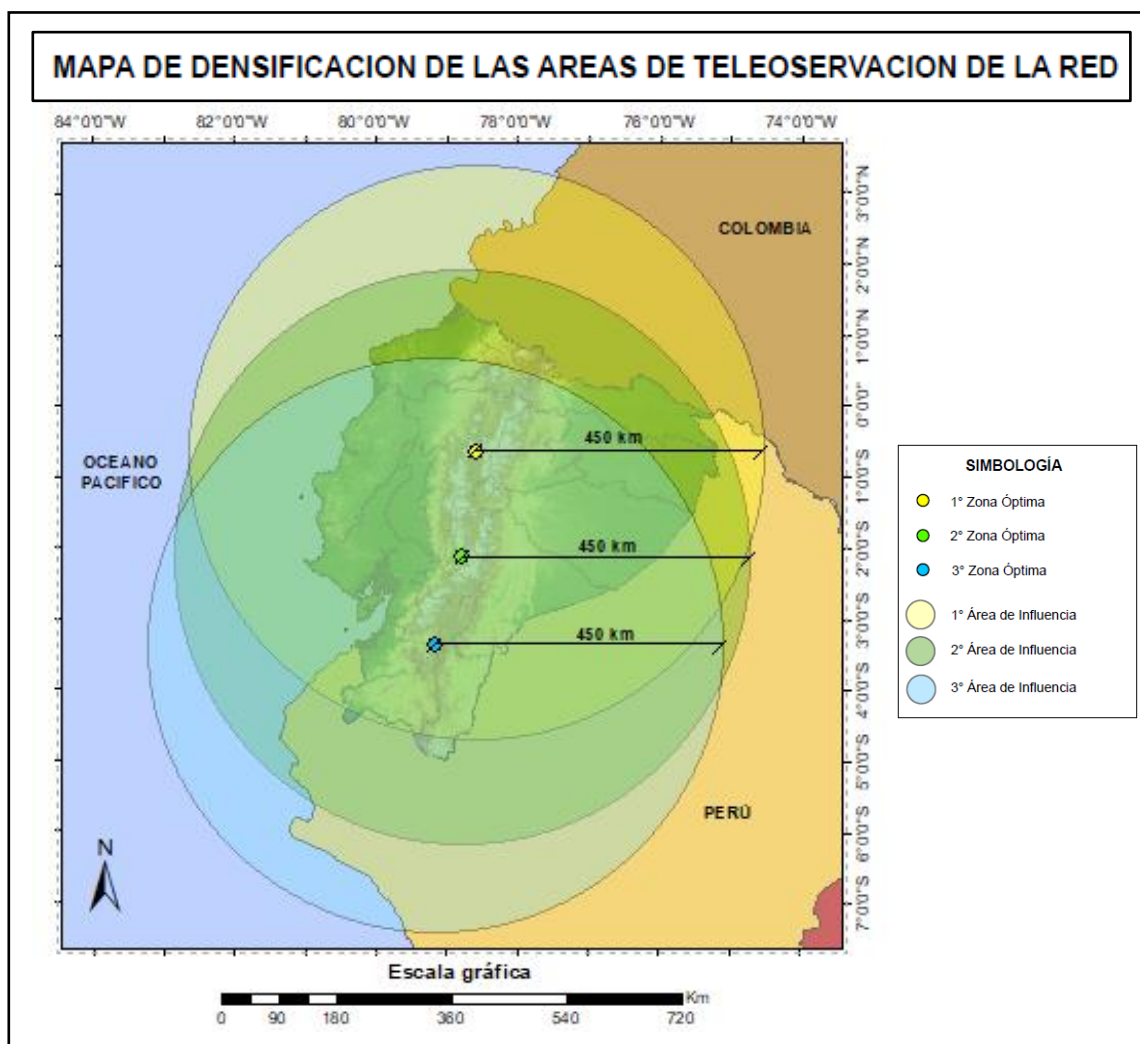


Figura 62. Mapa de Emplazamientos Óptimos para la Red Ecuatoriana de Teleobservación

Posterior a la obtención del Mapa de Densificación de las Áreas de Teleobservación de la Red (Figura 62), se logró determinar las áreas de cobertura entre cada una de las zonas óptimas, es decir, se realizó una intersección entre las áreas de influencia de la primera y segunda zona óptima (Figura 63), primera y tercera zona óptima (Figura 64), y, segunda y tercera zona óptima (Figura 65), identificando de esta manera las áreas de cobertura que cubrirían los radiotelescopios ubicados en las tres áreas seleccionadas como óptimas para la implantación de los puntos de control de la Red de Teleobservación.

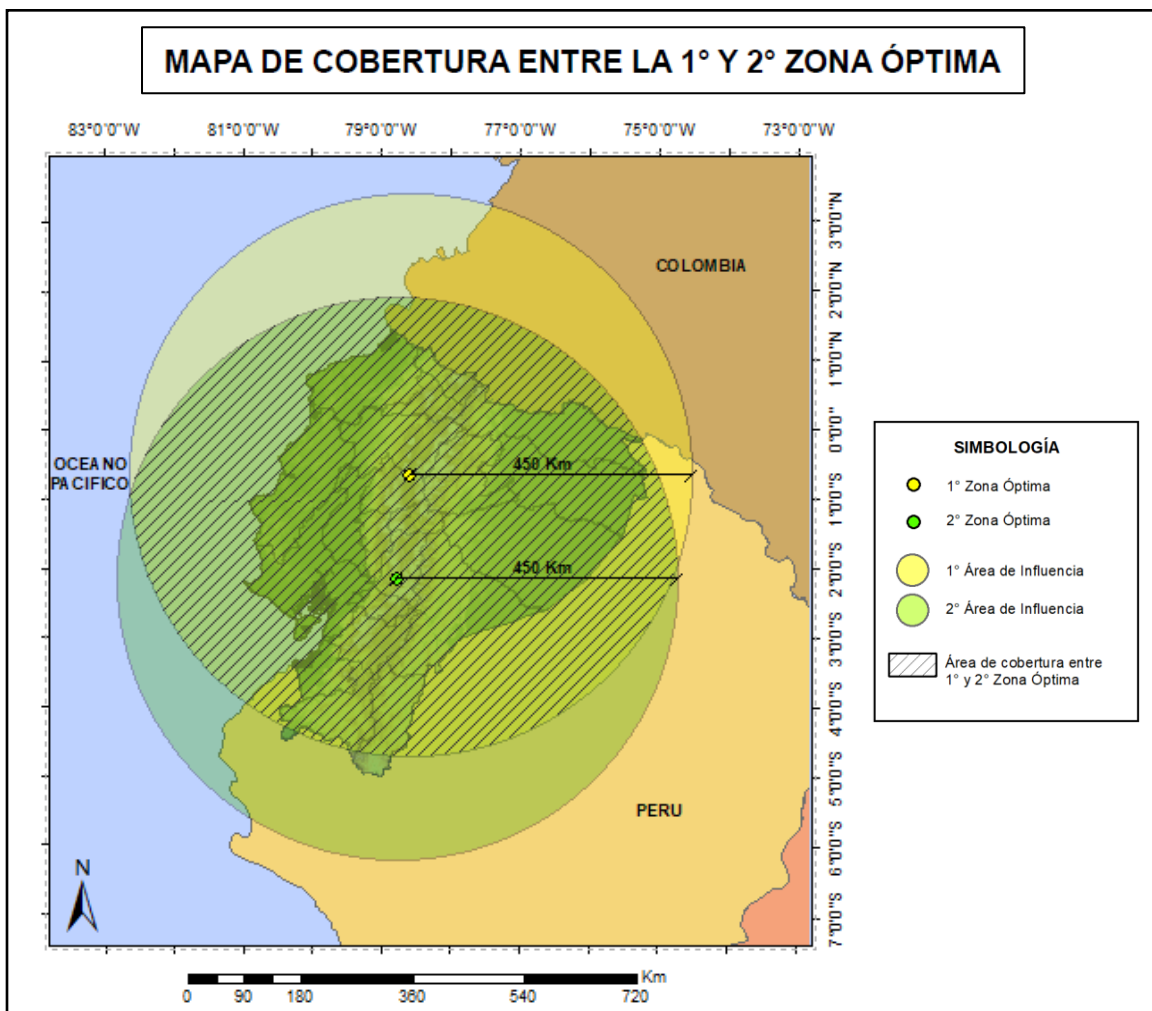


Figura 63. Mapa de cobertura entre la 1° y 2° zona óptima

En la Figura 63, se puede observar el área de cobertura entre la primera y segunda zona óptima, identificando que una gran extensión de la superficie del Ecuador Continental se cubre con la intersección de ambas áreas de influencia, a excepción de unas pequeñas zonas al sur de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe. Demostrando así, que se tendría redundancia total de datos en 22 provincias del país.

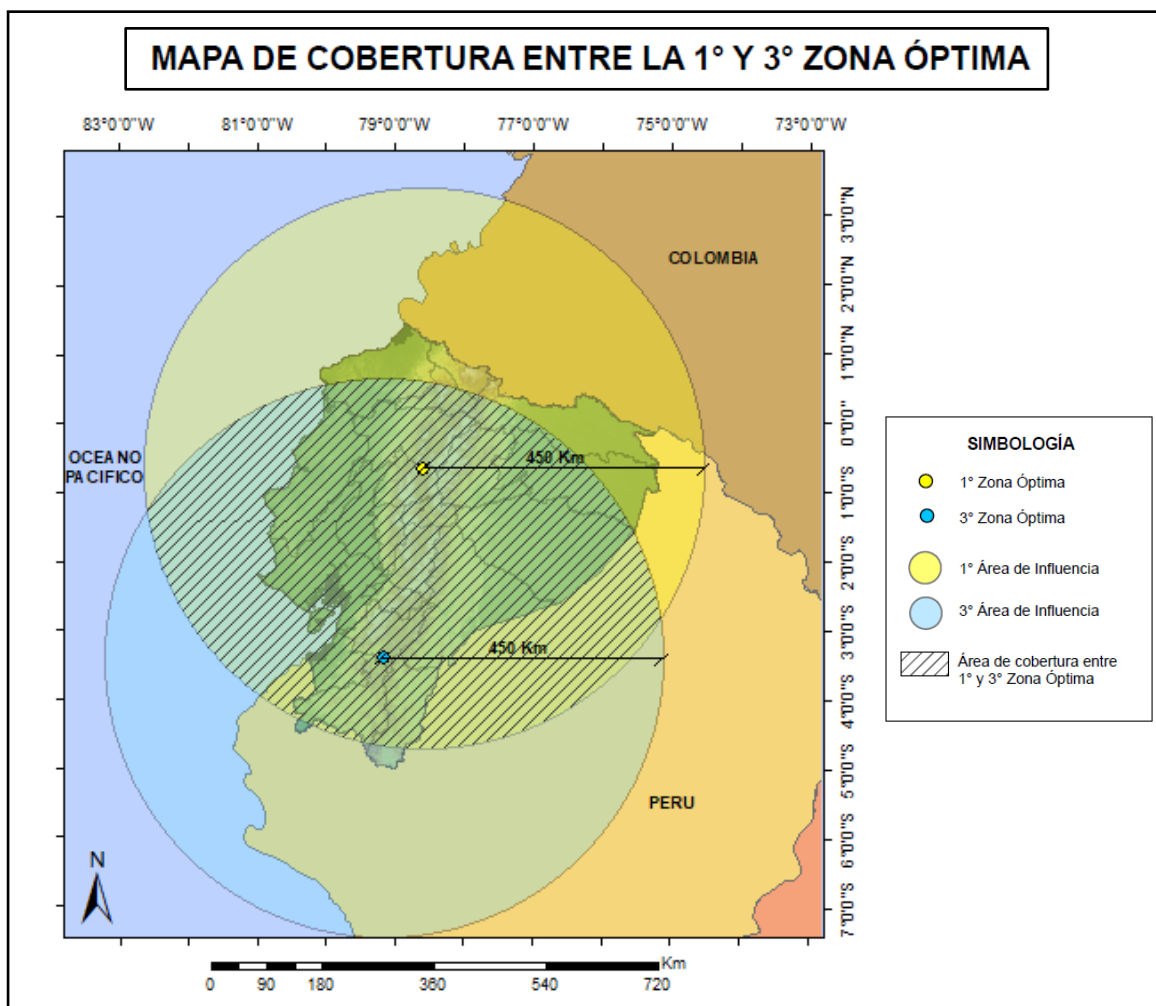


Figura 64. Mapa de Cobertura entre la 1° y 3° zona óptima

En la Figura 64, se puede observar el área de cobertura entre la primera y tercera zona óptima, identificando que la mayor parte de la superficie del Ecuador Continental se cubre con la intersección de ambas áreas de influencia, a excepción de la zona norte de las provincias de Esmeraldas, Carchi, Imbabura, Sucumbíos y Orellana, y de la zona sur de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe. Demostrando así, que se tendría redundancia total de datos en 16 provincias del país.

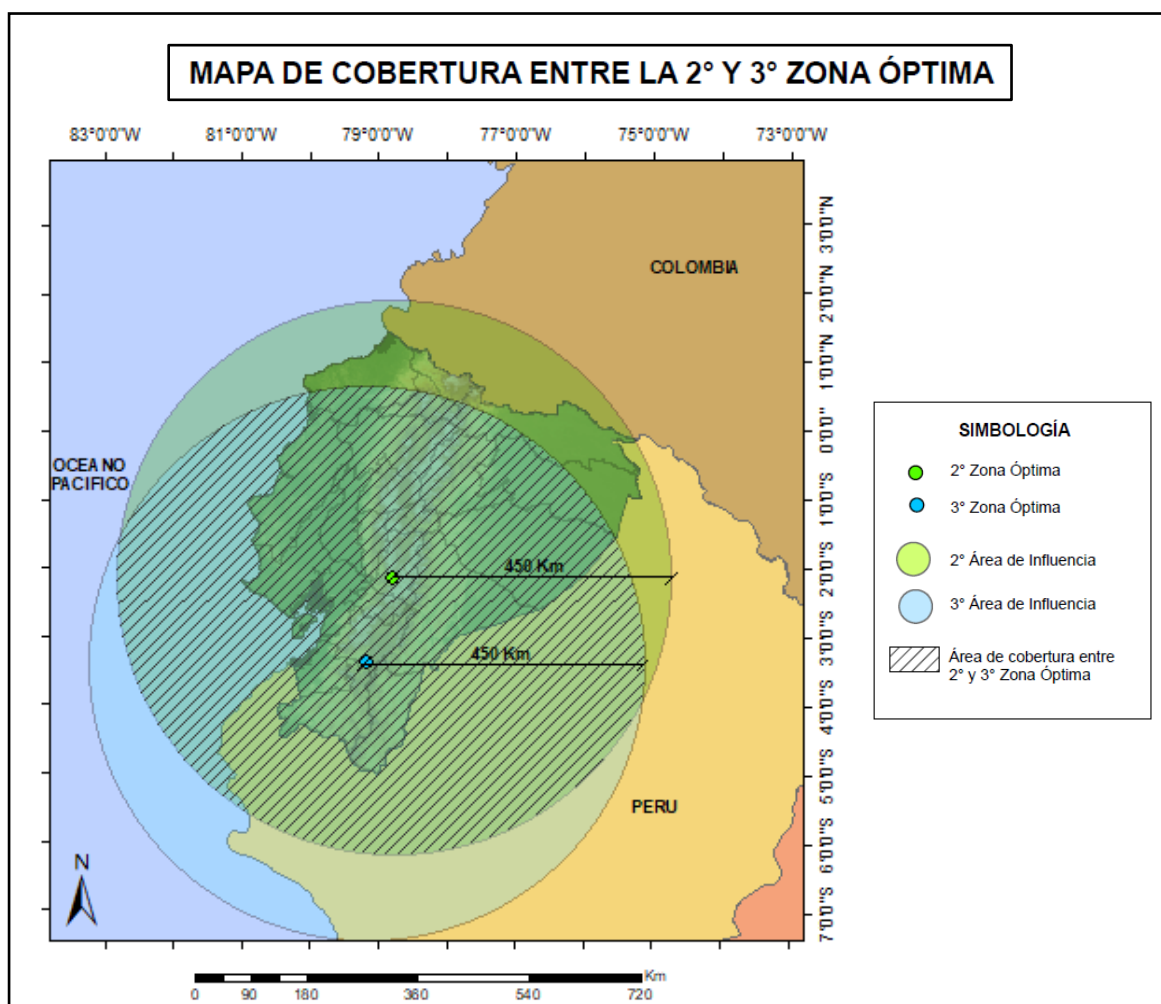


Figura 65. Mapa de Cobertura entre la 2° y 3° zona óptima

En la Figura 65, se puede observar el área de cobertura entre la segunda y tercera zona óptima, identificando que la mayor parte de la superficie del Ecuador Continental se cubre con la intersección de ambas áreas de influencia, a excepción de la zona norte de las provincias de Esmeraldas, Carchi, Imbabura, Sucumbíos y Orellana. Demostrando así, que se tendría redundancia total de datos en 18 provincias del país.

CAPÍTULO V

PROCEDIMIENTOS Y PROTOCOLO DE ACTIVACIÓN

La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias es un ente público responsable de la protección y seguridad de las personas de todo el territorio Ecuatoriano, la misma que realiza colectivamente ante los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico, generando políticas, estrategias, normas y leyes que permiten promover la identificación, análisis, prevención y mitigación de riesgos, incrementando la efectividad de las acciones de respuesta ante las necesidades que presenta la población (SNGRE, S.f).

Ha desarrollado programas que se enfocan en la atención a emergencias, reduciendo el riesgo ante cualquier tipo de amenaza, como: amenazas por movimientos en masa, inundaciones, caída de ceniza, incendios forestales, oleaje, tsunamis, sismos, terremotos y patrones climáticos que resultan ser amenazas bastante relevantes (SNGRE, S.f). Sin embargo, la SNGRE no ha considerado la amenaza por caída de objetos del espacio, que resulta ser un riesgo inminente para toda la sociedad. Es así que, al realizar el presente proyecto de investigación se consideró que la caída de basura espacial, debe implementarse como una amenaza más para toda la población.

La Red de Teleobservación se ha planteado como un sistema para el monitoreo de basura espacial y meteoritos, que funcionaría las 24 horas de los 365 días del año, con el fin de proporcionar la información necesaria a la SNGRE y para el público en general, mediante el Sistema de Comando y Control para Emergencias C4E.

El Comando, Control, Computadoras, Comunicaciones, Emergencias – C4E (Figura 66), se trata de un sistema que pertenece al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, y sirve para apoyar y solventar en el proceso de toma de decisiones, los mismos que se encuentran orientados a emergencias en sistemas de alerta temprana. Se encarga de proporcionar la información actualizada y consistente de cualquier situación anómala, optimizar la toma de decisiones, apoyar la planeación operativa, permitir el modelamiento y simulación de situaciones; logrando enlazar a todos los sistemas de la Estructura Espacial Ecuatoriana – EEE (Estrella, C, 2015).

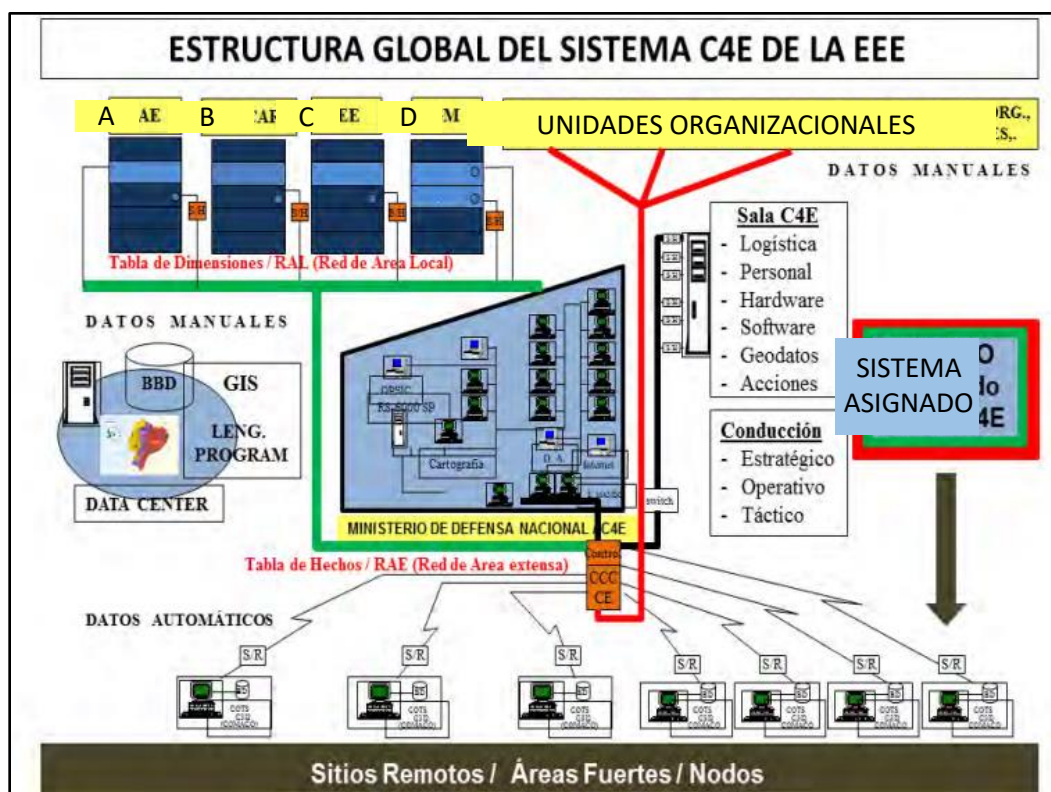


Figura 66. Estructura Global del Sistema C4E

Fuente: (Estrella, C, 2015)

Por lo que, para iniciar con las actividades que conllevan a la activación de la misma es necesario generar un proceso de implementación de la Red (Figura 67) y un protocolo de activación, para el que se ha tomado en cuenta algunas consideraciones como: objetivos de la

implementación de la Red Ecuatoriana de Teleobservación, criterios de la activación, intervención de los entes participantes, procedimientos generales, mecanismos necesarios para coordinar las instancias participantes en el proyecto y las instrucciones necesarias para facilitar el intercambio de información.

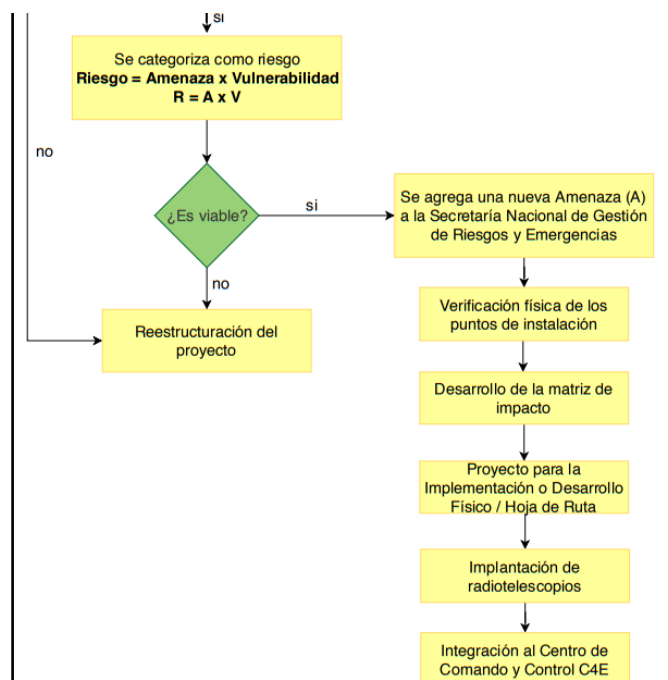


Figura 67. Diagrama de Procesos de Implementación de la Red de Teleobservación

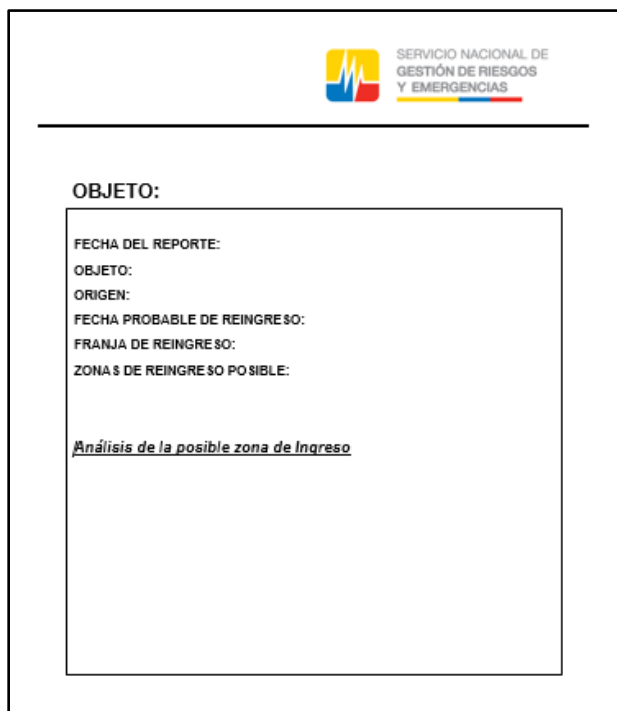
De esta manera, para generar el protocolo de activación de la Red Ecuatoriana de Teleobservación diseñada, deberán reunirse los siguientes requisitos:

1. Para la implantación de la Red de Teleobservación es necesario establecer como primer punto las áreas de competencia, con las cuales se desarrolle un plan de implementación para identificar el accionar de cada ente participante en el proyecto.
2. Dentro del contexto de amenazas a la población, es importante dar prioridad a todo tipo de emergencias en razón de las multiamenazas que afectan a nuestro país, por lo que es necesario estandarizar procesos, homogenizar sistemas y descentralizar

coordinación y control, que vayan orientados a proporcionar la infraestructura necesaria para que se cumplan con los objetivos.

3. El diseño de la Red está planteada y verificada, por lo tanto, como un objetivo posterior, sería la implantación de la infraestructura, coordinando con los entes u organizaciones participantes, para que el proyecto conste dentro de su planificación.
4. Será necesario tomar en cuenta las áreas establecidas en la metodología realizada, colocando teleobservadores (radiotelescopios) que se encargarán de detectar de forma bastante precisa los fragmentos de basura espacial con tamaños mayores a 10 centímetros, ya que los desechos con tamaños menores a 1 centímetro, resultarían ser completamente invisibles para el ojo humano, a pesar de existir varios millones de ellos en el espacio.
5. Es necesario planificar y definir el perfil general del personal profesional requerido (Project Manager) para el centro de mando y control de los teleobservadores, quienes deberán generar una alerta inmediata al C4E, el mismo que se encargará de transmitir la información a la SNGRE, reportando algún evento anómalo de caída de basura espacial que se registre con los radiotelescopios.
6. Se establece como una acción planificada, el obtener un inventario de todos los equipos e implementos necesarios, con los que deben contar los centros de mando y control y la Red de Teleobservación.
7. Durante la detección de basura espacial mediante los radiotelescopios, se generará, validará e ingresará geoinformación proveniente de fuentes propias o externas, la misma que deberá concentrarse en un Data Center.

8. Toda la información sobre los diferentes eventos sucedidos, serán registrados en informes y reportes estandarizados (Figura 68), que posteriormente serán transferidos a una base de datos electrónica, remitiendo constantemente una información detallada a las autoridades de la SNGRE.



Logo del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) en la parte superior derecha.

OBJETO:

FECHA DEL REPORTE:
OBJETO:
ORIGEN:
FECHA PROBABLE DE REINGRESO:
FRANJA DE REINGRESO:
ZONAS DE REINGRESO POSIBLE:

Análisis de la posible zona de Ingreso

Figura 68. Reporte Estandarizado propuesto

En el reporte propuesto (Figura 68), se deberá identificar el nombre del objeto que estaría próximo a caer en el Ecuador, identificando su origen y la fecha probable de reingreso del objeto. En el caso de la franja de reingreso, los radiotelescopios se encargarán de monitorear las ondas de radio emitidas por el objeto, para identificar aproximadamente las zonas donde el objeto podría caer, analizando además, el posible riesgo o amenaza que se generaría para la población.

9. El personal encargado del centro de mando y control de la Red de Teleobservación, no asumirá responsabilidad alguna con respecto a cualquier tipo de interpretación, acción, divulgación, consecuencia u omisión que terceros puedan llevar a cabo, teniendo como base los informes generados.
10. La información que se proveerá desde los centros de mando y control de la Red, se basarán en los datos receptados por cada teleobservador.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo general de este proyecto de investigación, se logró diseñar una metodología para la implementación de la Red Ecuatoriana de Teleobservación, con la finalidad de mejorar el monitoreo de la basura espacial, para garantizar o prever el acceso seguro, sustentable y sostenible del espacio ultraterrestre, mediante un sistema de alerta temprana, con el

objetivo de prevenir desastres, accidentes o catástrofes provocadas por la inminente caída de objetos del espacio.

Se logró obtener la mayor información para poder comprender la importancia que tiene la contaminación espacial, identificando los factores que afectan o que generan que ésta se vuelva cada vez más peligrosa para la atmósfera terrestre, de esta manera se puede concluir que, si la basura espacial continúa creciendo al ritmo que crece actualmente, existirá un punto donde la densidad se elevará a mayores niveles, provocando así, colisiones constantes y por ende, generando fragmentos y provocando el riesgo de nuevas colisiones.

Se determinó que la tendencia de caída de objetos incrementa durante los años de mínimos solares, sin embargo, no se descarta la posibilidad de precipitación de fragmentos fuera de dichos rangos. Por lo tanto, la posibilidad de que caigan objetos en este nuevo mínimo solar que sería desde el 2019 hasta el 2020, aproximadamente, sería mucho mayor que hace 11 años, por lo que el Ecuador debería estar preparado para la caída de objetos en este intervalo de tiempo.

Para el diseño de la metodología para la implementación de la Red Ecuatoriana de Teleobservación, se seleccionó las variables más importantes que se adaptaron de mejor manera a la realidad del nuestro país, logrando obtener los criterios más importantes para el diseño y construcción de observatorios astronómicos, determinando así, un total de tres áreas con las mejores condiciones geográficas en todo el Ecuador Continental.

Se determinó que para implementación de la Red de Teleobservación, es necesaria la implantación de tres radiotelescopios, ya que se trata de una Red de Primer Orden que cubrirá

todo el territorio continental ecuatoriano, debido a que permiten una mejor captación de las radiaciones electromagnéticas, debido a que cubren longitudes de onda milimétricas y submilimétricas, permitiendo obtener mayor redundancia de datos monitoreados, mejorando la precisión y exactitud.

Se logró generar un conjunto de procedimientos y un protocolo de activación de la Red de Teleobservación, con la finalidad de apoyar al GDACS a través de la Secretaría Nacional de Riesgos y Emergencias, por lo que se ha planteado a la Red de Teleobservación como un sistema para el monitoreo de basura espacial y de meteoritos, que funcionaría las 24 horas del día de los 365 días del año, con el fin de proporcionar la información necesaria a la SNGRE y para el público en general, mediante el Sistema de Comando y Control para Emergencias del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas C4E.

Además, se estableció que la Red de Teleobservación propuesta tiene un alcance que va más allá del monitoreo de basura espacial, ya que, permitiría que el Ecuador se convierta un ente capaz fortalecer la infraestructura nacional y de desarrollar tecnologías con la capacidad de ofrecer servicios de observación de pronta respuesta a otros países, mejorando los dominios de Defensa, Seguridad, Sociedad y Gestión de Riesgos.

RECOMENDACIONES

En cuanto a la selección de los emplazamientos óptimos para el diseño de una red, se recomienda considerar como criterios indispensables a la Accesibilidad, Seguridad y Comunicación, con las que debe contar cualquier red de teleobservación o de transmisión de datos.

Se recomienda la implementación de tres radiotelescopios en las áreas óptimas, para generar una técnica de interferometría, monitoreando datos con mejor resolución.

Se propone presentar el presente proyecto de investigación a las Instituciones y Organismos encargados de fortalecer el bienestar de la sociedad, indicando de esta manera la importancia que tiene la contaminación espacial y la amenaza que ésta constituye, logrando así, que la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias categorice a la caída de objetos del espacio como un riesgo o una amenaza inminente para toda la sociedad, lo que sería un aporte fundamental para implementar y proporcionar alertas en tiempo real, y de esta manera facilitar la coordinación de una respuesta ante estos problemas, incluyendo el monitoreo de medios de comunicación, catálogo de mapas y un centro virtual de coordinación de operaciones.

Se plantea que para un próximo análisis de emplazamientos óptimos para una red de teleobservación, se realice una primera densificación de la metodología propuesta, generando una Red de Segundo Orden, en la cual se recomendaría la selección de telescopios ópticos, que nos permitirían implementar o unificar a la Red de Primer Orden con radiotelescopios, y, de esa manera obtener una mejor imagen de cualquier tipo de objeto monitoreado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, R., Rocca, M., Ponce, J., & Stinco, S. (2015). Impact Craters in South America. *Springer briefs in earth system sciences. Spath America and the Southern Hemisphere. 104pp.*

- Agencia EFE. (2018, Febrero 26). Perú muestra esferas metálicas caídas del cielo en la región sureña de Puno. *Tomado del Website de El Telégrafo*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/tecnologia/1/peru-muestra-esferas-metalicas-caidas-del-cielo-en-la-region-surena-de-puno>. Guayaquil, Ecuador.
- Agencia Espacial Europea. (2018). *Space Debris*. Retrieved from ESA Space Debris: https://www.esa.int/Our_Activities/Operations/gse/ESA_Space_Debris_Office
- Agencia Espacial Mexicana AEM. (2017). Ingeniería de Sistemas Espaciales aplicado a una misión CanSat. *Arquitectura de Naves Espaciales*.
- Árcega, I. (2015). Determinación del índice de vulnerabilidad mediante el método DRASTIC. México: Revista Iberoamericana de Ciencias.
- ARCONEL. (2018). Resolución Nro. ARCONEL 018/18. Quito, Ecuador: Agencia de Regulación y Control de Electricidad.
- Bayas, I. (2015). Servidor de control de dispositivos y servicios mediante el protocolo SNMP para la red de datos de CELEC E.P. Unidad de negocio Hidroagoyan. Ambato, Ecuador: Tesis de Ingeniería-Universidad Técnica de Ambato.
- BBC Mundo. (2018, Abril 02). Caen en el Pacífico sur los restos del Tiangong-1, el laboratorio espacial de China cuyo reingreso al planeta estaba fuera de control. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43609206>.
- Bolívar, K. (2010). Contaminación sideral, basura espacial. *The Ecologist*, 40.
- CAAT, & OAO. (S.F.). Centro Astronómico del Alto Turia CAAT y Observatorio de Aras de los Olmos OAO. Valencia, España: Ayuntamiento Aras de los Olmos.
- Cabrera, M., & Morales, H. (2001). Verificación y Densificación de la Red de Catastro de la Provincia de Córdoba. España: Universidad Nacional de Córdoba.
- Canaltiempo21. (2016). *Las nubes y su clasificación*. Retrieved from <https://www.canaltiempo21.com/las-nubes-y-su-clasificacion/>
- Charca, R. (2011). Satélite Artificial. La Paz, Bolivia: Revistas Bolivianas - Artículo SciELO.
- Christiansen, W., & Högbom, J. (1987). Radiotelesopes. CUP Archive.
- CNN en Español. (2018, Abril 01). Laboratorio espacial chino Tiangong-1 cae a la Tierra. *Ciencia y Espacio*. <https://cnnespanol.cnn.com/2018/04/01/tiangong-1-laboratorio-espacial-chino-cae-a-la-tierra/>. Estados Unidos.
- Comisión Mixta de Cooperación Amazónica. (1987). Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas de los Ríos San Miguel y Putumayo. Washington D.C., Estados Unidos: Organización de los Estados Americanos.
- CONIDA. (2018). Observatorio Astronómico. Lima, Perú: Agencia Espacial del Perú.

- De Bernardini, E. (2003). Telescopios. *Astronomía Sur* - www.astrored.net/astrofiasur.
- De Bernardini, E. (2010). Leyes de Kepler. *Astronomía Sur*—<http://astrosurf.com/astrofiasur>. Francia.
- De Groeve, T., Vernaccini, L., & Annunziato, A. (2015). Global disaster alert and coordination system. In *Proceedings of the 3rd International ISCRAM Conference*. Eds. B. Van de Walle and M. Turoff.
- Duarte, C. (2013). *Naves Espaciales: ¿Qué hay dentro?* México: Agencia Espacial Mexicana: Hacia el espacio.
- Durán, X. (2007). *Sputnik: La guerra fría en órbita*. Barcelona, España: Quark.
- ElBibliote. (2019, 07 14). *La Basura Espacial*. Retrieved from <http://elbibliote.com/resources/Temas/html/1341.php>
- Encinas, D. (2011). Medio Ambiente y Contaminación. *Principios básicos*. España: Universidad del País Vasco (UPV/EHU).
- Estrella, C. (2015, 06 17). *Propuesta de formulación para la estructura espacial de Ecuador, y aplicación de la misma, a la evaluación de la vulnerabilidad en la infraestructura de comunicación vial usando tecnología geoespacial*. Córdoba, Argentina: Proyecto previo al título académico de Magister.
- Estrella, C. (2003). *Diseño de la Red Ecuatoriana de Monitoreo Continuo REMC*. Quito, Ecuador: Tesis para la obtención del Título de Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente - ESPE.
- Estrella, C. (2018). *Space Debris: Contaminación Espacial. Comisión Nacional de Actividades Espaciales*. Córdoba, Argentina: Instituto de los Altos Estudios Espaciales Mario Gulich.
- García, D. (2008, 01). *Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System)*. Madrid, España: Tesis de Pregrado - Universidad Autónoma de Madrid.
- Hernando, S. (2018). Lluvia de chatarra: 100 toneladas de basura espacial caen al año en la Tierra. *Reportaje El País, el periódico global*. https://elpais.com/elpais/2018/02/16/eps/1518774498_638902.amp.html. España: Ediciones El País S.I.
- Herrera, D. (2017, Julio). Estudio de contaminación procedente de sistemas de comunicación satelital: Basura Espacial. *Tesis Final de Ingeniería Radioeléctrica Naval*. San Cristóbal de la Laguna, España.
- Hutchison, R., & Graham, A. (1993). *Meteorites*. New York, United States: Sterling Publishing Company.

- INMAHI. (2017). Anuario Meteorológico 2013. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- INOCAR. (2012). Derrotero de las costas ecuatorianas. Guayaquil, Ecuador: Instituto Oceanográfico de la Armada.
- J, Á. (2018). Radioastronomía II - El Radiotelescopio. Cuenca, España: Agrupación Astronómica de Cuenca.
- Lawrence, C. (1965). *Ballbuster in Orbit, The Official History of SpaceTrack*. Bedford MA, Estados Unidos: Project Space Track.
- Lillesand, T., & Kiefer, R. (1979). *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York, United States: 3ra Edición, John Wiley and Sons .
- López, I. (2013, 03 09). *Meteoritos al acecho a todas horas*. Retrieved from <https://www.excelsior.com.mx/2013/03/09/888099>
- López, M. (1959). Seminario de Astronomía y Geodesia. *El ciclo largo de la actividad solar*. Madrid, España: Sugrañes Hnos.
- Luis, C., & Natalia, R. (2005). The World's Big Telescopes and Astronomy Paradises. *Ars Medica. Revista de Humanidades*, 58-74.
- Marín, D. (2018). 50 satélites que cayeron a la Tierra sin control y que eran más grandes que la Tiangong-1. *Naukas*. <https://danielmarin.naukas.com/2018/03/30/50-satelites-que-cayeron-a-la-tierra-sin-control-y-que-eran-mas-grandes-que-la-tiangong-1/>. Revista Astronomía. Miembro de la Agrupación Astronómica de Gran Canaria. Observatorio Astronómico de Temisas y Mars Society España.
- Martínez, J., Lunar, R., & Rull, F. (2006). *Astromineralogía y Mineralogía Espacial: Fundamentos, perspectivas científicas e importancia de los meteoritos*. Madrid, España.
- Matellanes, R. (2016). *Álgebra de Mapas*. Pamplona, España: Asociación Geoinnova - Profesionales de SIG y del Medio Ambiente.
- Maya, E. (2018). *Los árboles de decisión como herramienta para el análisis de riesgos de los proyectos*. Medellin, Colombia: Maestría en Gerencia de Proyectos.
- McDowell, J. (2018, marzo). The biggest uncontrolled reentries. *On line*. http://planet4589.org/space/misc/big_reentries.txt.
- Naciones Unidas. (2019). *United Nations - Office for Outer Space Affairs*. Retrieved from Committee on the Peaceful Uses of Outer Space 2019: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/index.html>
- Naciones Unidas UNOOSA. (2002). *Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre. Derecho Espacial*. Nueva York, Estados Unidos.

- Naciones Unidas UNOOSA. (2007). Soluciones espaciales a los problemas del mundo. *Uso que el sistema de las Naciones Unidas da a la tecnología espacial para alcanzar los objetivos de desarrollo*. Nueva York, Estados Unidos: Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre.
- NASA. (2013, 03 08). *Space Junk: Tracking & Removing Orbital Debris*. Retrieved from <https://www.space.com/16518-space-junk.html>
- NASA. (2017, 06 27). Solar Minimum is Coming. Estados Unidos: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.
- National Aeronautics and Space Administration, N. (2001). Mass distribution of orbiting man-made space debris. *Advances in Space Research*, 1377-1384.
- Negrete, J. (2016). Supervivencia de una amarra espacial en órbita baja. *Trabajo de Fin de Grado*. Madrid, España.
- OMAA. (S.F). Observatorio Meteorológico y Astronómico de Albox. España.
- ONU. (2008). *Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre y resoluciones conexas a la Asamblea General*. Nueva York, EEUU: Naciones Unidas.
- ONU. (2014). Campos electromagnéticos de línea eléctricas, cableado y electrodomésticos. Organización de las Naciones Unidas - GreenFacts.org.
- ORDM. (2015). Ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito 041 del Plan de Uso y Ocupación del Suelo. Quito, Ecuador.
- Orellana, J. (2005). La Contaminación. Santa Fe, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- Oropeza, O. (2003). Pendiente del Terreno. México: Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec (Atlas Digital).
- Pressreader. (2019, enero 23). Basura espacial es un peligro para naves y satélites. *Artículo de Pressreader. On line* <https://www.pressreader.com/similar/282076278062607>. Vancouver, Canadá.
- Sánchez, J. (2018). Un problema real, la basura espacial. *Tesis Final de Grado en Ingeniería Aeroespacial*. Valencia, España.
- SNGRE. (S.f). Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. Quito, Ecuador.
- Speth, J. (1988). Environmental Pollution: a long-term perspective. Washington D.C., United States: World Resources Institute.
- Sputnik. (2013). El mayor objeto espacial registrado por el hombre desde 1908; vuelve a caer en Siberia, Rusia. *Revista Sputnik. On-line*. <https://sputnik87.wordpress.com/2013/02/16/cae-meteorito-en-rusia-el-mayor-objeto-espacial-registrado-por-el-hombre-desde-1908-vuelve-a-caer-en-siberia-rusia/>.

- Toulkeridis, T., & Richard, E. (2017). El impacto del meteorito Miguir-Cajas en 1995 y su importancia para el Ecuador. *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Sangolquí, Ecuador: Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa (Vol. II, No. 1, 2017).
- Tuozzi, A. (2018). The Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC). UNOOSA.
- Varela, J. (2017). Un paseo por las estrellas desde España. *RACE*.
- Zalles, R., Molotov, I., Voropaev, V., Elenin, L., Grebetskaya, O., Condori, R., . . . Kokina, T. (2015). International Scientific Optical Network (ISON) in Latin America. México: Revista de México (Serie de Conferencias).
- Zheleznov, N. (2013). Instituto de Astronomía Aplicada de la Academia de Ciencia Rusa. Rusia.

ANEXOS

Mapa de proximidad a núcleos urbanos (presencia de contaminación lumínica)

Mapa de proximidad a cursos fluviales

Mapa de proximidad a bosques y selvas

Mapa de proximidad a volcanes y nevados

Mapa de movimientos en masa

Primer mapa de emplazamientos óptimos

Mapa de proximidad a vías (accesibilidad)

Mapa de proximidad a sistemas de extracción y represas (seguridad)

Mapa de servicio de energía eléctrica (comunicación)

Segundo mapa de emplazamientos óptimos

Mapa de densificación de las áreas de teleobservación de la red

Mapa de cobertura entre la 1° y 2° zona óptima

Mapa de cobertura entre la 1° y 3° zona óptima

Mapa de cobertura entre la 2° y 3° zona óptima