

**FUERZA AÉREA DEL PERÚ**  
**ESCUELA DE OFICIALES**



**TESIS**

**IDENTIFICACIÓN DE ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-  
CHOSICA EXPUESTAS A RIESGOS CAUSADOS POR FENÓMENOS  
NATURALES MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES SATELITALES DE  
PERÚSAT-1**

**Línea de investigación:**  
**Ciencias aeroespaciales - Imágenes**

**Presentado por:**  
**Bch. CLAYDERMAN JOSÉ BACA ALAMA**

**Asesor:**  
**M. Sc. MARIA FANNY APARICIO FERNANDEZ**

**Para optar el título profesional de licenciado en ciencias de la administración  
aeroespacial**

**LIMA - 2020**

## **Dedicatoria**

“A mi esposa Fiorella, a mi hija María Fernanda y a mis padres Enrique y María,  
por su incondicional apoyo para el logro de este y todos mis objetivos”.

## **Agradecimiento**

A la Escuela de Oficiales de la Fuerza Aérea del Perú por todas las enseñanzas que me brindó durante mi etapa de formación.

## Índice

	Página
Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice .....	iv
Lista de tablas .....	vii
Lista de figuras .....	viii
Resumen .....	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	13

### Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1 Descripción de la realidad problemática. ....	15
1.2 Formulación del problema.....	20
1.2.1 Problema general .....	20
1.2.2 Problemas específicos .....	20
1.3 Justificación e importancia de la investigación .....	20
1.4 Objetivos de la investigación .....	21
1.4.1 Objetivos General.....	21
1.4.2 Objetivos Específicos .....	21
1.5. Hipótesis .....	21
1.5.1. Hipótesis General .....	21
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	22
1.6. Definición y operacionalización de variables.....	22
1.7 Limitaciones de la investigación .....	25

## **Capítulo II: Marco teórico**

2.1	Antecedentes del problema: Nacional e internacional. ....	26
2.1.1	Antecedentes nacionales.....	26
2.1.2	Antecedentes internacionales .....	29
2.2.	Bases teóricas .....	33
2.2.1.	Teoría del riesgo .....	33
2.2.2.	Tipos de riesgo .....	34
2.2.3.	Estimación del Riesgo .....	35
2.2.4.	Teoría del peligro .....	36
2.2.5.	Movimiento de masa .....	37
2.2.6.	Teoría de la vulnerabilidad.....	39
2.2.7.	Teoría de Urbanismo .....	41
2.2.8.	Diseño de las ciudades.....	42
2.2.9.	Uso del suelo urbano .....	46
2.2.10.	Teoría Satélite Artificial .....	47
2.2.11.	Teoría PerúSAT-1 .....	55
2.2.12.	Teoría de Imagen Satelital.....	57
2.2.13.	Clasificación de las Imágenes .....	58
2.3.	Definición de términos básicos .....	62

## **Capítulo III: Metodología**

3.1.	Tipo, diseño y nivel de investigación .....	66
3.2.	Población y Muestra. Muestreo .....	67
3.2.1.	Población .....	67
3.2.2.	Muestra .....	67
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	67

3.4. Técnicas de procesamiento de datos.....	68
--	----

#### **Capítulo IV: Resultados**

4.1. Validez y confiabilidad de los instrumentos .....	71
4.2. Presentación y análisis de resultados del procesamiento de imágenes .....	71
4.3. Prueba de hipótesis .....	84
4.4. Discusión de resultados .....	87

#### **Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones**

5.1 Conclusiones.....	89
5.2 Recomendaciones.....	91

Referencias Bibliográficas.....	93
---------------------------------	----

#### Apéndices

a. Matriz de consistencia .....	104
---------------------------------	-----

### Lista de tablas

Tabla 1. Definición de operacionalización de las variables .....	24
Tabla 2. Movimiento en Masa.....	37
Tabla 3. Clasificación de centros poblados .....	45
Tabla 4. Categorización del suelo urbano .....	46
Tabla 5. Resolución temporal de los sensores satelitales .....	61
Tabla 6. Magnitud del daño en la zona de Enrique Guzmán y Valle en el distrito de Lurigancho – Chosica por flujos y avalanchas de detritos .....	80
Tabla 7. Magnitud del daño en la zona de Cooperativa Pablo Patrón en el distrito de Lurigancho – Chosica por flujos y avalanchas de detritos .....	81
Tabla 8. Identificación de daños por flujos y avalanchas de detritos en la zona de Enrique Guzmán y Valle en el distrito de Lurigancho – Chosica.....	82

## Lista de figuras

Figura 1: Clasificación de peligros. Extraída del Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED). .....	36
Figura 2. Flujo de detritos. ....	38
Figura 3. Flujo de Tierra.....	39
Figura 4. Avalancha de rocas y detritos. ....	39
Figura 5: Imagen obtenida por satélite PerúSAT-1 de los poblados cercanos al volcán Ubinas: (1) Ubinas, (2) Tonohaya, (3) Querapi, (4) Anexo a Sacuhaya.....	40
Figura 6: Casas construidas en las cercanías de la ribera del Río Rímac... ..	41
Figura 7: Diseño cuadriculado de ciudad. La Plata-Argentina. ....	43
Figura 8: Diseño radiocéntrico de ciudad. Palmanova-Italia. ....	44
Figura 9: Diseño desordenado de ciudad. Nápoles-Italia.....	45
Figura 10: Imagen del primer satélite artificial: SPUTNIK-1.....	48
Figura 11: Tipos de órbitas que describen los satélites.....	49
Figura 12: Imagen del satélite LANDSAT-7. ....	51
Figura 13: Imagen del satélite SPOT-7. ....	51
Figura 14: Imagen del funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global.. ..	52
Figura 15: Copia del primer Satélite Meteorológico TIROS-1.....	55
Figura 16: Imagen del Satélite Peruano PerúSAT-1. ....	56
Figura 17: Representación numérica de los pixeles.....	57
Figura 18: Aspecto de una imagen multiespectral procedente del sensor Thematic Mapper. ....	58
Figura 19: Imagen Pancromática obtenida por el satélite IKONOS.....	59
Figura 20: Ejemplo de imagen fusionada.....	59
Figura 21: Imágenes satelitales según la resolución de los sensores.. ..	60



Figura 22. Ejemplo de una imagen satelital donde se aprecia la diferencia entre la imagen sin corrección atmosférica (lado izquierdo) y con corrección atmosférica (lado derecho).....	69
Figura 23. Ejemplo de una imagen corregida geoméricamente. En A la imagen sin corregir, mientras B la imagen ya corregida.....	70
Figura 24: Imagen pancromática proporcionada por satélite PerúSAT-1 del distrito de Lurigancho-Chosica.....	71
Figura 25: Imagen multiespectral proporcionada por satélite PerúSAT-1 del distrito de Lurigancho-Chosica.....	72
Figura 26: Imagen obtenida por satélite PerúSAT-1 del distrito de Lurigancho-Chosica.....	73
Figura 27: Imagen de la zona de Enrique Guzmán y Valle - Distrito de Lurigancho-Chosica.....	74
Figura 28: Imagen de la Cooperativa Pablo Patrón y zona de Mariscal Castilla - Distrito de Lurigancho-Chosica.....	74
Figura 29: Imagen de que muestra el flujo de detritos recientes (FR) y anteriores (FA) de la quebrada Santo Domingo del área denominada Enrique Guzmán y Valle - Distrito de Lurigancho-Chosica.....	75
Figura 30. Histórico de precipitaciones del distrito de Lurigancho-Chosica (1989-2014). .....	77
Figura 31. Integración en QGIS de información geológica con imagen satelital de PerúSAT-1 determinando las zonas expuestas a un alto (naranja) y muy alto (rojo) riesgo.....	78
Figura 32. Integración en QGIS de información geológica con imagen satelital de PerúSAT-1 determinando las zonas expuestas a flujo (blanco) y avalancha (azul) de detritos.....	78

- Figura 33: Identificación de zonas vulnerables con probabilidad alta y muy alta que se encuentran expuestas a peligro en la zona de Enrique Guzmán y Valle - Distrito de Lurigancho-Chosica. .... 79
- Figura 34: Identificación de zonas vulnerables con probabilidad muy alta que se encuentran expuestas a peligro en la zona de la Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla - Distrito de Lurigancho-Chosica. .... 80
- Figura 35: Identificación de zonas vulnerables de que sufran flujo de detritos (representado de color blanco) y avalancha de detritos (representado de color azul) en la zona de Enrique Guzmán y Valle - Distrito de Lurigancho-Chosica.82
- Figura 36: Identificación de zonas vulnerables de que sufran flujo de detritos (representado de color blanco) y avalancha de detritos (representado de color azul) en la zona de la Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla - Distrito de Lurigancho-Chosica. .... 83

## Resumen

El objetivo de la presente investigación es determinar, mediante el empleo de las imágenes satelitales del PerúSat-1, zonas urbanas que se encuentren expuestas a riesgos causados por fenómenos naturales. El método utilizado es de tipo no experimental de corte transeccional exploratorio. La población está compuesta por las imágenes de PerúSAT-1 del año 2019, mientras que la muestra es de tipo no probabilístico intencional, ya que se seleccionó una imagen de dicho satélite. La técnica de recolección de datos está dada por adquisición de imágenes por parte del satélite peruano PerúSAT-1. Los resultados hallados en esta investigación concluyen que mediante el empleo de imágenes del satélite PerúSat-1 se pudo determinar que las áreas urbanas denominadas Enrique Guzmán y Valle y la zona de Mariscal Castilla y la Cooperativa Pablo Patrón se encuentran expuestas a riesgos causados por fenómenos naturales.

**Palabras claves:** Imágenes satelitales, PeruSat-1, Riesgos, Fenómenos naturales.

## **Abstract**

The objective of this research is to determine, by using satellite images of Perúsat-1, urban areas that are exposed to risks caused by natural phenomena. The method used is a non-experimental type of exploratory transectional. The population is made up of the images of PerúSAT-1 of the year 2019, while the sample is of an intentional non-probabilistic type, since an image of that satellite was selected. The data collection technique is given by image acquisition by the Peruvian satellite PeruSAT-1. The results found in this investigation conclude that using images from the Perúsat-1 satellite, it was possible to determine that the urban areas called Enrique Guzmán y Valle and the areas of Mariscal Castilla and the Pablo Patrón Cooperative are exposed to risks caused by natural phenomena.

**Key words:** Satellite images, PeruSat-1, Risks, Natural phenomena.

## Introducción

Constantemente los peruanos vemos como distintas regiones geográficas de nuestro país se ven afectadas por daños originados por una serie de fenómenos naturales. Fenómenos como el del “Niño” en 1997 o del “Niño Costero” en 2017, son los causantes de lluvias que a su vez producen deslizamientos de huaicos, desbordes de ríos, desplazamientos de tierras, entre otros daños, los que generan pérdidas humanas, daños materiales, así como también pérdidas económicas.

Desde el año 2016, el Perú ingresó a la era satelital al poner en órbita el PerúSAT-1, un satélite de observación, capaz de adquirir imágenes con resolución espacial de 0.70m., convirtiéndose en el satélite de mejor resolución a nivel de Latinoamérica. Una herramienta de tal tecnología permite la adquisición de imágenes de nuestro territorio con lo cual se puede colaborar tanto a la prevención como a la reacción ante daños causados por desastres naturales, entre otras.

Sin embargo, a pesar del trabajo de difusión y capacitación que realiza la Agencia Espacial del Perú CONIDA, aún existe desconocimiento de las capacidades y productos que se pueden generar con las imágenes satelitales, así como también existen limitaciones para poder realizar la explotación de esas imágenes, limitaciones como por ejemplo las maquinas adecuadas o redes de internet necesarias para recibir las mismas.

El presente trabajo contiene cinco capítulos, de los cuales el Capítulo 1 muestra el problema de investigación y los objetivos de investigación, considerando la justificación y limitaciones presentadas.

El Capítulo 2 presenta el Marco Teórico, es decir la base fundamental de la presente investigación, ya que se muestran tanto los antecedentes nacionales como los

internacionales, así como también las bases teóricas en las cuales se fundamenta el presente trabajo de investigación.

El Capítulo 3 describe la metodología en general, tipo, método y diseño de investigación, así como también la población y muestra. Asimismo, también presenta la hipótesis.

El Capítulo 4 muestra los resultados obtenidos del procesamiento al que fueron sometidas las imágenes satelitales obtenidas por el PerúSAT-1, así como la determinación de las áreas del distrito de Lurigancho – Chosica que se verían afectadas y el y el nivel de peligrosidad al que se encuentran expuestos, esto mediante el modelamiento del flujo de detritos tras haber analizado la información de la susceptibilidad del territorio.

Por último, el Capítulo 5 presenta la discusión de los resultados, las conclusiones y recomendaciones, con la finalidad de demostrar que con las imágenes del satélite peruano PerúSAT-1 se pueden identificar zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos causados por fenómenos naturales, lo cual a futuro permitirá adoptar las medidas de prevención adecuadas para evitar los daños a la población residente de dichas áreas.

## Capítulo I: Planteamiento del problema

### 1.1 Descripción de la realidad problemática.

A lo largo de la historia del mundo ha habido diferentes fenómenos socio culturales, como guerras, desarrollos tecnológicos, pandemias o enfermedades a nivel mundial, lo que entre otras cosas han generado desplazamientos migratorios poblacionales hacia otras ciudades, motivando así un desarrollo urbano en constante crecimiento.

Así por ejemplo un hecho histórico que generó migración a gran escala mundial fue la denominada Revolución Industrial, con lo cual la población mundial empezó a dejar de lado las actividades agrícolas para ser reemplazadas por las actividades industriales. Es debido a estas olas migratorias que distintas ciudades tuvieron un aumento vertiginoso de sus poblaciones, como es el caso de Londres que, en el periodo de 1880 a 1888, paso a tener de 1 millón a 3.8 millones de habitantes, de igual modo en el mismo periodo de tiempo Berlín de 175 mil a 1.7 millones de habitantes, o el caso de Nueva York que paso de tener 60 mil a tener 1.2 millones de habitantes entre los mismos años. Lógicamente, como era de esperarse, ante este aumento de población las estructuras de las ciudades colapsaron (García, 2016, p. 14).

Por motivos como los anteriormente señalados, se produjo que en el mundo se remodelen o construyan nuevas ciudades, y el Perú no ha sido la excepción. La ciudad de Lima ha sufrido olas migratorias debido a causas como el centralismo, la ausencia del Estado, las continuas sequías y friajes, el terrorismo que sufrió el Perú entre las décadas de los años 80 y 90, hechos que desencadenaron en un bajo desarrollo económico de las ciudades del interior del país, un deterioro de la calidad de los niveles de educación y salud, entre otros (García y Miyashiro, 2015, p. 228).

Ante este constante proceso evolutivo urbano, los países del mundo se han visto en la necesidad de implementar nuevas metodologías que le permitan gestionar mejor el uso de sus suelos para un desarrollo sostenible de las áreas urbanas, utilizando para ello, por ejemplo, modelos de simulación de crecimiento urbano teniendo como fuente principal de información a la teledetección (Sapena, Ruiz, 2017, p. 311).

La teledetección corresponde a la adquisición de información a distancia. A pesar que no existe contacto directo con el objeto estudiado, si existe un flujo de información entre el objeto estudiado y el objeto captador, el cual es transmitido a través de la radiación electromagnética que todo cuerpo, como planetas, animales y demás seres vivos emiten, dependiendo principalmente de su temperatura (González, Ruiz, 2013, p. 8).

Una herramienta importante de señalar en el apoyo que la teledetección brinda al proceso de planificación urbana, es el empleo de las imágenes obtenidas por los satélites de observación, las cuales son utilizadas en distintos rubros como “la actualización de fondos cartográficos, manejo de riesgo de origen natural, manejo forestal y agrícola, seguimiento medio ambiental y planificación territorial” (Román, 2011, p. 52).

Es importante recalcar que a partir del 15 de setiembre del 2016 el Perú ingresó a la era espacial con la puesta en órbita del primer satélite peruano de observación, llamado PerúSAT-1, a través del cual, debido a las características que posee, puede obtener imágenes para cumplir objetivos como los antes mencionados (Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial [CONIDA], 2018).

Es precisamente uno de los usos de las imágenes satelitales, la planificación territorial, necesaria para poder atender las necesidades de un desarrollo urbano creciente a nivel mundial, ya que, como lo menciona Ducci (2013), urbanismo se puede definir como:



El estudio y planeación de las ciudades y de las regiones donde estas se asientan y tiene por fin la modelación y remodelación de las ciudades, por lo cual se puede decir que mediante el urbanismo se puede lograr el diseño del ámbito espacial donde se desenvolverá socialmente el hombre (p. 1).

Sin embargo, ante una falta de planificación o una mala planificación urbana al no encontrarse las viviendas en una ubicación apropiada, la población de las ciudades puede estar expuesta a riesgos debido a eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, bio sanitario o humano no intencional (Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo de Desastre [SNGRD], 2017, p. 20).

En nuestro país, el Perú, existen distintos ejemplos en los cuales personas se han asentado en zonas de alta vulnerabilidad, corriendo un gran riesgo. Así, podemos mencionar el asentamiento humano “Los Polvorines” en la ciudad de Piura, en donde viven cerca de 3500 familias, el cual está ubicado en la laguna Santa Rosa, que es donde van a desembocar todos los drenes de la ciudad de Piura. En caso de presentarse fuerte precipitaciones como las del fenómeno del Niño, dicho asentamiento definitivamente desaparecería (Reaño, 2017). Otro ejemplo que se puede citar sobre un mal desarrollo urbano o falta de planificación ocurre en la ciudad de Arequipa, en donde una población aproximada de 300 mil personas son parte de los 9 asentamientos humanos que se encuentran ubicados en las faldas del Volcán Misti a unos 15 km de distancia del cráter, y es que a pesar de que la última erupción de dicho volcán fue hace 500 años, siempre existe el riesgo de que vuelva a suceder (Condori, 2018).

A partir del año 1995 la tasa de crecimiento demográfico en el Perú ha sido decreciente, llegando a tener valores de 1.3% en el quinquenio de 2010 a 2015. Lo mismo ocurrió en la ciudad de Lima, que en promedio tuvo un crecimiento demográfico igual al del Perú, sin embargo, tal como lo reporta el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática

(INEI), Lima ha pasado a tener 5,706 127 millones de habitantes en 1993 a tener 9,320 000 millones de habitantes en 2018 (2018, p. 1).

Ante la necesidad de establecer nuevas áreas donde poder residir, y la falta de políticas de urbanismo por parte de las entidades públicas gubernamentales, ya que, a pesar de su amplio crecimiento urbano, como lo señalan García y Miyashiro (2015, p. 231), la ciudad de Lima sólo ha tenido 7 planes de desarrollo urbano a lo largo de sus casi 500 años de existencia, lo que generó una expansión hacia los conos, produciendo la creación de nuevas urbanizaciones inclusive sobre los cerros de la ciudad.

Así surgieron diferentes asentamientos humanos, como por ejemplo la “Ciudadela Pachacútec” en el distrito de Ventanilla, donde según datos oficiales de la Municipalidad Distrital de Ventanilla (2015) residen cerca de 200 mil personas, y también surgieron distritos asentados sobre arenales como es el caso de Villa el Salvador, que en la actualidad cuenta con 492 mil habitantes (INEI, 2018). Y, si a la falta de planificación urbana ya antes mencionada, le sumamos que el Perú es un país que tiene una alta actividad sísmica y volcánica dado que se encuentra ubicado en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, el riesgo al que están expuestas las viviendas ubicadas en los cerros de la ciudad de Lima es mayor (Conislla, 2017).

Por otro lado, en las épocas de verano las poblaciones ubicadas en la sierra y sur de Lima, constantemente sufren daños a sus viviendas debido a los derrumbes, huaycos o al incremento en los niveles de los ríos cercanos a estas, los cuales se originan como producto de las intensas lluvias típicas de la estación.

Cabe señalar que, dentro de los últimos fenómenos naturales que afectaron al Perú, podemos mencionar el fenómeno del “Niño Costero”, llamado así debido a que se desarrolló en la costa de nuestro país. Según lo que se indica en el Compendio Estadístico del INDECI

2017 (2017, p. 13), este fenómeno tuvo lugar desde la cuarta semana del mes de diciembre del año 2016 hasta finales de mayo del 2017, provocando que sean declarados en emergencia 13 departamentos del Perú, así como también la Provincia Constitucional del Callao, esto debido a desastres como huaycos, deslizamientos, inundaciones, entre otros, que provocaron daños materiales y personales. En total, el fenómeno del “Niño Costero” ocasionó daños en nuestro país por más de 4 mil millones de dólares y dejó más de 1.7 millones de personas afectadas (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2018).

Ante la ocurrencia de este desastre naturales, el caso de Lurigancho-Chosica es muy particular, debido a que es uno de los distritos de la ciudad de Lima que año tras año es golpeado por los desastres naturales durante las temporadas de lluvias, debido a su ubicación, rodeada de quebradas, lo cual pone en constante riesgo a su población. Así se puede indicar por ejemplo que durante la ocurrencia del fenómeno del Niño de 1997-1998, Chosica fue una de las zonas del país que soportó desastres de mayor magnitud, como inundaciones, avalanchas de lodo y desbordes del río Rímac (Corporación Andina de Fomento [CAF], s.f.)

También, en 2017 durante la ocurrencia del fenómeno del Niño Costero, este distrito soportó, desde el 14 de enero del 2017, lluvias las cuales originaron la activación de quebradas, lo que provocó huaycos y deslizamientos afectando tanto a la población en cuestión de salud y daños materiales, como también a las vías de comunicación (INDECI, 2017).

Por lo anteriormente descrito, surge el problema de esta investigación, el cual consiste que mediante el empleo de las imágenes satelitales obtenidas por el satélite peruano PerúSAT-1 se pueda identificar qué áreas del distrito de Lurigancho-Chosica se encuentran expuestas a los efectos que pudieran causar algún fenómeno natural de geodinámica externa, con el fin de contribuir a la prevención o disminución del riesgo de desastres.

## **1.2 Formulación problema**

### **1.2.1 Problema General.** Se plantea el siguiente problema general

¿Cuáles son las zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019?

### **1.2.2 Problemas Específicos.** Se plantea los siguientes problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son las zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a un alto riesgos de flujo de detritos, pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019?

PE2: ¿Cuáles son las zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos, pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019?

## **1.3 Justificación e importancia**

Como Oficial de la Fuerza Aérea del Perú, consciente de los nuevos roles que tienen las Fuerzas Armadas en nuestro país, y al tener la posibilidad de haber trabajado en el Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales (CNOIS), consideró que este trabajo de investigación tiene una implicancia práctica debido a que podría ayudar a establecer medidas para prevenir o reducir el riesgo en el distrito de Lurigancho-Chosica ante la ocurrencia de algún desastre natural, así como también una implicancia social ya que contribuirá a establecer políticas o planes futuros para un mejor desarrollo urbano, no sólo de dicho distrito sino también de la ciudad capital y de las ciudades del interior del país que lo requieran.

Por otro lado, ante el corto periodo que tiene el Perú en la era espacial, este trabajo permitirá realizar la difusión de algunas de las capacidades que posee el sistema satelital PerúSAT-1 a través de la empleabilidad de las imágenes satelitales que este provee.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Identificar cuáles son las zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos del presente trabajo de investigación nos permitirán contar con una mejor perspectiva respecto al objetivo general, se encuentran los siguientes:

OE1: Identificar cuáles son las zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de flujo de detritos mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019.

OE2: Identificar cuáles son las zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019.

## **1.5 Hipótesis**

**1.5.1 Hipótesis General.** Se presenta la siguiente hipótesis general.

Existen zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.

**1.5.2 Hipótesis Específicas.** Se presentan las siguientes hipótesis específicas:

HE1. Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a un alto riesgos de flujo de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.

HE2. Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.

## **1.6 Definición y operacionalización de variables**

Debido a que el presente trabajo de investigación es de carácter no experimental ya que las variables independientes ocurren, no es posible manipularlas por su carácter objetivo, por lo tanto, no requieren de operacionalización para poder ser medidas. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 152).

**Peligro.** - Según INDECI (2006), el peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un período específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología.

**Riesgo.** - Según INDECI (2006), el riesgo es la estimación o evaluación matemática de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un período específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en

función del peligro y la vulnerabilidad. Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR), al riesgo se le puede definir como “la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas” (2009, p.29)

El riesgo se constituye del análisis de dos factores: (1) el peligro que se clasifica por su génesis en inducidos por la acción humana y los generados por fenómenos de origen natural; y (2) la vulnerabilidad que se compone por tres factores esenciales que son la exposición, la fragilidad y la resiliencia. Debido a que se empleara imágenes satelitales sólo se podrán obtener información con respecto al factor de la exposición y a los peligros de origen natural. Por lo anteriormente expuesto, para la presente investigación solo se ha considerado estudiar las siguientes variables:

**Fenómenos Naturales.** Los fenómenos naturales son todos aquellos cambios que se producen en determinado medio y que no son originados por la acción humana.

Según CENEPRED (2014, p. 33), indica que los fenómenos de origen natural se clasifican o subdividen en tres categorías:

- Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna (como los sismos, tsunamis o maremotos).
- Peligros generados por geodinámica externa (los referidos a los movimientos de masa).
- Peligros hidrometeorológicos y oceanográficos (como las inundaciones, lluvias intensas, oleajes anómalos o el fenómeno El Niño).

Tabla 1.

*Definición de operacionalización de las variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Operacionalización o Definición Operacional</b>	<b>Categorías o Dimensiones</b>	<b>Definición de la Categoría o Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de Medida</b>
Zonas de riesgo ocasionado por fenómenos naturales	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR), al riesgo se le puede definir como “la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas” (2009, p.29)  El evento puede ser un fenómeno natural.	Es la medida del área expuesta a peligro adquirida o realizada por imagen satelital respecto o por método tradicional	Riesgos por fenómenos de geodinámica interna	Son los peligros generados por fenómenos de geodinámica interna como sismos, tsunamis y maremotos	Sismos	Escala
					Tsunamis	Escala
					Maremotos	Escala
			Riesgos por geodinámica externa	Son los peligros generados por geodinámica externa como es el caso del movimiento de tierra	Movimientos de masa	Escala
			Riesgos hidrometeorológicos y oceanográficos	Son los peligros hidrometeorológicos y oceanográficos como es el caso de las inundaciones, lluvias y fenómenos como el niño	Inundaciones	Escala
					Fenómeno “El niño”	Escala
Lluvias intensas	Escala					

*Fuente:* Elaboración propia



## **1.7 Limitaciones de la investigación**

La investigación ha desarrollado ha presentado como limitación la restricción de que sólo se podrá realizar la identificación de áreas a través de la exposición al peligro mediante el empleo de imágenes satelitales, debido a que esa es la información que se puede obtener a través de dichas imágenes.

Asimismo, para el procesamiento de las imágenes satelitales la capacidad de las máquinas o computadoras limita un análisis de mayor rapidez debido al peso de estas, que en promedio son entre 6 y 9 GB.

## CAPÍTULO II: DEL MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del problema: Nacionales e internacionales.

**2.1.1 Antecedentes nacionales.** En el presente trabajo de investigación se presentan los siguientes antecedentes a nivel nacional.

Millán, C. (2019). Desarrolló el trabajo de investigación “*Modelación de flujo de detritos para el análisis del riesgo en la quebrada los Cóndores, provincia Lima, Perú*”. Esta investigación tuvo como objetivo modelar el flujo de detritos de gran magnitud que se presentó el día 16 de enero de 2017, para el análisis del riesgo en la quebrada Los Cóndores, distrito de Chaclacayo, Lima-Perú. La metodología empleada consistió en representar el relieve a través de imágenes obtenidas por el satélite de observación terrestre ALOS-PALSAR. Luego, obtener la información pluviométrica de las estaciones Chosica y Santiago de Tuna, procediendo luego a delimitar el área de estudio y sus respectivos parámetros como por ejemplo el área, el perímetro, la forma, la pendiente y suelo, del área de estudio. Posteriormente se procedió a realizar la evaluación geodinámica del flujo de detritos, así como determinar la hidrología y climatología del área de estudio. Se procedió a realizar el modelo digital de elevaciones con imágenes de PerúSAT-1, la identificación de las zonas pobladas de la quebrada Los Cóndores para luego la calibración del modelo de fricción Voellmy. El último paso consistió en el modelamiento de flujo de detritos con el módulo Debris Flow del software RAMMS. Dentro de las conclusiones de esta investigación se pueden mencionar que llego a determinar que las áreas expuestas de la quebrada Los Cóndores son 69.23 ha, si la magnitud del evento sería como la del 16 de enero 2017. Otra de las conclusiones fue que la mayoría de las cuencas del Río Rímac poseen zonas con riesgo de flujo de detritos, que causan daños a las personas y su entorno, así como también daños económicos. También se llegó a concluir que

los resultados de la investigación ayudarían a una adecuada gestión del riesgo por flujo de detritos.

Lavado, H. (2019). Desarrolló la investigación titulada “*Vulnerabilidad del poblado de Cajamarquilla ante los movimientos en masa. Distrito de Lurigancho – Chosica*”. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad del centro poblado de Cajamarquilla ante la eventual ocurrencia de movimientos en masa de la quebrada de Jicamarca. La investigación tuvo como muestra 68 viviendas del centro poblado de Cajamarquilla, a los cuales se les aplicó una encuesta socioeconómica. Este trabajo fue de tipo exploratorio ya que permite analizar el problema, toma datos de campo, así como también analiza las condiciones de vulnerabilidad del centro poblado de Cajamarquilla. Este trabajo de investigación concluyó que el nivel de vulnerabilidad social estimado para el poblado de Cajamarquilla es alto, principalmente debido a la falta de servicios básicos en la vivienda; el nivel de vulnerabilidad económico es alto debido a pérdida de las industrias establecidas en el área donde ocurriría el evento; y el nivel de vulnerabilidad ambiental es alto ya que no existe un manejo adecuado de los residuos sólidos, lo que empeoraría ante la ocurrencia de un desastre.

Grandez, M. (2019) desarrolló la investigación “*Empleo de Imágenes del Satélite PerúSAT-1 en la Prevención de Desastres Naturales*”, la cual tuvo por objetivo de determinar la aplicabilidad del empleo de las imágenes del satélite Perúsat-1 y su relación con la prevención de los desastres naturales. El método empleado tiene un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo correlacional. La muestra de esta investigación se encuentra compuesta por 62 cadetes de IV año de la Escuela de Oficiales de la Fuerza Aérea del Perú (EOFAP) del año 2017. Esta investigación tuvo como conclusión que el empleo de las imágenes del satélite Perúsat-1 se relaciona significativamente con la prevención de los desastres naturales.

Mejía, M. y Naveros, E (2019) desarrollaron la investigación denominada *“Evaluación de riesgo geotécnico de taludes ante eventos sísmicos en la asociación de posicionarios de vivienda Bolognesi, anexo 22-Jicamarca”* la cual tuvo como objetivo evaluar el riesgo geotécnico de taludes ante la ocurrencia de sismos que afectaría a la asociación de posicionarios de vivienda Bolognesi, anexo 22-Jicamarca. El método utilizado fue experimental ya que se hizo un modelamiento con los softwares Slide y Rockfall. La muestra de esta investigación está conformada por las zonas de impacto que afectaría a la zona urbanizada de la Asociación de posicionarios de Vivienda Bolognesi Anexo 22- Jicamarca. Este trabajo de investigación llegó a la conclusión de que 125312.38 m<sup>2</sup> del área de esta asociación se encuentran ante la posibilidad de impacto del riesgo muy alto, mientras que 71225.088 m<sup>2</sup> del área de esta asociación se encuentran ante la posibilidad de impacto del riesgo alto.

Sánchez, M. (2018) presentó la investigación titulada *“Zonificación y evaluación de peligros por geodinámica externa en la Cuenca del río Pichari, distrito de Pichari, La Convención-Cusco”*, la cual tuvo por objetivo determinar la distribución de zonas de peligros por movimientos de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari. La metodología se basó en tres etapas: en la primera se realizó de recopilación de la información bibliográfica y cartográfica, luego en la segunda fase se realizó el análisis de las zonas donde se presentaron flujo de detritos, para por último en la tercera fase se procesaron y analizaron los datos recogidos en campo. Este trabajo de investigación llegó a la conclusión que en el área de estudio se presentarías los siguientes fenómenos de geodinámica externa: Caída de rocas, flujo de detritos, deslizamientos y erosión de laderas. También se concluyó que 3.17 km<sup>2</sup> del área de estudio tienen una susceptibilidad muy alta de la ocurrencia de alguno de

los fenómenos antes mencionados, 1.33 km<sup>2</sup> tiene una susceptibilidad alta, 15.3 km<sup>2</sup> una mediana susceptibilidad y 43.64 km<sup>2</sup> tiene una susceptibilidad baja.

Aricochea, E. (2016) presentó la investigación titulada *“Zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del río Omayá Distrito de Pichari, Provincia de la Convención-Región Cusco”*, la cual tuvo como objetivo elaborar el mapa de zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masas en la cuenca del río Omayá a escala 1:25000. La metodología de este trabajo de investigación se consistió en realizar en elaborar el mapa de zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del río Omayá, luego se realizó un cartografiado a escala 1:25000 de las zonas en estudio para posteriormente realizar la evaluación de las zonas críticas y la elaboración de mapas. La conclusión a la que llegó este trabajo fue que en el área de estudio se pueden presentar: caída de rocas, en el circuito turístico de Catara; los deslizamientos, en el grupo San José; la erosión de laderas, se presenta en rocas metamórficas como en rocas sedimentarias de pendientes altas a bajas; y, por último, se presentan flujos de detritos se presentarían ante la ocurrencia del fenómeno de El Niño, afectando a la comunidad de Tarancato.

**2.1.2 Antecedentes internacionales.** En el presente trabajo de investigación se presentan los siguientes antecedentes a nivel internacional.

Bucarey, N., (2018) publicó la investigación titulada *“Evaluación de la susceptibilidad de flujos de detritos en quebradas Carrizalillo y De Meléndez, comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama”*, la que tuvo como objetivo evaluar la susceptibilidad de flujos de detritos en las quebradas Carrizalillo y De Meléndez. Siendo esta una investigación de tipo No Experimental, la metodología que se aplicó consistió en una ponderación de factores condicionantes, como por ejemplo la geomorfología, geología y

geotecnia, el clima y la vegetación, la intervención antrópica y los antecedentes históricos de eventos aluvionales. Adicionalmente, se realizó una caracterización geomorfológica y geológica de las cuencas Carrizalillo y De Meléndez. Este trabajo de investigación llegó a la conclusión de que la quebrada Carrizalillo posee una hoya que es altamente susceptible a generar nuevos flujos de detritos, mientras que la quebrada De Meléndez tiene una hoya con poca área importante y una susceptibilidad media para generar flujo de detritos.

Celis, C. (2018) desarrolló el trabajo de investigación titulado *“Susceptibilidad de remociones en masa y peligro de flujos en el frente cordillerano de Santiago, Región Metropolitana”* la cual tuvo como objetivo evaluar la susceptibilidad de remociones en masa en la zona sur oriente del frente cordillerano y el peligro de flujo de detrito originados en la zona precordillerana de Santiago entre los ríos Mapocho y Maipo. En este trabajo de investigación de tipo No experimental, la metodología consistió en insertar los datos de los flujos de detritos en los softwares RAMMS y LAHARZ, luego de eso simular el flujo de detritos en un escenario en el que ocurra la peor tormenta y por último realizar la modelación de los flujos para las quebradas del frente cordillerano de Santiago. Esta investigación concluyó que las zonas medias y altas de la zona sur-oriente del frente cordillerano de Santiago son las más susceptibles de generar remociones en masa, sin embargo, debido a que la urbanización se da en los abanicos aluviales, el peligro asociado a la caída de rocas y deslizamiento no es directo.

Enríquez, A. (2018) desarrolló la investigación titulada *“Zonificación de la susceptibilidad de fenómenos de remoción en masa provocados por terremotos en la ciudad de Portoviejo”* la cual tuvo como objetivo zonificar la susceptibilidad y amenaza de Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) provocados por terremotos en la ciudad de Portoviejo, aplicando la metodología de Desplazamientos de Newmark en términos de

intensidad de Arias. Debido a que se observa fenómenos en su contexto natural, es una investigación No Experimental en la cual la metodología fue dividida en dos partes: en la primera parte se definió las unidades geotécnicas con parámetros de resistencia necesarios para calcular el factor de seguridad, mientras que en la segunda fase se analizó la sismicidad con el valor de la aceleración crítica con el desplazamiento de Newmark. Dentro de las conclusiones de esta investigación se pueden señalar que en la ciudad de Portoviejo puede ocurrir deslizamiento traslacional, deslizamiento rotacional, caída de material y flujos de lodos, también se concluyó que los barrios donde existe un alto nivel de amenaza de deslizamiento son la Universidad Técnica de Manabí, San Pablo, Cevallos, Florón I Alto y en las laderas al suroeste de Colón.

Bustillos, J. y Parra, A. (2016) desarrollaron la investigación titulada “*Zonificación de peligros de flujos de lodo (lahares) asociados al Volcán Cotopaxi cantón Rumiñahui zona 7*”, la cual tuvo como objetivo evaluar y zonificar las rutas de evacuación y sitios seguros de la zona 7 del cantón Rumiñahui, frente a la potencial generación de lahares primarios por una eventual erupción del volcán Cotopaxi similar a la de 1877. Al ser una investigación No Experimental, la metodología constó primero de obtener información sobre la actividad histórica del volcán Cotopaxi, luego se realizó la caracterización geomorfológica de la cuenca del río Santa Clara, con lo cual se procedió a efectuar un análisis morfoclimático regional y local, así como también un estudio de pendientes aplicando el software ArcGis. También se realizó un análisis de los criterios morfoestructurales regionales y locales de la cuenca del río Santa Clara, con lo cual se podrá determinar los sitios seguros y vías de evacuación tomando en consideración el comportamiento que tiene la cuenca y la zona que posiblemente sería afectada por los flujos laharíticos del volcán Cotopaxi. Este trabajo de investigación concluyó que las potenciales zonas seguras son las partes altas que

corresponden a las colinas alejadas del río Santa Clara, ubicadas al este y oeste de la zona 7, además se concluyó que la zona plana es la zona potencialmente inundable.

Sepúlveda, A. y Patiño, J. (2016) quienes desarrollaron la investigación titulada *“Metodología para la evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por la lluvia”*, la cual tuvo como objetivo proponer una metodología para la evaluación del riesgo por flujo de detritos detonados por la lluvia. La metodología de este trabajo se dividió en tres partes: La primera fue determinar la evaluación de amenaza por flujo de detritos, tanto en la cuenca como en el casco urbano. En el caso de la cuenca se determinó el índice y mapa de susceptibilidad por flujo de detritos, mientras que en el casco de la ciudad se determinó en relación a la intensidad de flujo y la probabilidad de excedencia. La segunda parte consistió en evaluar la vulnerabilidad por flujo de detritos, esto para las edificaciones del casco urbano teniendo como base los índices de exposición y de resistencia. Y por último se tiene la evaluación de riesgo por flujo de detritos, en función de la amenaza, vulnerabilidad y costo. Para determinar las pérdidas se trabajó en relación al costo que implicaría la reposición del elemento dañado. Este trabajo de investigación concluyó que se había logrado unificar la evaluación para la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia, así como también se logró la estandarización de los criterios para la evaluación y zonificación de la amenaza a partir del mapeo.

Martínez, R. (2015) desarrolló una investigación de tipo Experimental denominada *“La Construcción del Conocimiento Científico del Riesgo de Desastre: Epistemología, teorías y metodología de los estudios desde una perspectiva geográfica”* la cual tuvo como objetivo poder identificar la vulnerabilidad que cuentan los sistemas para detener o mitigar riesgo teniendo como principal consideración las prioridades de la sociedad. Dentro de su metodología proyectó una relación entre sistemas a diferentes escalas considerando al riesgo



de desastre una situación cambiante de la superficie terrestre. Este trabajo concluyó que no existe un solo concepto del término riesgo de desastre, sino por el contrario muchas interpretaciones las cuales se pueden adaptar a distintas situaciones dependiendo del lugar y propósitos.

## **2.2 Bases teóricas**

Como ya se ha mencionado antes, el objetivo del presente trabajo de investigación consta de identificar áreas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica se encuentran expuestas a peligros generados por causa de fenómenos naturales, utilizando para ello imágenes satelitales provistas por el satélite peruano PerúSAT-1. A continuación, se conceptualizan términos como riesgo, cuya estimación está definida por parámetros como el peligro y la vulnerabilidad, debido a la constante exposición de ciertas áreas urbanas de la ciudad de Lima. También, dentro de estos términos, se definirá urbanismo al ser principalmente un problema generado por una mala planificación urbana, así como también se definirán términos como satélite artificial e imágenes satelitales, ya que el primero es la herramienta que provee dichas imágenes que permitirán poder alcanzar el objetivo de esta investigación.

**2.2.1 Teoría del Riesgo.** Según la definición de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR), al riesgo se le puede definir como “la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas” (2009, p.29) existiendo dos tipos de connotaciones, la popular que se refiere a la posibilidad de que ocurra un evento, y la connotación técnica que hace referencia a las posibles pérdidas relativas a una causa, lugar y momento en particular.

Otra definición formulada por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), señala que el riesgo es la estimación matemática que se realiza, ante la posible de ocurrencia de un evento específico de emergencia en una determinada área y periodo de tiempo, que permite calcular las probables pérdidas de vidas, daños materiales y daños a la propiedad económica (INDECI, 2006, p. 45).

También se puede mencionar la definición descrita por el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre (SNGRD, 2017), la cual define al riesgo de desastre como “los daños o pérdidas potenciales debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario, o humano no intencional, en un periodo de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos” (p. 20).

Una definición más completa es la que le otorgan al término riesgo de desastre los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), en esta se estipula a dicho término como:

La posibilidad de que se produzcan muertes, lesiones o destrucción y daños en los bienes de un sistema, sociedad o comunidad en un periodo de tiempo concreto y son determinados de forma probabilística en función de la amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad (2018, p. 19).

**2.2.2 Tipos de Riesgo.** Según las definiciones antes mencionadas, se han llegado a establecer la existencia de cuatro tipos de riesgo de desastre, que son:

**2.2.2.1 Riesgo Residual.** Es el tipo de riesgo en el cual, “a pesar de que se han establecido medidas para disminuir el riesgo de desastres, y aunque se cuenta con las capacidades de respuesta de emergencia y recuperación, el riesgo no se ha gestionado” (UNISDR, 2009, p. 32).

**2.2.2.2 Riesgo Aceptable o Tolerable.** “El riesgo podrá ser considerado como aceptable o tolerable acorde a una serie de factores relacionados con las condiciones sociales, económicas, políticas culturales, técnicas y ambientales de la sociedad o comunidad donde se presentan” (UNISDR, 2009, p. 30).

**2.2.2.3 Riesgo extensivo.** “Un riesgo de desastre es considerado como extensivo cuando existen sucesos peligrosos y desastres que son de baja gravedad, pero de alta frecuencia” (CAN, 2018, p. 19).

**2.2.2.4 Riesgo Intensivo.** “Un riesgo de desastre es considerado como intensivo cuando existe la posibilidad de que ocurra desastres de elevada gravedad, pero de frecuencia mediana o baja” (CAN, 2018, p. 20).

**2.2.3 Estimación del Riesgo.** Son las acciones realizadas para determinar el riesgo y daño en función a la pérdida de vidas y materiales a partir de los datos sobre los peligros y condiciones de vulnerabilidad que posee determinada área geográfica antes de ocurrir algún desastre (INDECI, 2006).

“Con dicha estimación de riesgo obtenida lo que se busca es generar las recomendaciones que ayuden a prevenir, mitigar o disminuir los efectos en caso de ocurrir algún peligro en aquella área geográfica (INDECI, 2006, p. 12).

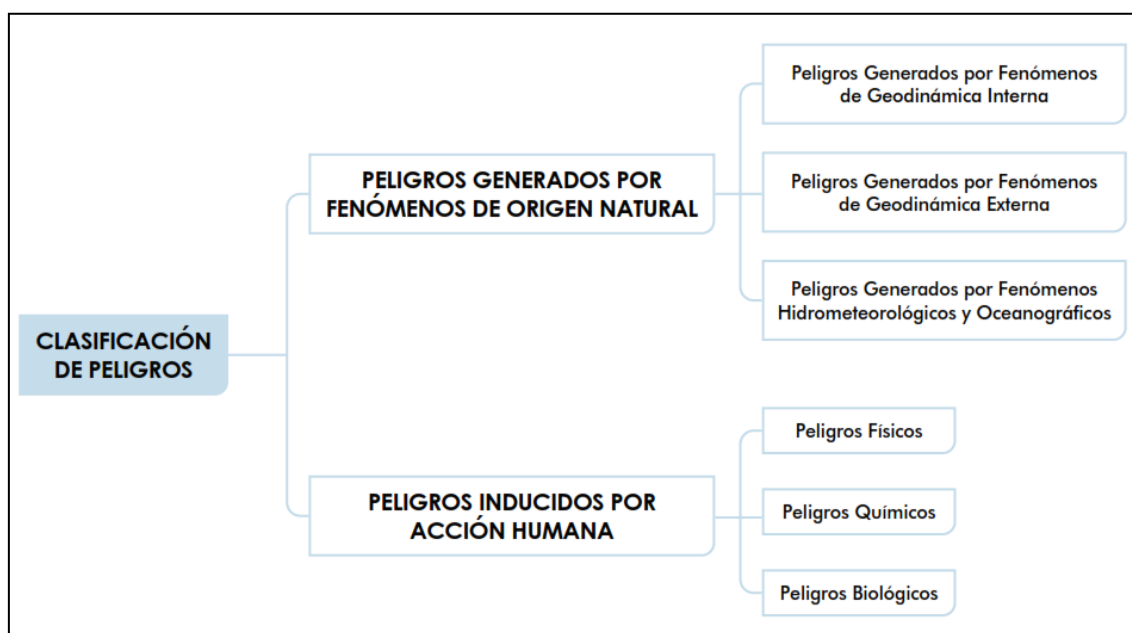
El cálculo del riesgo (R) se obtiene del producto de dos variables, las cuales son el peligro (P) y la vulnerabilidad (V). Este cálculo se expresa de la siguiente manera:

$$R = P \times V$$

**2.2.4 Teoría del Peligro.** Se entiende por peligro, según lo definido en el DS. N°048-2011-PCM, como la probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.

También, de acuerdo a lo que señala el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), al peligro se le puede definir como “la probabilidad de que ocurra algún tipo de fenómeno de origen natural, o tal vez originado por el ser humano que puede causar daños en determinadas áreas afectando la infraestructura o al medio ambiente” (2014, p. 20).

De acuerdo a la causa que lo origina (figura 1), el peligro se puede clasificar de dos formas: de origen natural e inducidos por acción humana.



*Figura 1:* Clasificación de peligros. Extraída del Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED).

Como se aprecia en la figura 1, los fenómenos de origen natural se clasifican o subdividen en tres categorías: la primera es la categoría de los peligros generados por fenómenos de geodinámica interna (como los sismos, tsunamis o maremotos), la segunda es

la categoría de los peligros generados por geodinámica externa (los referidos a los movimientos de masa) y la tercera categoría es la de los peligros hidrometeorológicos y oceanográficos (como las inundaciones, lluvias intensas, oleajes anómalos o el fenómeno El Niño).

**2.2.5 Movimiento de Masa.** Según lo explica Rivera (s.f.), se considera movimiento de masa a aquellos desplazamientos de sustancias como rocas o suelos, que en la mayoría de los casos son originados por la excesiva presencia de agua, por lo que normalmente ocurren en época de lluvias, en donde se ocurre la disminución de la resistencia del suelo al desplazamiento.

Los movimientos de masa se pueden clasificar en: Movimiento en Masa y en Transporte de Masa.

A continuación, en la tabla 2 se explicará la clasificación con sus respectivos ejemplos de los movimientos en masa:

*Tabla 2.*  
Movimiento en Masa

	Clasificación	Ejemplos
Movimiento en Masa	Movimiento con predominio de la trayectoria vertical	Desprendimiento y colapso
	Movimientos de giro de bloques conformados por fracturación vertical	Vuelcos, vuelcos por flexión y desplomes
	Desplazamiento en masa	Deslizamiento, reptamiento, propagación lateral, escurrimiento, subsidencia.

Por otro lado, el Transporte de Masa se clasifica en Flujo y Avalanchas:

(1) La caída de flujos implica el desplazamiento de una mixtura de materiales sueltos combinados con agua. Su desplazamiento puede ser rápido como lento, generando a su paso daños. Los flujos pueden ser:

(a) Flujo de detritos, el cual se define como el desplazamiento de rocas que poco a poco aumentan su velocidad en relación a la inclinación de la pendiente sobre la cual se desplazan y a la cantidad de humedad existente sobre el terreno.

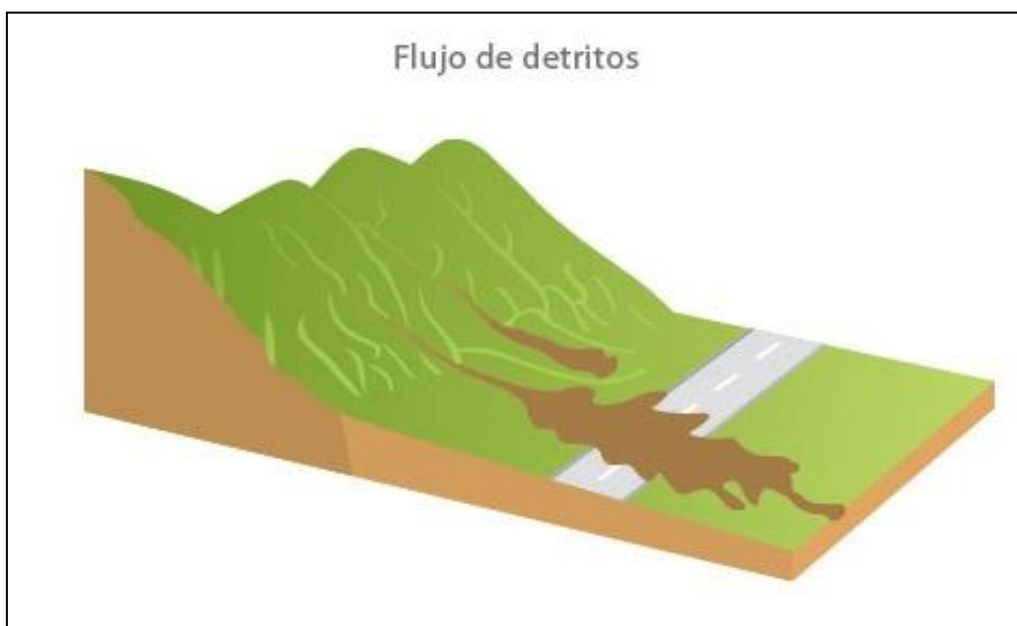


Figura 2. Flujo de detritos. Extraído de <https://ingenieriareal.com/impresionantes-deslizamientos-laderas/>

(b) Flujo de Tierras, es un tipo de desplazamiento que en comparación al flujo de detritos es más lento, esto se debe a la viscosidad de los materiales finos que se desplazan. Posee 3 características: Una zona de alimentación en la parte superior de donde se generan la mayor parte del material que se desplaza; el canal a través de donde se desplazan los materiales, y por último el cono de deyección.

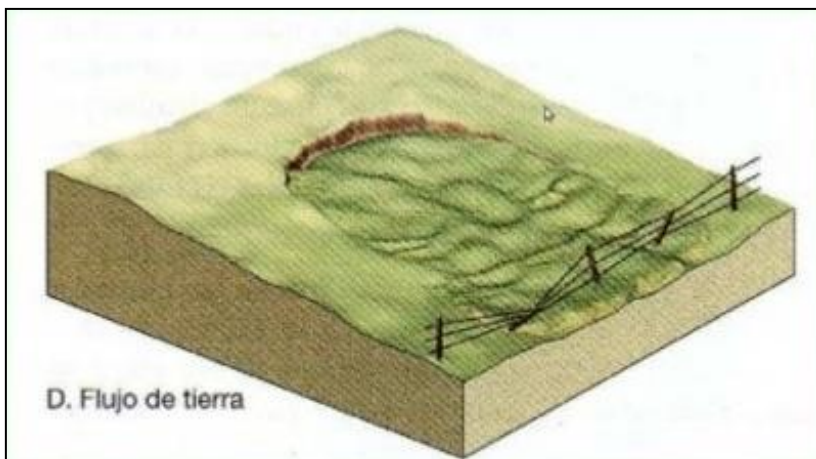


Figura 3. Flujo de Tierra. Extraído de <http://geologiatercersemestregrupoa.blogspot.com/2018/10/>

(2) Avalanchas de Rocas y Detritos, es el movimiento de gran cantidad de rocas y detritos con la característica principal de que las velocidades de estas masas pueden llegar hasta los 250 km/h, velocidad que se genera debido a la fluidificación de las masas que se desplazan (Escobar, Escobar, 2017, p. 135).

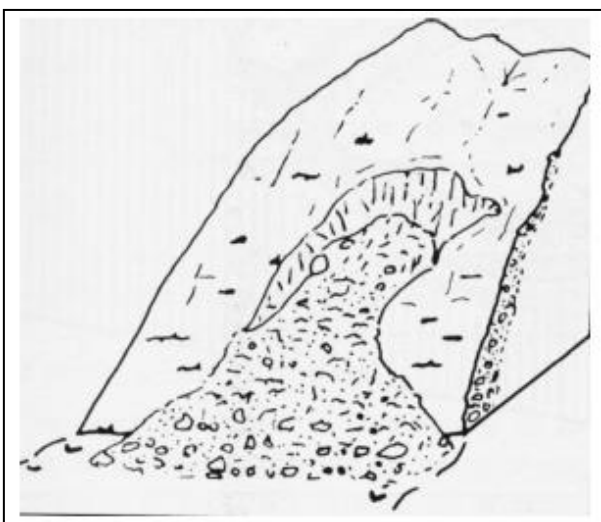
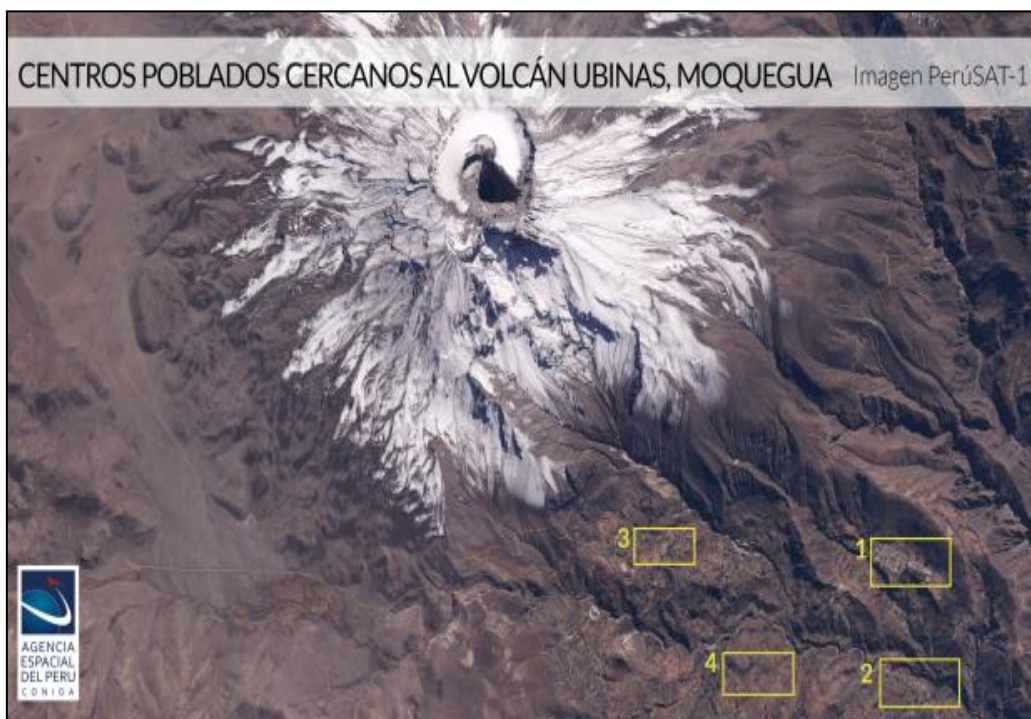


Figura 4. Avalancha de rocas y detritos. Extraído de Geotecnia para el Trópico Andino

**2.2.6 Teoría de la Vulnerabilidad.** ¿Según lo establecido en el DS N°048-2011-PCM, el concepto de vulnerabilidad es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza?

Esa vulnerabilidad se ha evidenciado con mayor fuerza en los últimos tiempos debido a causas como por ejemplo el aumento de la población lo que ha generado la proliferación de nuevas zonas urbanas que en muchas oportunidades se han producido gracias a la invasión de territorios sin adecuado control u ordenamiento (CENEPRED, 2014, p. 121).

Tres son los factores que componen la vulnerabilidad, los cuales son: la exposición, la fragilidad y la resiliencia. La exposición comprende las acciones que permiten que una persona o un grupo de personas se encuentren ubicados en medio de la zona de impacto de un peligro, como por ejemplo al que están expuestos los pobladores de Ubinas, Tonohaya, Querapi y el Anexo a Sacuhaya que se encuentran ubicados en las cercanías del volcán Ubinas en Moquegua, el cual en julio de 2019 inició un nuevo proceso de erupción, con lo que generó que dichos poblados se encuentren expuestos a peligros como caída de ceniza, flujo de barro, flujo piroclástico, avalancha de escombros, entre otros (Perú21, 2019).



*Figura 5:* Imagen obtenida por satélite PerúSAT-1 de los poblados cercanos al volcán Ubinas: (1) Ubinas, (2) Tonohaya, (3) Querapi, (4) Anexo a Sacuhaya. Extraída de <https://www.yumpu.com/es/document/read/37736737/bolilla-13-satelites-meteorologicos-lic-madeleine-renom-bolilla->.



El segundo factor es la fragilidad, el cual se define como la desventaja o debilidad de las personas o sus medios de vida para enfrentar un peligro. “Las formas en que se realizan las construcciones, el incumplimiento de las normas de construcción, el empleo de materiales inadecuados son características que permiten el crecimiento de áreas frágiles (CENEPRED, 2014, p. 122).

El tercer factor que compone la vulnerabilidad es la resiliencia, que “se refiere al nivel de recuperación de las personas y sus grupos sociales frente a la ocurrencia de un peligro. Mientras mayor sea la resiliencia, menor es la vulnerabilidad que enfrentan las personas” (CENEPRED, 2014, p. 123).



*Figura 6:* Casas construidas en las cercanías de la ribera del Río Rímac. Extraída de <https://journals.openedition.org/bifea/2371>.

**2.2.7 Teoría de Urbanismo.** El termino urbanismo o proceso de urbanización, según García (1961), considera que podría definirse como “una disciplina científica encargada de la remodelación de los espacios habitables, es decir, edificios, construcciones, espacios libres, áreas verdes, áreas cultivables con la finalidad de generar bienestar para la sociedad” (p. 20).

El urbanismo es una transformación irreversible que han sufrido las ciudades en el mundo y se debe a una continua migración de la población hacia ellas, proceso que tiene sus orígenes en el siglo XVIII, ya que la población que mayoritariamente se dedicaba a realizar actividades agrícolas, posterior a la Revolución Industrial empezó a migrar hacia las ciudades a realizar otro tipo de actividades diferente de las agrícolas (Ducci, 2013, p.15).

El urbanismo “permite establecer un orden para las cosas que sirven para el desarrollo de los seres vivos, de acuerdo a los conceptos de habitabilidad física, biológica y social, considerando siempre el tiempo en el cual se lleve a cabo” (García, 1961, p. 21).

Como ha sido señalado anteriormente, urbanismo también consiste en la remodelación de los espacios, y es por esto que a lo largo de los años han aparecido diferentes corrientes que han buscado generar ese cambio en las ciudades. Así podemos mencionar, cómo lo indica Chaline (1981), el caso de París, en donde a partir de 1959 “se empezaron a realizar restauraciones al casco urbano de la ciudad, lo que motivo la necesidad de desarrollar un crecimiento urbano vertical, es decir, contar con edificios de gran altura” (p. 119).

Al respecto, también se puede mencionar conceptos como el que describe Paredes (2014), quien señala que el urbanismo es “la ciencia y el arte que nos enseña a organizar en forma racional los espacios abiertos para que las comunidades puedan desarrollar sus diferentes actividades en forma racional y armónica” (p. 30).

**2.2.8 Diseño de las ciudades.** De acuerdo al diseño con que fueron concebidas, podemos decir que las ciudades pueden tener las siguientes formas:

**2.2.8.1. Ciudad Rectilínea, reticulada o cuadriculada.** Es aquel tipo de ciudad que representa orden. Dentro de sus ventajas más importantes podemos señalar que permite una fácil lotificación, administración y tránsito. Como desventaja se puede mencionar que es un

diseño monótono, genera un desperdicio de viabilidad y no tiene gran apreciación visual (Ducci, 2013, p. 27).

Otra desventaja, según estudios realizados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), tal como lo señala De Vera (2018), es que en las ciudades que poseen este tipo de diseño el efecto de la isla calor, que se produce por efecto del calor que absorben los materiales de construcción durante el día y que se irradia durante la noche, es mucho más alto que en las ciudades que poseen un diseño desordenado.

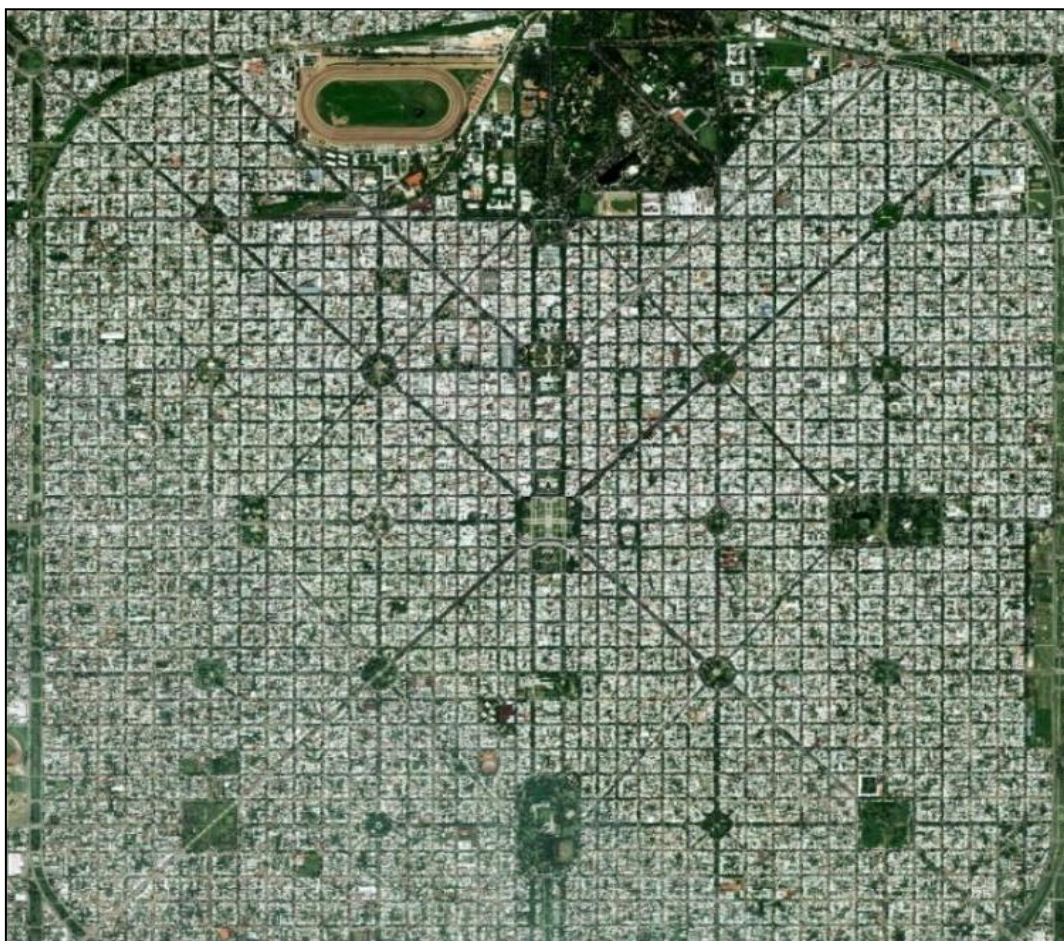


Figura 7: Diseño cuadrículado de ciudad. La Plata-Argentina. Extraída de <https://es.gizmodo.com/10-sorprendentes-ciudades-planificadas-vistas-desde-el-1795925893>.

**2.2.8.2. Ciudad estrella, radiocéntrica o radial.** Este es un tipo de diseño que poseen las ciudades de origen medieval, y cuya principal característica es que todas las vías de la ciudad confluyen hacia un punto específico o resaltante, como por ejemplo una plaza, una



fortaleza o una catedral. Esta parte de la ciudad es utilizada como centro de circunferencias cuyos radios son vías principales que comunican a la ciudad con el centro de esta. Dentro de las ventajas que se pueden asociar a este tipo de diseño de ciudad está la fácil conexión que existe entre las zonas de la periferia de la ciudad con el centro, por el contrario, una desventaja sería la dificultad para conectar dos puntos de la periferia de la ciudad entre sí (Doncel, 2013).



Figura 8: Diseño radiocéntrico de ciudad. Palmanova-Italia. Extraída de <https://es.gizmodo.com/10-sorprendentes-ciudades-planificadas-vistas-desde-el-1795925893>.

**2.2.8.3. Ciudad desordenada o de plato roto.** Una ciudad desordenada o de plato roto son aquellas que han desarrollado un crecimiento orgánico. Como ventaja se puede mencionar que posee gran riqueza visual, sin embargo, como desventaja tiene que no permite una buena orientación ni desarrollo del tráfico.



Figura 9: Diseño desordenado de ciudad. Nápoles-Italia. Extraída de <https://thrarquitectura.com/napoles-elementos-de-composicion-de-una-ciudad-espontanea>.

**2.2.8.4. Clasificación de las ciudades.** Según el reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible aprobado en el Decreto Supremo N°022-2016-Vivienda, los centros poblados se clasifican según lo descrito en la tabla 3.

Tabla 3.

*Clasificación de centros poblados*

Clases	Subclases y rangos	Características
Metropoli	Nacional (1°Rango)	Capital de la República (Provincia de Lima y Provincia Constitucional del Callao)
	Regional (2° Rango)	Capital del departamento o región (Centro poblado urbano – integración de varias ciudades)
Ciudad	Principal (3° Rango)	Centro poblado (más de 250 000 habitantes)
	Mayor (4° Rango)	Centro poblado (de 100,001 a 250,000 habitantes)
	Intermedia (5° Rango)	Centro poblado (de 50, 001 a 100, 000 habitantes)
	Intermedia (6° Rango)	Centro poblado (de 20,001 a 50, 000 habitantes)
Villa	Menor principal (7° Rango)	Centro poblado (de 10,001 a 20, 000 habitantes)
	Menor (8° Rango)	Centro poblado (de 5,001 a 10,000 habitantes)
Pueblo	(9° Rango)	Centro poblado (de 2,501 a 5000 habitantes)
	(10° Rango)	Centro poblado (de 1,001 a 2500 habitantes)

---

Caserío (11° Rango)	Centro poblado (de 501 a 1000 habitantes)
---------------------	---

---

Cabe aclarar, que la Villa y el Pueblo, ambas poseen viviendas agrupadas de forma contigua y continuada con una disposición que conforman calles y una plaza céntrica además de poseer infraestructura, equipamiento y personal para un centro de salud; no obstante, se diferencian en el acceso a distintos servicios, por ejemplo, la villa posee estructura para la educación primaria completa y los tres primeros años de secundaria, servicios de correos, telefonía, etc., mientras que el Pueblo solo posee infraestructura para educación primaria completa y un local comunal de uso múltiple y áreas recreacionales. En el caso del Caserío solo posee un local comunal múltiple y un centro educativo en funciones, y las viviendas pueden estar ubicadas de forma continua o dispersas.

**2.2.9 Uso del suelo urbano.** Existen algunos factores, con respecto al empleo del suelo, que se debe tener en cuenta cuando se van a establecer nuevas urbanizaciones, se pueden señalar:

**2.2.9.1 Categorización del uso del suelo urbano.** Un suelo, se puede categorizar de acuerdo a si su empleo es de tipo básico, complementario o incorporado como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.

*Categorización del suelo urbano*

N	Categoría	Empleo
1	Suelo básico	Funciones básicas de toda urbanización (Recreación, trabajo o circular)
2	Suelo complementario	Espacios públicos, como es el caso de los cementerios, zoológicos, cuarteles, centros de reclusión, entre otros.
3	Suelo incorporado	Actividades de soporte a las áreas urbanas (Actividades de extracción minera y zonas agrícolas)

*Nota:* Adaptado de Calvimontes.

**2.2.9.2 Áreas no edificables.** Según Calvimontes, las áreas no edificables son aquellas que, según su protección, ambiental o física, “están destinadas a la recreación pasiva, forestación, las franjas de seguridad, aires de ríos o son áreas donde existen riesgos naturales”. En estos espacios se encuentra prohibida la construcción de cualquier edificación, inclusive si son de instituciones públicas, ya que el objetivo principal es la de conservación o mejoramiento de estos espacios. En caso se realice la construcción de un edificio, debe ser posterior a la realización de los estudios correspondientes y bajo autorización del gobierno municipal a cargo quien es el único organismo que controla y ordena estas áreas (p. 27).

**2.2.10 Teoría Satélite Artificial.** Un satélite artificial es todo instrumento creado por el hombre para ser enviado al espacio a través de un vehículo y de esta manera orbitar alrededor de la Tierra o algún cuerpo espacial, como la Luna, por ejemplo, con la finalidad de obtener información específica de este (Uriarte, 2018).

La idea de satélite artificial fue propuesta en 1945 por Arthur C. Clark, cuando publica un artículo en la revista británica *Wireless World*, en el que sugiere que se podrían eliminar todos los cables utilizados para telefonía si se instalaban tres estaciones de comunicaciones espaciales en cierta a determinada altura (Huidobro y Luque, 2013, p. 138).

El 4 de octubre de 1957 se lanzó el primer satélite artificial denominado “Sputnik-1, un satélite de 85 Kg. de peso y cuya misión fue la de analizar la ionosfera terrestre” (Martos, 2009, p. 97), dicho satélite fue lanzado por un equipo de científicos la ex Unión Soviética (URSS), dirigidos por Serguei Koroliov.

Posterior al lanzamiento del Sputnik-1, considerado por muchos como el inicio de la carrera espacial durante la llamada Guerra Fría librada entre los Estados Unidos de Norteamérica y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, continuo el lanzamiento del



primer satélite americano, el Explorer-I, el cual permitió descubrir los cinturones de Van Allen. Existen casos en que los satélites artificiales son tripulados, como el caso de la estación espacial internacional, o ISS por sus siglas en inglés, la cual se ubica a 380 km sobre la Tierra.

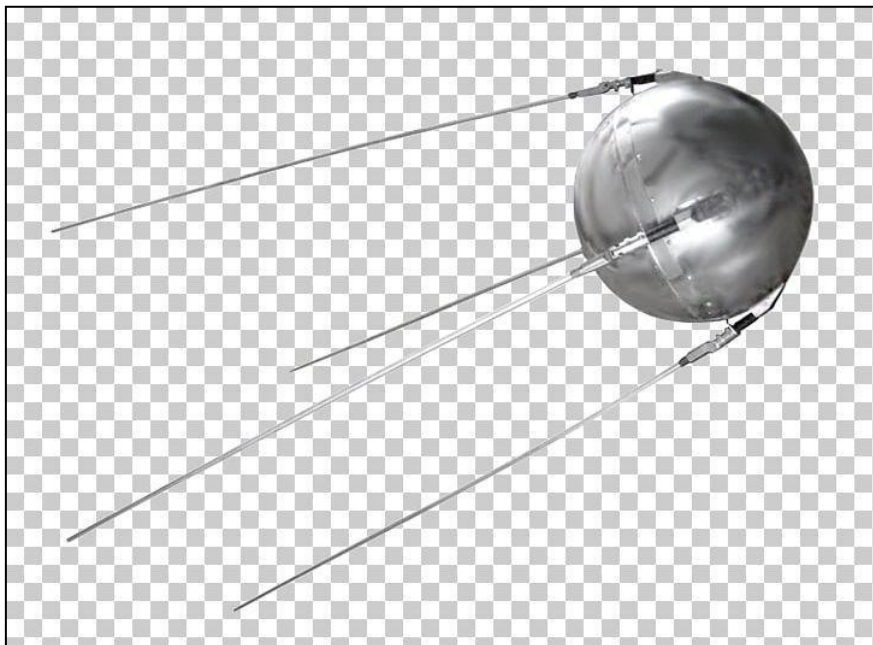


Figura 10: Imagen del primer satélite artificial: SPUTNIK-1. Extraída de <https://imgbin.com/png/bEikyV5a/sputnik-1-satellite-soviet-union-computer-icons-png>.

En la actualidad, según la Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA), existen cerca de 4921 satélites orbitando la Tierra, de los cuales un aproximado de 2600 satélites ya no funcionan (Llorente, 2018). Los satélites se pueden clasificar de dos formas: (1) De acuerdo al desplazamiento de la órbita donde se ubican y (2) de acuerdo a la función que cumplen. Así mismo, de acuerdo al desplazamiento de la órbita donde se ubican, los satélites se clasifican en:

**2.2.10.1 Satélite Geoestacionario.** Son aquellos satélites que se encuentran en orbitas cuya altura promedio es de 36000 km, teniendo una velocidad angular igual a la velocidad de rotación de la tierra. A esta altura, cada vuelta a la Tierra del satélite tiene una duración de 24 horas, motivo por el cual siempre se encuentran posicionados en la misma ubicación con relación a la superficie terrestre (Labrador, Évora, 2012, p.15).



**2.2.10.2 Satélite Polar.** Un satélite polar es aquel tipo de satélite que como su nombre lo señala, describe un movimiento desde el polo norte hacia el polo sur (modo descendente) o del polo sur al polo norte (modo ascendente), lo que, combinado al movimiento de rotación de la Tierra, que es de oeste a este, permite obtener una mayor cobertura de la superficie terrestre en determinados periodos de tiempo (Labrador, Évora, 2012, p. 15).

**2.2.10.3 Satélite de órbita LEO.** Los satélites de órbita LEO (Low Earth Orbit) o satélites de órbita baja son aquellos que se encuentran ubicados entre los 500 a 1500 km sobre la Tierra.

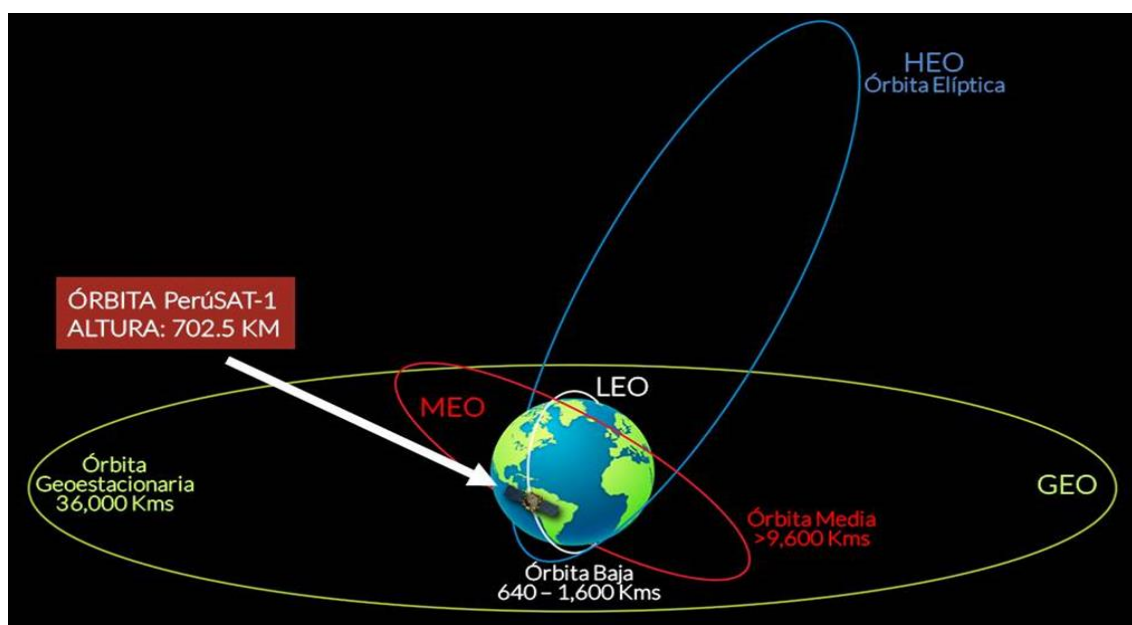


Figura 11: Tipos de órbitas que describen los satélites. Extraída de <http://www.conida.gob.pe/index.php/noticias/perusat-1-satelite-de-observacion-de-la-tierra>.

Según lo describen Huidobro, Luque (2013), “el límite inferior no puede ser menor para evitar coberturas muy pequeñas y fricciones con la atmósfera, y el límite superior no puede ser mayor para evitar el primer cinturón de radiación” (p.155). Este tipo de satélites principalmente cumplen “funciones de observación, gravimetría y altimetría de satélites” (Berne, 2014, p. 95).

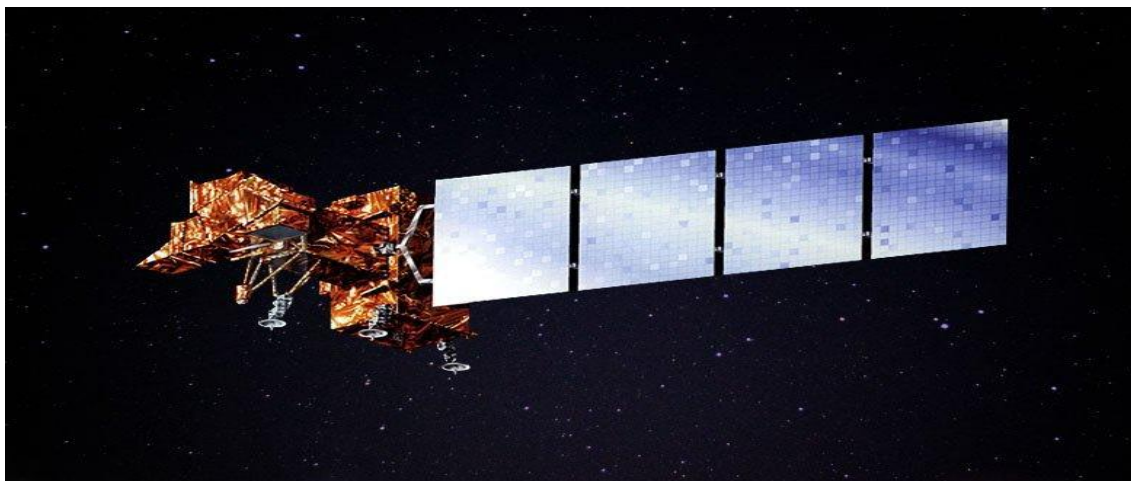
**2.2.10.4 Satélites de órbita MEO.** Según Zenil, Los satélites de órbita MEO (Medium Earth Orbit) o satélites de órbita media son aquellos que están localizados a una distancia sobre la tierra de entre 6000 a 11000 kms. En esta órbita se encuentra la constelación de satélites que pertenecen al Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS por sus siglas en inglés).

Por otro lado, de acuerdo a la función que cumplen, los satélites se clasifican en:

**2.2.10.4.1 Satélites de Observación.** Llamado también satélites de teledetección, son aquellos satélites que llevan dentro de sus componentes sensores que le permiten realizar la observación de la Tierra. Normalmente este tipo de satélites se encuentran ubicados en una órbita baja y polar. Dentro de algunas características de estos satélites se puede señalar que poseen radiómetros multiespectrales que permiten obtener información en el rango óptico, también pueden poseer bandas en el intervalo térmico, lo que les permite realizar mediciones sobre la temperatura terrestre (López, Denore, 1999, p. 82).

Una de las misiones de satélites de observación más conocida que se puede mencionar es el programa Landsat. Dicho programa, según los autores López y Denore (1999), fue iniciado en 1972 “con el lanzamiento del satélite ERTS-1, que posteriormente fue rebautizado como Landsat-1 y que llevaba a bordo una cámara vidicon (RBV) y un radiómetro multiespectral (MSS)” (p. 87).

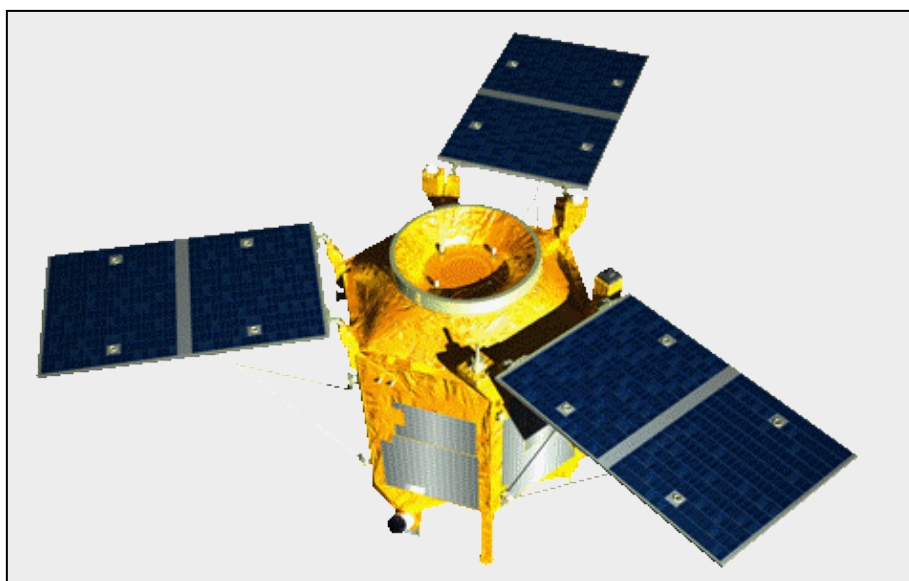
Actualmente se encuentra en el espacio el Landsat-7, el cual “fue lanzado 15 de abril de 1999 y se encuentra a unos 705 km de altura sobre la Tierra, tardando 16 días en escanear la superficie de nuestro planeta recorriendo durante este periodo un total de 232 órbitas” (Labrador, Évora , 2012, p.38).



*Figura 12:* Imagen del satélite LANDSAT-7. Extraída de <https://eos.com/landsat-7/>.

Otra misión de observación reconocida es la serie de satélites franceses SPOT (Système Pour la Observation de la Terre), cuyo primer satélite fue lanzado en 1986, siendo los últimos en ser lanzados el SPOT-6 y SPOT-7. De acuerdo a lo señalado por López y Denore (1999):

La alta resolución espacial y su resolución oblicua de las imágenes SPOT son las principales razones de su popularidad, así como también el alto número de aplicaciones en las que pueden emplear como son: usos del suelo, cartografía topográfica y catastral, planeamiento del medio urbano, entre otros (p. 88).



*Figura 13:* Imagen del satélite SPOT-7. Extraída de <https://www.agilspace.com/geoservice.php?pc=spot>.

2.2.10.4.2 *Satélites de Navegación o Posicionamiento.* Son aquellos satélites que proporcionan “un posicionamiento geoespacial con cobertura global. Normalmente se encuentran ubicados en orbitas medias, es decir alrededor de los 21000 y 25000 km y están agrupados en constelaciones o grupos de satélites permitiendo obtener una cobertura total de la Tierra” (Berne, 2014, p. 93, p.94).

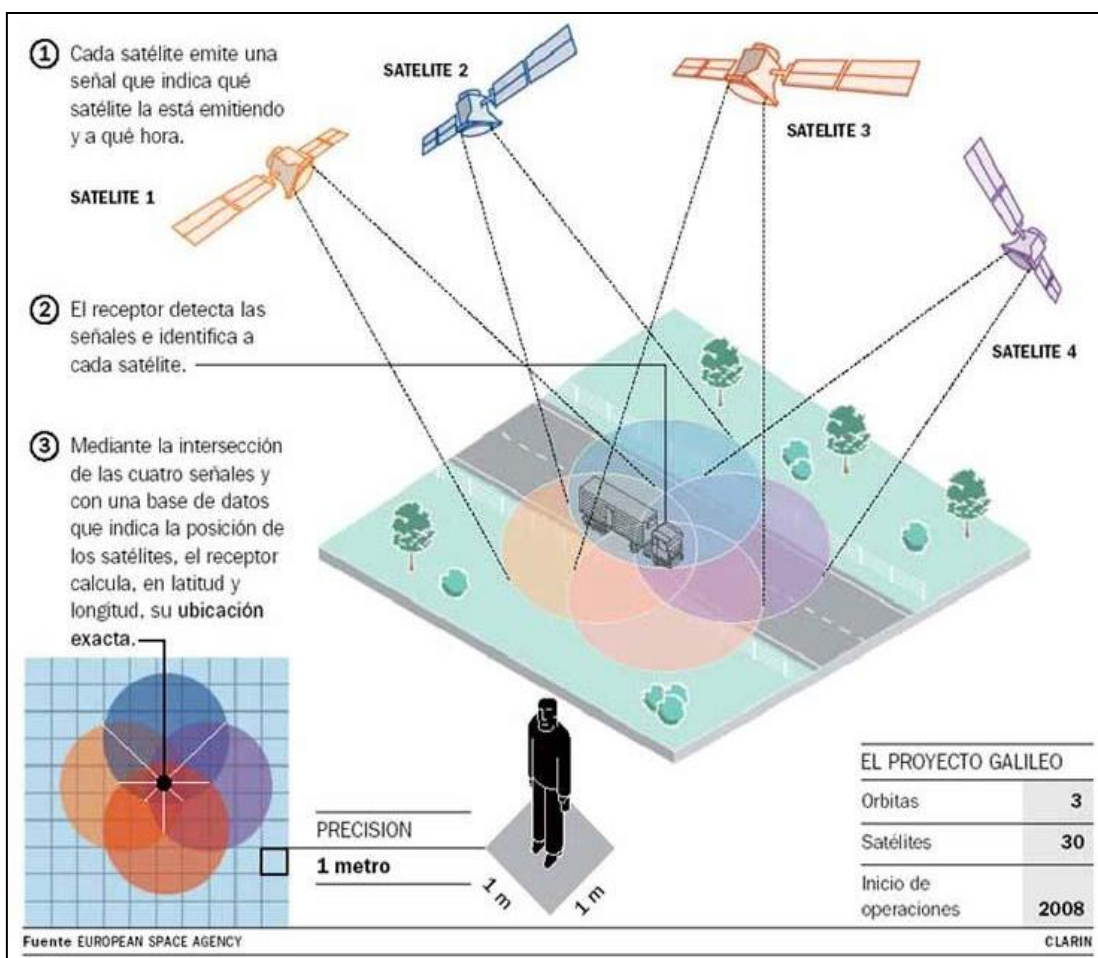


Figura 14: Imagen del funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global. Extraída de <https://enciende.cosce.org/boletin/index.asp?item=52>.

Estas constelaciones de satélites permiten encontrar la localización de los objetos determinando su latitud, longitud y altura sobre la superficie de la tierra teniendo como principio de funcionamiento el medir la distancia del objeto receptor hacia el satélite, para luego encontrar el punto de intersección de las esferas que se forman teniendo como centro

el satélite y como radio la distancia encontrada del objeto receptor hacia cada uno de los satélites (Olmedillas, 2013, p. 30).

El origen de los sistemas de posicionamiento radica en la Marina norteamericana con el sistema TRANSIT, el cual “fue lanzado en 1961, sin embargo, fue declarado operacional recién en 1964 teniendo dentro de su constelación un total de 6 satélites operativos orbitando a una altura 1100 km sobre la superficie terrestre” (Olmedillas, 2013, p. 32). Unos de los sistemas de navegación más conocidos es el GPS, que como lo señala Olmedillas (2013) “dentro de las características más importantes de este sistema, se puede señalar que se encarga de cubrir el posicionamiento global las 24 horas del día, los 365 días del año y de manera instantánea, con una precisión en la medida de 5 a 20 mts (p. 36).

*2.2.10.4.3 Satélites de Comunicaciones.* Son aquellos satélites que, como lo señala Popocatl (1998), “permiten transmitir, distribuir y diseminar información desde diversas ubicaciones en la Tierra a otras partes” (p. 6). Son empleados para diferentes aplicaciones como por ejemplo la telefonía a larga distancia, enlaces para internet, comunicaciones corporativas y telefonía móvil, entre otras.

“El principio básico de un satélite de comunicaciones consiste en recibir señales transmitidas por una estación terrena, amplificar y procesar dichas señales para posteriormente transmitirla a una o más estaciones receptoras en tierra” (Zepeda, 2011, p.8).

La historia de los satélites de comunicaciones se inició en 1962 cuando se lanzó el satélite TELSTAR 1, de fabricación americana, ya que como lo señalan Huidobro y Luque (2013), “este satélite fue el primero en contar con la capacidad para transmitir y recibir información de manera simultánea” (p. 146).

Posterior al TELSTAR 1 prosiguieron proyectos también de fabricación americana como el Satélite SCORE y el satélite ECHO 1. El primero, lanzado el 18 de diciembre de 1958 permitió que el entonces presidente Eisenhower transmita un mensaje navideño al pueblo americano, mientras el segundo, lanzado el 12 de agosto de 1960 fue el primer satélite que estableció una comunicación telefónica y la transmisión de un programa de televisión entre los estados de California y Massachussets en 1962 (Carrillo, 1997, p. 18).

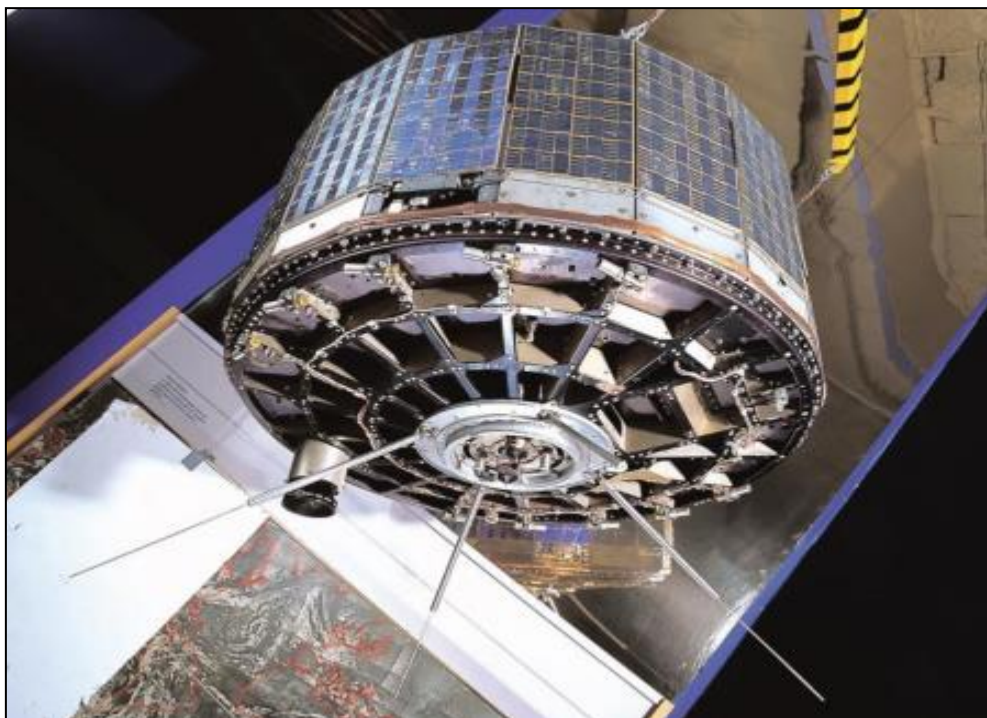
Estos satélites pueden estar ubicados en órbitas baja (LEO) así como en órbitas Geoestacionarias (GEO). “La principal ventaja de los satélites LEO de comunicaciones es que reducen las pérdidas de transmisión y el retardo en las comunicaciones, sin embargo, presentan variaciones en el patrón de los enlaces” (Zepeda, 2011, p.34).

*2.2.10.4.4 Satélites Meteorológicos.* Este tipo de satélites son aquellos a través de los cuales se obtiene información sobre los elementos relacionados con el pronóstico del tiempo como, por ejemplo: las nubes, la temperatura del suelo y del mar, las corrientes marinas, las precipitaciones, aunque también permiten realizar la localización y seguimiento de ciclones, la evaluación de áreas con probabilidad de inundaciones, las áreas con riesgo de incendios, entre otros (Renom, 2011).

Los satélites meteorológicos pueden estar ubicados a 890 km en una órbita polar o a 35790 km en una órbita geoestacionaria. Aunque también, como lo señala Marcos:

...existen satélites meteorológicos posicionados en otro tipo de órbitas, utilizados por países que se encuentran en latitudes altas, como por ejemplo Rusia, que ha recurrido a la órbita de tipo Molniya, la cual es una órbita elíptica de alta excentricidad, que posee una inclinación de  $63.4^\circ$  y un periodo orbital de 12 horas. En este tipo de órbita, el satélite pasa la mayor parte del tiempo recorriendo el apogeo de la órbita, conocido

como pozo del apogeo, lo que le permite tomar mediciones más o menos continuas como si estuviera en una órbita geoestacionaria (p 85).



*Figura 15:* Copia del primer Satélite Meteorológico TIROS-1. Extraída de <http://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=84>

La era de los satélites meteorológicos tiene sus inicios en 1960 cuando, el 1 de abril de ese año Estados Unidos lanzó el satélite TIROS 1 (Television Infrared Observational Satellite), el que permitió obtener la primera imagen de nubes relacionadas a fines meteorológicos. Por otro lado, la Agencia Espacial Europea lanzó en 1977 la primera serie de satélites METEOSAT. Dentro de las ventajas de este satélite está que una de las bandas del IR está ubicada en una región de absorción de agua del espectro, lo que permitió la obtención de información sobre la troposfera alta y sobre la circulación a escala sinóptica (Marcos, 2018).

**2.2.11 Teoría PerúSAT-1.** Desde el 15 de setiembre del 2016 el Gobierno del Perú ingresó a la era espacial al poner en órbita su satélite llamado PerúSAT-1, un satélite de observación adquirido al gobierno francés y construido por la empresa Airbus Defence and



Space (Cruz, 2019). Como se manifiesta en la página web de CONIDA (2018), el PerúSAT-1 se encuentra ubicado en una órbita baja (LEO) a 702.5 km de altura sobre la Tierra, su recorrido va sobre los polos norte y sur, y se desplaza a una velocidad de 27 000 km/h o 7.5 km/seg. por lo cual puede recorrer una órbita alrededor de la tierra en 98.79 min.

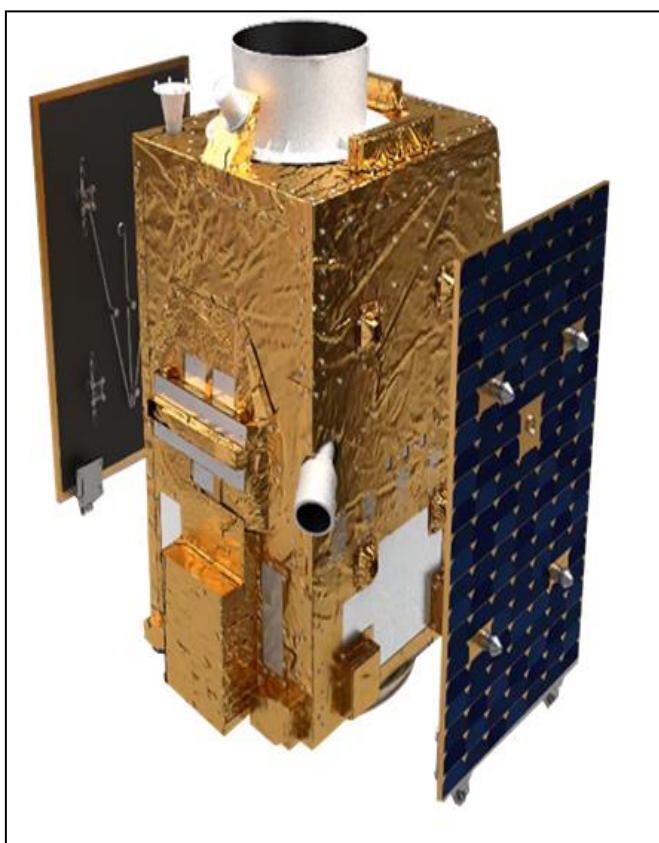


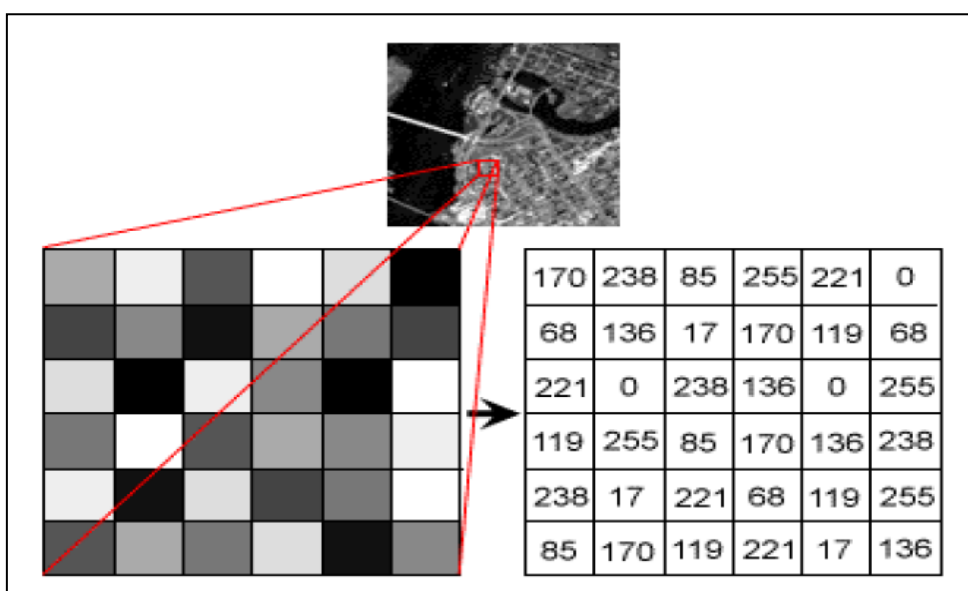
Figura 16: Imagen del Satélite Peruano PerúSAT-1. Extraída de la exposición de la Agencia espacial del Perú (CONIDA): Capacidades del PerúSAT-1

Otras características que se pueden señalar sobre el satélite peruano es que tiene un peso total de 400 kgs, una resolución espacial de 0.7 mts, el ancho de su imagen es de 14.5 km, pudiendo llegar a adquirir hasta un máximo de 300 imágenes por día. El PerúSAT-1 tiene un tiempo límite de vida, según sus fabricantes, de 10 años.



**2.2.12 Teoría de Imagen Satelital.** Una imagen satelital es “una representación gráfica obtenida por un sensor localizado en un satélite artificial, a través de la detección y registro de energía electromagnética de manera electrónica” (Gonzaga, 2014, p. 20).

Las imágenes están conformadas por cuadros llamados píxeles, donde cada pixel tiene información sobre la energía recibida. La brillantez de cada pixel representa la variación del voltaje de la radiación que obtiene el sensor en su paso sobre el terreno y se simboliza mediante un valor numérico o digital que oscilan entre 0 y 255 (León, 2002, p. 4).

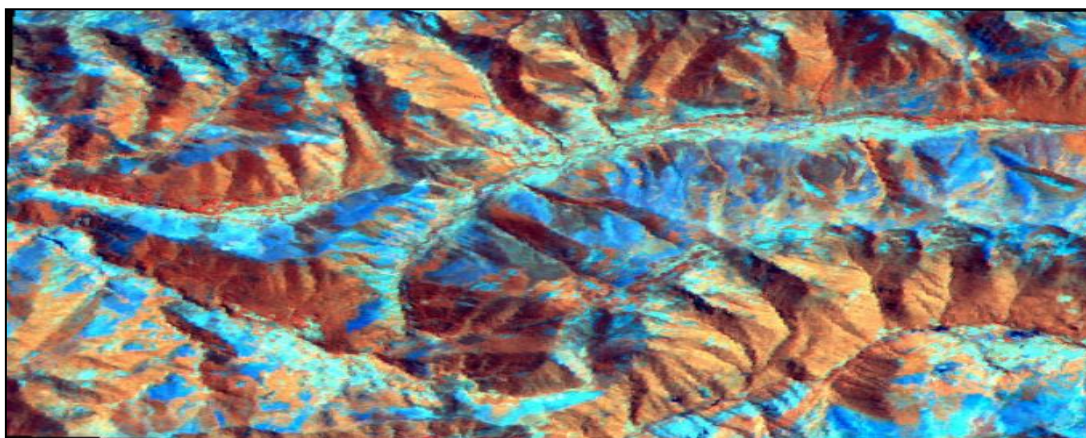


*Figura 17:* Representación numérica de los píxeles. Extraída de Material de apoyo al Curso Introducción a las Imágenes Satelitales. Centro de Investigaciones Geoespaciales (CIG). León, Y. (2002).

Una diferencia importante de resaltar es la que existe entre los conceptos de Imagen y Foto. Mientras la imagen, como ya se ha definido anteriormente, es una representación gráfica que se produce después de la detección y registro de la energía electromagnética; la foto puede definirse, según lo señala León (2002), “como el resultado de reacciones químicas producidas en la superficie de una película sensible a la luz para detectar y registrar las variaciones de energía” (p. 3).

**2.2.13 Clasificación de las Imágenes.** De acuerdo a los valores numéricos de los píxeles, las imágenes satelitales se pueden clasificar de la siguiente manera:

**2.2.13.1 Imagen Multiespectral.** En el tipo de imagen que proporciona la firma espectral de los elementos de dicha imagen. Cada píxel tiene un valor asociado, dependiendo de la cantidad de bandas espectrales que pueda detectar el sensor, por lo tanto, mientras mayor cantidad de bandas detecte el sensor, mayor será la información que se pueda obtener de la imagen (Labrador, Évora, 2012, p. 21).



*Figura 18:* Aspecto de una imagen multiespectral procedente del sensor Thematic Mapper. Extraída de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-67-Aspecto-de-una-imagen-multiespectral-procedente-del-sensor-Thematic-Mapper\\_fig4\\_232423519](https://www.researchgate.net/figure/Figura-67-Aspecto-de-una-imagen-multiespectral-procedente-del-sensor-Thematic-Mapper_fig4_232423519).

**2.2.13.2 Imagen Pancromática.** A diferencia de las imágenes multiespectrales, las imágenes pancromáticas disponen de una sola banda espectral, por lo cual son imágenes en una escala de grises, es decir en colores en blanco y negro, sin embargo, poseen una mayor resolución que las multiespectrales, por lo que permiten distinguir pequeños objetos que son serían posible de detectar en imágenes multiespectrales (Labrador, Évora, 2012, p. 21).



Figura 19: Imagen Pancromática obtenida por el satélite IKONOS. Extraída de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Imagen-IKONOS-Pancromatica-1-metro-de-una-subestacion-electrica-Hoover-Damn\\_fig5\\_28054092](https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Imagen-IKONOS-Pancromatica-1-metro-de-una-subestacion-electrica-Hoover-Damn_fig5_28054092).

**2.2.13.3 Imagen Fusionada.** Conocidas también en el idioma inglés como Pan-Sharpened, este tipo de imagen resultan de fusionar una imagen multiespectral con una imagen pancromática, obteniendo como producto final una imagen multiespectral, pero con resolución pancromática. Este procedimiento consiste en asignar a cada píxel de la imagen pancromática los valores procedentes de un algoritmo que combina la imagen pancromática con la multiespectral. A pesar de tener la resolución de una imagen pancromática, debido a los ajustes de la fusión realizada, solamente son utilizadas para hacer interpretación visual, más no análisis espectral (Labrador, Évora, 2012, p. 21).



Figura 20: Ejemplo de imagen fusionada. Extraída de <http://www.geosage.com/highview/imagefusion.html>

**2.2.13.4 Imagen Estéreo.** Este tipo de imagen es aquella que se genera de la unión de dos imágenes de una misma zona, pero obtenidas desde diferentes ángulos de visión, esto producto de la reorientación del sensor del satélite. Normalmente son utilizadas para producir modelos de elevación del terreno (Labrador, Évora, 2012, p. 21).

**2.2.13.5 Resolución de las Imágenes.** La resolución es una de las características de los sensores ubicados en los satélites de teledetección que permite obtener cierta información a través del procesamiento de imágenes. Son conocidas cuatro tipos de resolución:

**2.2.13.6 Resolución Espacial.** Este tipo de resolución está definida por la medida lineal más pequeña de porción de tierra que puede captar un sensor instalado en el satélite y suele expresarse en unidades de metros o metro/pixel. Como ya se ha definido anteriormente, una imagen está conformada por varios pixeles, y en el caso de la resolución espacial, cuanto mayor sea el valor de la resolución, menor será la medida de la superficie terrestre que estará representada en un pixel, por lo tanto, los objetos representados en dicha imagen se podrán apreciar en menor tamaño. La resolución espacial de un sensor depende de 3 factores: la altura orbital, la longitud focal y el número de detectores (Chuvienco, 2008, p. 89).

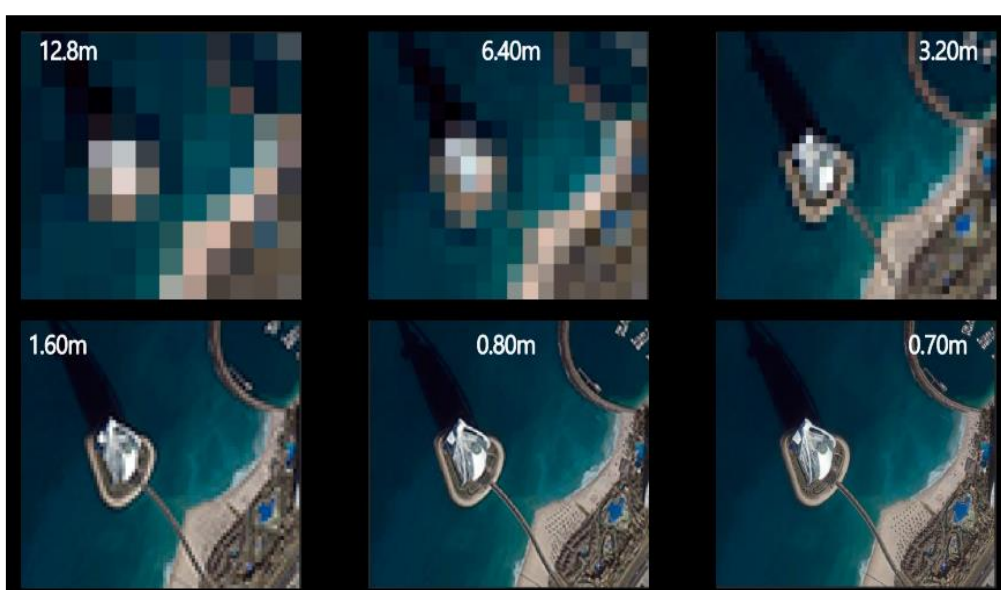


Figura 21: Imágenes satelitales según la resolución de los sensores. Extraída de la exposición de la Agencia espacial del Perú (CONIDA): Capacidades del PerúSAT-1.

**2.2.13.7 Resolución Espectral.** El concepto de resolución espectral hace referencia al número y anchura de las bandas espectrales que un sensor puede diferenciar. Así tenemos por ejemplo que el ojo humano sólo puede obtener información del espectro visible, mientras que los sensores de teledetección pueden obtener información de cualquier parte del espectro electromagnético, así como de las ondas ultravioleta, infrarroja, termal y microondas (Chuvienco, 2008, p. 90).

**2.2.13.8 Resolución Radiométrica.** Según lo definido por Labrador y Évora (2012), la resolución radiométrica es “el máximo número de niveles digitales detectables por un sensor o también puede definirse como la cantidad mínima de energía necesaria para aumentar el valor de un pixel en un nivel digital” (p. 19).

**2.2.13.9 Resolución Temporal.** Este es el tipo de resolución que está definida por el periodo de tiempo que demora un satélite en adquirir una nueva imagen de una misma superficie terrestre. Así, por ejemplo, como el monitoreo en cuestiones ambientales o de clima debe ser más frecuente, la resolución temporal de los satélites meteorológicos es mayor como en el caso del satélite METEOSAT que es de 30 minutos. Mientras que, por el lado de los satélites de observación, tienen una periodicidad de monitoreo menor, siendo su resolución temporal menor, como es el caso del satélite Landsat que es de 16 días (León, 2002, p. 9).

A continuación, se presenta la tabla 5, presentando una serie de satélites con su respectiva resolución temporal:

Tabla 5.

*Resolución temporal de los sensores satelitales*

Satélite	Sensor	Propiedad	Desde	Resolución Temporal
Landsat 5	TM	NASA /USGS	1984	16
IRS-1C	LISS-III	ISRO	1995	

SPOT 4	HRVIR	CNES	1998	26
Ikonos		GeoEye	1999	11
Landsat 7	ETM+	NASA/ USGS	1999	16
EO-1	ALI	NASA	2000	
Terra	ASTER	NASA/JAXA	2000	5
EO-1	Hyperion	NASA	2000	
Terra / Aqua	MODIS	NASA	2000	1
SAC-C		CONAE	2000	16
Quickbird		Digital Globe	2001	1-3.5
ENVISAT	MERIS	ESA	2002	2-3
SPOT 5	HRG	CNES	2002	
CBERS 2	CCD	INPE/CAST	2003	26
CBERS 2B	CCD / HRC	INPE / CAST	2007	26

*Nota:* Extraído de Roman avid (2011)

### 2.3 Definición de términos básicos

**Satélite.** - “Son plataformas portadoras de sensores remotos, que son los instrumentos encargados de realizar las tareas de captura de información de la superficie terrestre, marina o de la atmósfera” (Pinto, 2013, p. 122).

**Órbita.** - “Es la trayectoria que describe, con relación a un sistema de referencia especificado, el centro de gravedad de un satélite o de otro objeto espacial, por la acción natural de fuerzas naturales, fundamentalmente las de gravitación” (Huidobro y Luque, 2013, p.151).

**Sensor.** - “Instrumento que detecta radiación electromagnética y es capaz de convertirla en valores digitales para formar normalmente una imagen” (Labrador, Évora, 2012, p.61).

**Imagen.** - “Reproducción de la figura de un objeto por la combinación de los rayos de luz que proceden de él” (RAE, 2018).

**Pixel.** - “Elemento más pequeño en que se puede dividir una imagen” (González, Ruiz). F)



**Teledetección.** - “Ciencia, técnica o incluso arte (para algunos) de obtener información (imágenes) de la superficie de nuestro planeta a distancia, sin entrar en contacto directo con él. Incluye también el trabajo realizado a posteriori con esas imágenes, es decir su procesamiento e interpretación” (Labrador, Évora, 2012, p.9).

**Espectro electromagnético.** - “Intervalo total de longitudes de onda o frecuencias de radiación electromagnética. Abarca desde los rayos cósmicos a las ondas de radio” (Labrador, Évora, 2012, p.59).

**Resolución.** - “Distinción o separación mayor o menor que puede apreciarse entre dos sucesos u objetos próximos en el espacio o en el tiempo” (RAE, 2018).

**Urbanismo.** - “Proceso por el cual las poblaciones concentran sus actividades económicas en los centros poblados” (DS N°022-2016-Vivienda).

**Urbanización.** - “Proceso y efecto mediante los cuales se habilita tierras baldías para fines de edificación, con diferentes usos, mediante la apertura de vías, la instalación de redes de infraestructura de servicios y la construcción de equipamiento urbano” (Calvimontes, s.f., p.6).

**Demografía.** - “Estudio de la población humana con respecto a crecimiento o disminución, sus orígenes, sus causas y su dinámica” (Ducci, 2013, p. 34).

**Planificación urbana.** - “Disciplina formada por un conjunto de ciencias técnicas y arte que tiene como meta plantear la estructura urbana: zonificar, localizar, y dosificar áreas y servicios en forma más efectiva y económica” (Ducci, 2013, p. 6).

**Suelo.** - “Superficie originada por causa de la interacción de agentes naturales de intemperismo y erosión de la roca caja. Son clasificados como residuales, transportados u

orgánicos y de acuerdo a sus características físicas los suelos pueden ser designados como arcillosos, arenosos, limos, gruesos o de gravas” (Grandes, 2006).

**Centro poblado.** - “Lugar del territorio rural o urbano, identificado mediante un nombre y habitado con ánimo de permanencia. Sus habitantes se encuentran vinculados por intereses comunes de carácter económico, social, cultural, étnico e histórico. Según sus atributos, los centros poblados tienen las siguientes categorías: Caserío, pueblo, villa, ciudad o metrópoli” (DS N°022-2016-Vivienda).

**Área urbana.** - “Cada uno de los grandes espacios en los que, según su aptitud urbanística actual o futura, se divide el territorio de un asentamiento humano: el que tiene características urbanas en cualquier grado de desarrollo, el de reserva para la expansión urbana dentro del largo plazo y los que han sido declarados no urbanizables” (Calvimontes, s.f., p.4).

**Amenaza.** - “Fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales” (UNISDR, 2009, p. 5).

**Desastre.** - “Interrupción grave del funcionamiento de una comunidad o sociedad en cualquier escala y debido a la ocurrencia de fenómenos peligrosos que interaccionan con las condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad, ocasionando impactos y pérdidas de vida, salud, materiales, económicos y ambientales” (CAN, 2018, p. 10).

**Gestión del riesgo de desastres.** - “Aplicación de políticas y estrategias de reducción del riesgo de desastres con el propósito de prevenir nuevos riesgos, reducir los existentes y



gestionar el riesgo residual, contribuyendo al fortalecimiento de la resiliencia y reducción de las pérdidas por desastres” (CAN, 2018, p. 13).

**Detrito.** - “Resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas” (RAE, 2019).

**Depósito Proluvial.** - “Depósito constituido por fragmentos heterométricos de formas angulosas y subangulosas de naturaleza intrusiva, dispuestos en forma caótica, inmersos en matriz areno limosa”. (Núñez, Choquenaira, 2019, p. 6).

**Depósito Coluvial.** - “Acumulación rocosa con apariencia de cono o pequeños abanicos, que no cuentan con un gran espesor ya que se originaron como resultado de movimiento de poco movimiento de materia”. (Ayala, 2016, s.f).

**Mitigación.** - “Disminución o limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines” (UNISDR, 2009, p. 21).

**Prevención.** - “Actividades y medidas encaminadas a evitar los riesgos de desastres existentes y nuevos” (CAN, 2018, p. 17).

## Capítulo III: Metodología

### 3.1 Tipo, Diseño y Nivel de la Investigación

**3.1.1 Tipo de la Investigación.** Debido a que el presente trabajo consiste en determinar, mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1, zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica que se encuentran expuestas a peligros generados por causa de fenómenos naturales, esta investigación puede ser considerada como una investigación aplicada, ya que al detectar dichas zonas posiblemente afectadas, lo que se busca es minimizar los efectos de los daños que se podrían ocasionar en estas zonas, así como tratar de proteger a la población que habita en ellas, con lo cual se podría resolver un problema originado por la falta de planificación urbana (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 25).

**3.1.2 Diseño de la Investigación.** El diseño del presente trabajo de investigación fue de carácter cuantitativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2019), ya que a través del empleo de las imágenes satelitales adquiridas por PerúSAT-1 se llegó a determinar ciertas áreas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por fenómenos naturales. También se debe señalar que este estudio es de alcance descriptivo, ya que la información se obtuvo a través de la investigación, el análisis y la sistematización de la misma, con el objetivo de generar y promover nuevos conocimientos sobre el empleo de las técnicas de percepción remota para que sean utilizadas en la identificación de nuevas áreas urbanas expuestas a riesgos en la ciudad de Lima, así como en las ciudades del interior del país.

**3.1.3 Nivel de la Investigación.** El nivel del presente trabajo se puede definir como una investigación no experimental, ya que lo que se buscó fue analizar la situación de áreas

del distrito de Lurigancho - Chosica, que pudieran ser afectadas por algún fenómeno de origen natural. El corte del diseño es transeccional exploratorio, ya que busca estudiar, mediante el empleo de imágenes satelitales obtenidas en momentos específicos, determinadas áreas urbanas del distrito de Lurigancho - Chosica (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 155).

## **3.2 Población y Muestra**

**3.2.1 Población.** La población de esta investigación estará compuesta por las imágenes satelitales del año 2019 provistas por el satélite PerúSAT-1 de áreas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica localizado en la zona este de la ciudad de Lima.

**3.2.2 Muestra.** El tipo de muestreo realizado para el presente trabajo de investigación es de tipo no probabilístico intencional, ya que se seleccionó una imagen satelital provista por el satélite PerúSAT-1 debido principalmente a la poca nubosidad con que fue adquirida, además de la gran extensión de superficie del distrito que abarca, lo que permitirá poder realizar un mejor análisis.

## **3.3 Técnicas e instrumentos de investigación**

**3.3.1 Técnicas.** La recolección de datos para la presente investigación fue a través de la obtención de imágenes satelitales provistas por el satélite de observación PerúSAT-1. Las imágenes PeruSAT-1 cuentan con una banda pancromática de 70cm y cuatro bandas multiespectrales (R, G, B, IR) obtenidas en distintos periodos de tiempo sobre las superficies terrestre en análisis (área de estudio).

**3.3.2 Instrumentos de la Investigación.** Los instrumentos de la presente investigación son:

**3.3.2.1 Instrumentos bibliográficos.** Dentro de los instrumentos bibliográficos están comprendidos el material brindado por algunas instituciones y autores de libros y tesis que tratan sobre la aplicación de técnicas de percepción remota para análisis y gestión del territorio, sobre los sistemas satelitales y las funciones que cumplen, sobre desarrollo y crecimiento urbano y sobre gestión de desastres y fenómenos naturales.

También se encuentran dentro del material bibliográfico los informes técnicos realizados por el personal del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMET).

**3.3.2.2 Instrumentos de campo.** Estos instrumentos hacen referencia a la imagen satelital adquirida por el PerúSAT-1 de áreas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica, el cual se encuentra localizado en la zona este de la ciudad de Lima. La imagen utilizada para este proyecto de investigación fue adquirida en el año 2019.

**3.3.2.3 Instrumentos de Gabinete.** De los instrumentos de gabinete podemos señalar que el principal instrumento utilizado para el desarrollo de este trabajo de investigación fue el software de procesamiento QGIS – Quantum Geographic Information System, versión 3.10. Este software fue desarrollado por QGIS Development Team, y puede ser obtenido de manera libre al descargarse de internet (<https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>), permitiendo realizar el procesamiento de las imágenes satelitales.

## **3.4 Técnicas de Procesamiento de Datos**

A estas imágenes se le aplicaron diversos métodos de procesamiento digital de imágenes utilizando software como el PCI Geométrica, el cual es empleado en teledetección y fotogrametría para procesar información correspondiente a la observación de la Tierra.

Dentro de esos procesos se puede mencionar: Fusión de imágenes, corrección atmosférica, corrección geométrica, así como también la corrección radiométrica.

Como ya se mencionó anteriormente, la fusión de imágenes consiste en unir las características de la banda pancromática de alta resolución espacial con las características de las bandas multiespectrales que muestran el comportamiento espectral de diversos objetos de la superficie terrestre para variados rangos espectrales, que se observan en la pantalla con el color producido por las bandas RGB, obteniendo así una imagen con máxima resolución espacial y espectral. (Reinoso, León, 2010, p. 182-189).

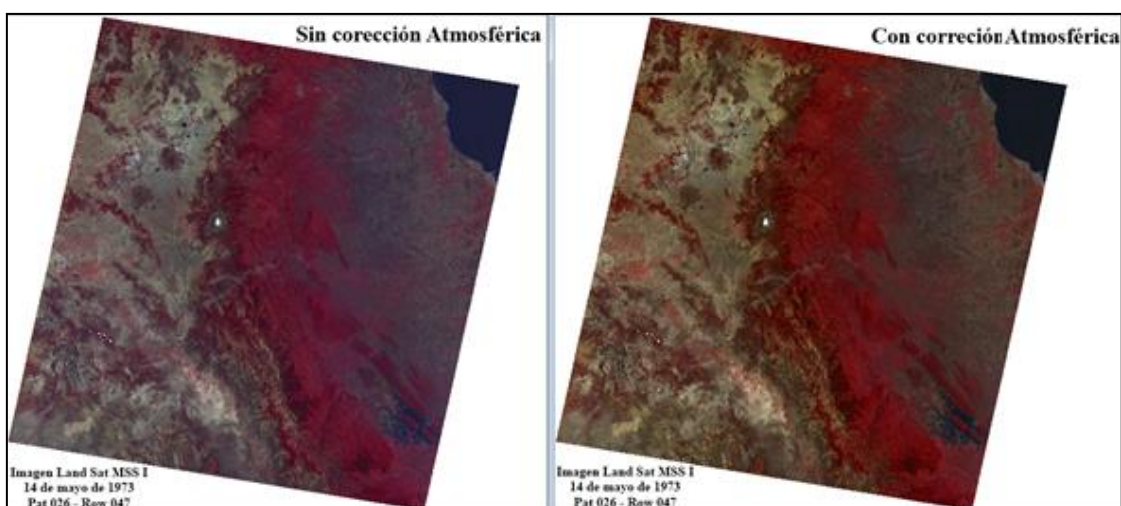


Figura 22. Ejemplo de una imagen satelital donde se aprecia la diferencia entre la imagen sin corrección atmosférica (lado izquierdo) y con corrección atmosférica (lado derecho). Extraída de <http://sig-geek.blogspot.com/2014/10/correccion-atmosferica-por-el-metodo-de.html>

Por otra parte, mediante el proceso de corrección atmosférica se logra mejorar la calidad visual de las imágenes al eliminar el efecto de los aerosoles y el reflejo de la radiancia del sensor en la imagen, esto debido a la interacción entre el sensor con la atmosfera terrestre. (Aguilar, Mora, Vargas, 2014, p. 40).

También se aplicó la corrección geométrica y corrección radiométrica, con la finalidad de obtener la información necesaria para alcanzar el objetivo de la investigación. La primera, la corrección geométrica, se refiere a la modificación o transformación de

coordenadas de los píxeles que se les realiza a las imágenes debido a las distorsiones que han sufrido estas durante el proceso de adquisición, originadas por factores como la rotación de la Tierra, la curvatura de terrestre, el ángulo de visión del satélite o algún cambio en la posición de este al momento de la adquisición. (Ambrosio, González, Arévalo, 2002, p3)

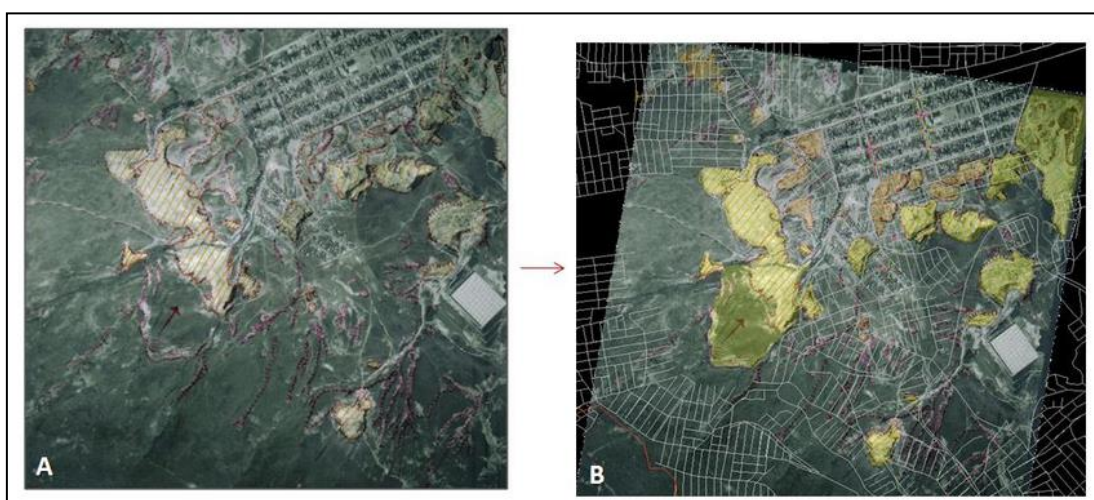


Figura 23. Ejemplo de una imagen corregida geoméricamente. En A la imagen sin corregir, mientras B la imagen ya corregida. Extraída de [https://www.researchgate.net/figure/Ejemplo-de-correccion-geometrica-sobre-una-fotografia-aerea-En-A-foto-sin-corregir-y-B\\_fig1\\_281832243](https://www.researchgate.net/figure/Ejemplo-de-correccion-geometrica-sobre-una-fotografia-aerea-En-A-foto-sin-corregir-y-B_fig1_281832243).

Por otro lado, la corrección radiométrica corresponde a los cambios que se realizan sobre las características iniciales de una imagen adquirida por un sensor y que hayan sufrido una modificación causados por la atmosfera terrestre, las características de origen del sensor o la geometría de observación. (Ambrosio, González, Arévalo, 2002, p5)

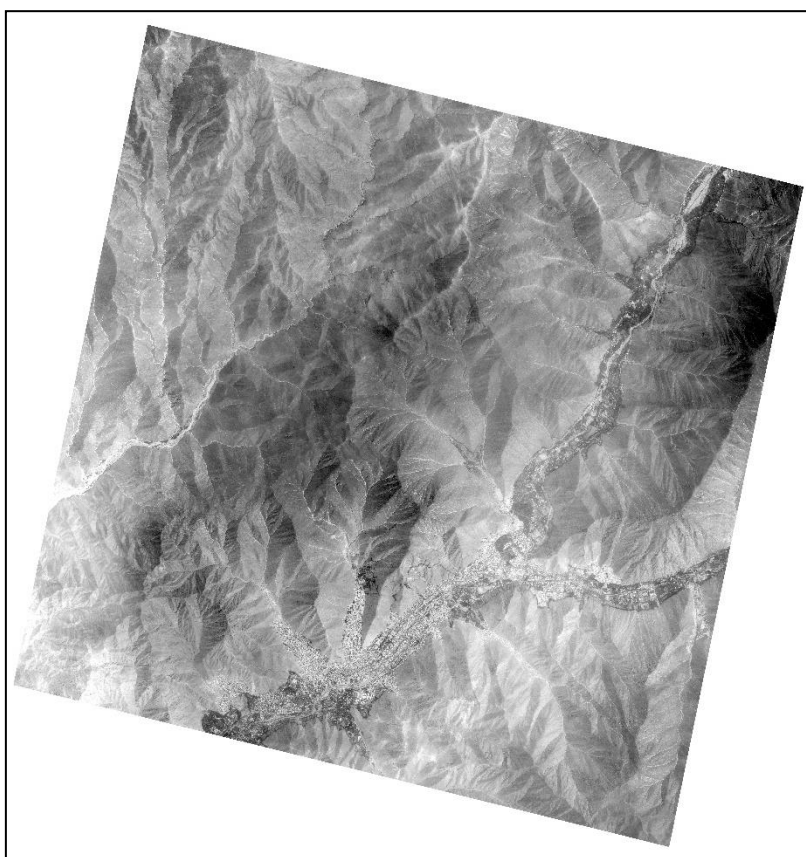
## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Validez y confiabilidad de los instrumentos

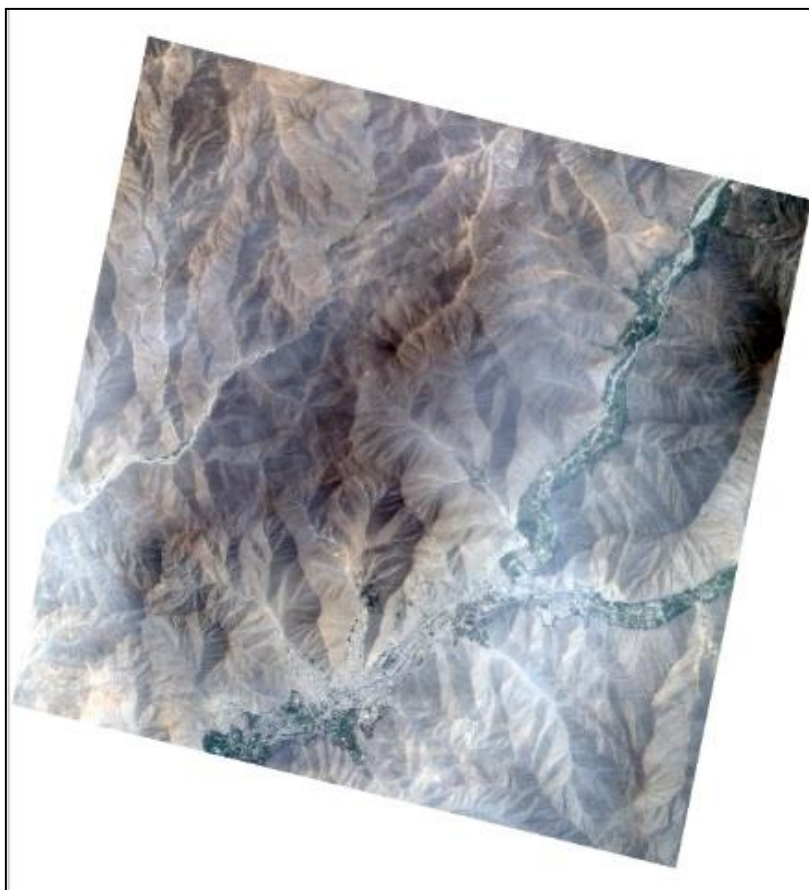
Debido a que para el presente trabajo de investigación no se ha realizado algún tipo de cuestionario sobre un grupo de personas, y que el instrumento utilizado es la imagen satelital provista por el satélite peruano de observación PerúSAT-1, no corresponde la aplicación de herramientas que demuestren la validez y confiabilidad de instrumentos.

### 4.2. Presentación y análisis de resultados del Procesamiento de Imágenes

Para el presente trabajo de investigación, se emplearon imágenes provistas por PerúSAT-1, una pancromática (Figura 24) y otra multiespectral (Figura 25), tal como se aprecia a continuación:



*Figura 24:* Imagen pancromática proporcionada por satélite PerúSAT-1 del distrito de Lurigancho-Chosica.



*Figura 25:* Imagen multispectral proporcionada por satélite PerúSAT-1 del distrito de Lurigancho-Chosica

Luego de obtener la imagen que el satélite PerúSAT-1 adquirió, esta fue sometida a procesamiento que implicó la georreferenciación para dar a cada pixel una localización en un sistema de coordenadas (UTM, geográficas). Luego de esto se realizó la fusión o Pansharp de las bandas espectrales (RGB-2.8 m de resolución espacial) con la banda pancromática (0.7 m de resolución espacial), cuyo resultado es una imagen a color con alta resolución espacial – 0.70 m, lo cual nos permitió la identificación de elementos mayores a los 0.70 m., como es el caso de manzanas y áreas más grandes.

Posteriormente a la fusión se realizó la ortorectificación de la imagen empleando el software PCI GEOMATICS, el cual es un proceso en el cual se elimina las distintas distorsiones de la imagen generadas por las variaciones espaciales ocurridas en el proceso de adquisición de la imagen. El resultado de este proceso es una imagen con la precisión



cartográfica y escala invariable de un mapa con el detalle inicial de la imagen, este proceso le da a la imagen una alta resolución y precisión cartográfica.

Tras realizar estos procedimientos, el producto es una imagen como la que se muestra a continuación (figura 26):

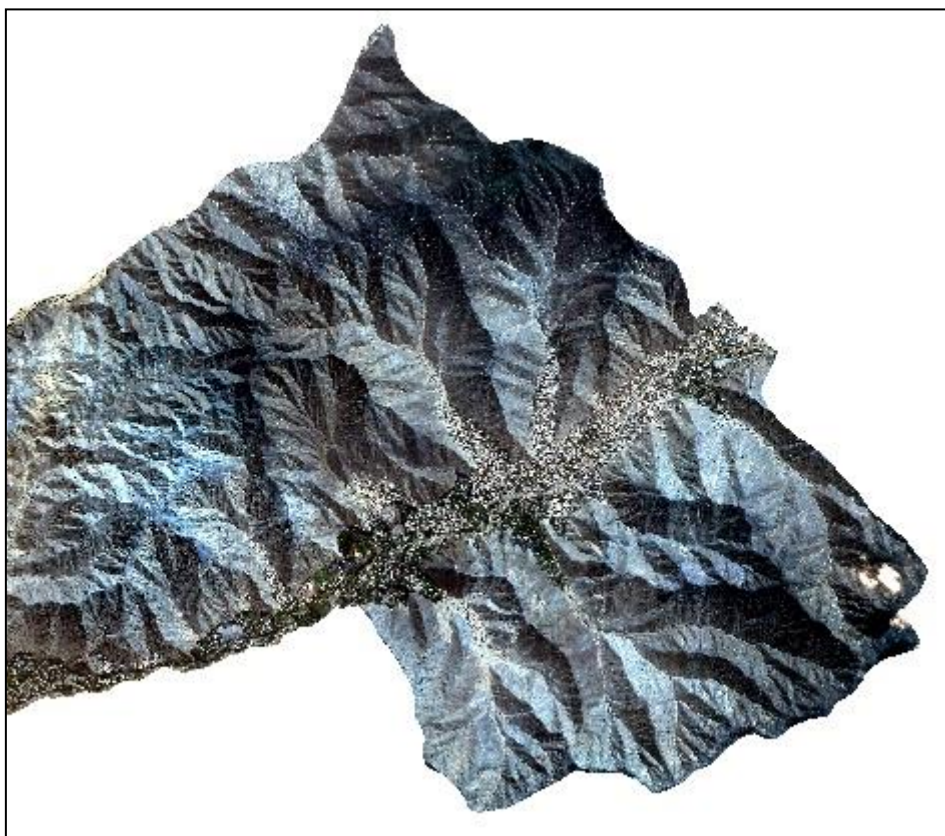


Figura 26: Imagen obtenida por satélite PerúSAT-1 del distrito de Lurigancho-Chosica.

**4.2.1 Selección de las áreas de interés.** Luego de obtener la imagen satelital provista por PerúSAT-1, y haber realizado la corrección geométrica, se procedió a la selección del área de interés utilizando el software libre Qgis.

Para el presente trabajo de investigación, las áreas de interés están comprendidas por las zonas denominadas de Enrique Guzmán y Valle, la cual se puede apreciar en la figura 27, y las zonas de Mariscal Castilla y Cooperativa Pablo Patrón, correspondientes a la figura 28.





*Figura 27:* Imagen de la zona de Enrique Guzmán y Valle - Distrito de Lurigancho-Chosica.



*Figura 28:* Imagen de la Cooperativa Pablo Patrón y zona de Mariscal Castilla - Distrito de Lurigancho-Chosica.

El área denominada Enrique Guzmán y Valle se encuentra en la parte inferior de un pequeño cauce de la quebrada Santo Domingo. El tipo de rocas que existen en esta zona son



del tipo intrusivas, muy fracturadas y alteradas, ubicándose un depósito proluvial en la parte final de dicha quebrada. La longitud total del cauce de la Quebrada Santo Domingo es de 4780 m, teniendo una inclinación de  $27^\circ$  en la parte superior y  $7^\circ$  en las partes media y baja, generándose un desnivel de 1119 m entre la naciente y la desembocadura. Debido a la disponibilidad de imágenes satelitales, así como la inclinación antes mencionada, se puede precisar que el área de Guzmán y Valle es altamente susceptible a sufrir flujo de detritos lodo, así como también inundaciones, caída y avalancha de detritos. Los hechos mencionados ya ocurrieron con anterioridad, como ocurrió por ejemplo el día 05 de abril del 2012, en donde las intensas lluvias de aquel día activaron una serie de quebradas, incluyendo la quebrada Santo Domingo, dejando como saldo flujo de detritos que afectaron a las viviendas del sector urbano, tal como se puede ver en la figura 29, donde además se puede diferenciar un flujo de detritos antiguo (FA) y un flujo de detritos reciente (FR). (Zavala, Vílchez, Núñez, 2012, p. 25).



*Figura 29:* Imagen de que muestra el flujo de detritos recientes (FR) y anteriores (FA) de la quebrada Santo Domingo del área denominada Enrique Guzmán y Valle - Distrito de Lurigancho-Chosica. Extraído del Informe Técnico N° A6608 de INGEMMET.

Por otro lado, las zonas de la Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla, se encuentran localizadas en la parte inferior de la Quebrada Mariscal Castilla, sobre un terreno de rocas intrusivas muy fracturadas donde se pueden distinguir un depósito coluvial y un depósito proluvial. Esta es una de las áreas más afectadas en épocas de lluvias debido a la combinación de un cauce estrecho, de 2130 m de longitud, con una pronunciada pendiente. El cauce tiene entre 5 y 12 m de ancho mientras que la pendiente longitudinal va desde los 30° en la parte superior hasta los 10° en la parte baja y media, lo que genera un desnivel de 821 m entre la naciente y la desembocadura. Estos factores favorecen al traslado y elevamiento de flujo de manera rápida afectando las construcciones de viviendas que se asientan en las inmediaciones. (Zavala, Vílchez, Núñez, 2012, p. 30)

Estas zonas, denominadas Enrique Guzmán y Valle y cooperativas Pablo Patrón y Mariscal Castilla, se encuentran en el distrito de Lurigancho-Chosica, el cual constantemente se ha visto afectado por la ocurrencia de flujo de detritos durante los meses donde hay lluvias, a continuación, en la figura 28 se muestra la imagen del histórico de precipitaciones ocurridas en este distrito desde el año de 1989 hasta el año 2014, las cuales fueron proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

De los datos obtenidos de la figura 30, se puede decir que las fechas donde se registraron los mayores niveles de precipitación en el distrito de Lurigancho-Chosica fueron el 05 de febrero de 2002 y el 05 de abril de 2012. En la primera fecha se registró 30.7 mm de agua o 30.7 L de agua por m<sup>2</sup>, mientras que en la segunda fecha se registró 37 mm de agua, es decir 37 L de agua por m<sup>2</sup>.

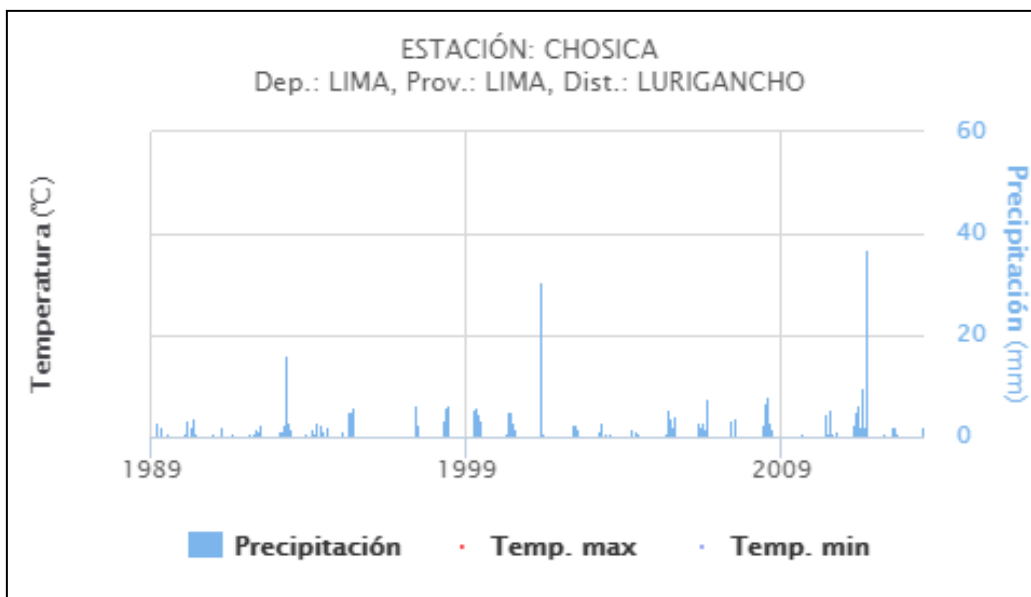


Figura 30. Histórico de precipitaciones del distrito de Lurigancho-Chosica (1989-2014).

Adaptada de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Los datos correspondientes, cómo, por ejemplo, el tipo de suelo y las rocas que lo componen, la inclinación de las pendientes, es la base de información geológica. Una vez las imágenes satelitales fueron procesadas, con los procedimientos antes mencionados, se realizó las delimitaciones de las quebradas determinando las pendientes empleando para ello las características de la información geológica. Posteriormente, mediante el empleo del QGIS, que es un sistema de Información Geográfica (SIG), se realiza la integración de la información geológica con la imagen satelital provista por PerúSAT-1, procediéndose a realizar la determinación de las áreas expuestas a peligros altos y muy altos como se puede apreciar en la figura 31, así como también la delimitación del área de influencia del flujo y avalancha de detritos, tal como se muestra en la figura 32.



Figura 31. Integración en QGIS de información geológica con imagen satelital de PerúSAT-1 determinando las zonas expuestas a un alto (naranja) y muy alto (rojo) riesgo.

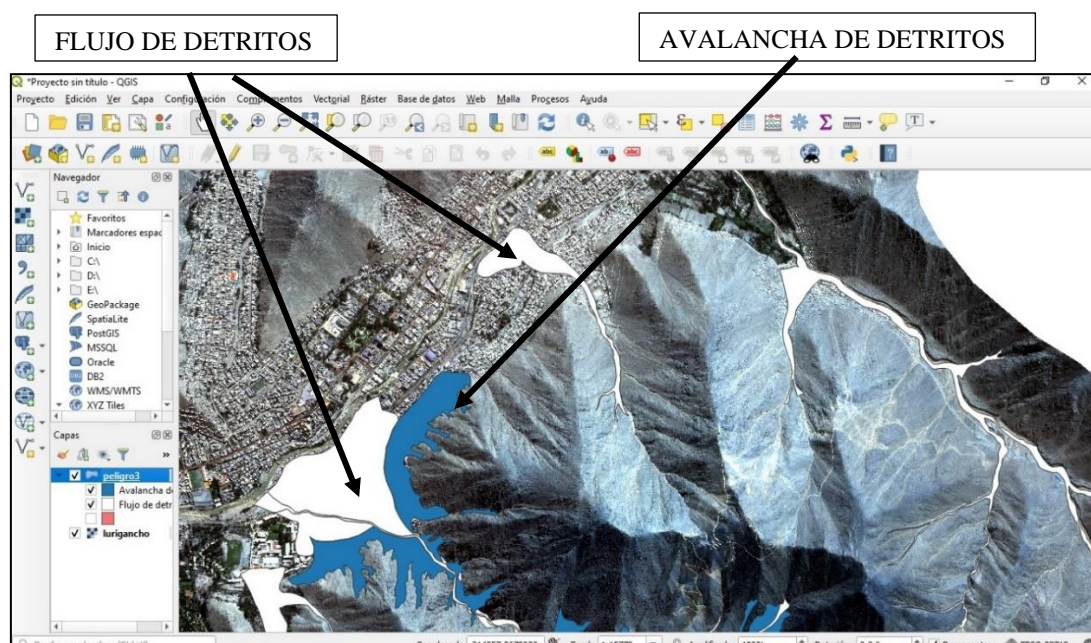


Figura 32. Integración en QGIS de información geológica con imagen satelital de PerúSAT-1 determinando las zonas expuestas a flujo (blanco) y avalancha (azul) de detritos.

**4.2.2 Sectorización de manzanas e identificación de zonas vulnerables.** Posterior a la selección de las áreas de interés, se procedió con la realización de la sectorización de manzanas en las zonas urbanas (representado de color verde) e identificación de zonas



vulnerables expuestas a peligro alto (representado de color naranja) y muy alto (representado de color rojo) de sufrir daños por la ocurrencia de flujos de detritos y avalanchas de detritos.

En la figura 33 se realiza la sectorización e identificación de áreas vulnerables correspondientes a la zona denominada Enrique Guzmán y Valle.

A continuación, se presenta la tabla 6, la cual proporciona algunos datos sobre la magnitud del daño que sufriría la zona de Guzmán Valle en el distrito de Lurigancho – Chosica por la ocurrencia de flujos de detritos y avalanchas de detritos, debido a encontrarse localizadas en las zonas vulnerables expuestas al peligro alto y muy alto:



*Figura 33:* Identificación de zonas vulnerables con probabilidad alta y muy alta que se encuentran expuestas a peligro en la zona de Enrique Guzmán y Valle - Distrito de Lurigancho-Chosica.

Tabla 6.

*Magnitud del daño en la zona de Enrique Guzmán y Valle en el distrito de Lurigancho – Chosica por flujos y avalanchas de detritos*

<b>Distrito</b>	<b>Zona</b>	<b>Total de viviendas afectadas</b>	<b>Total de población afectada</b>	<b>Total superficie afectada m2</b>
Lurigancho – Chosica	Enrique Guzmán y Valle	1251	4918	165736.832

*Nota:* Información proporcionada por el INEI (2018). (verificar en bibliografía)

Por otro lado, en la figura 34 se realiza la sectorización e identificación de áreas vulnerables correspondientes a la zona denominada Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla.



*Figura 34:* Identificación de zonas vulnerables con probabilidad muy alta que se encuentran expuestas a peligro en la zona de la Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla - Distrito de Lurigancho-Chosica.



A continuación, se presenta la tabla 7, la cual brinda información sobre la magnitud del daño que sufriría la zona de Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla en el distrito de Lurigancho – Chosica por la ocurrencia de flujos de detritos y avalanchas de detritos, debido a encontrarse localizadas en las zonas vulnerables expuestas al peligro alto y muy alto:

Tabla 7.

*Magnitud del daño en la zona de Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla en el distrito de Lurigancho – Chosica por flujos y avalanchas de detritos*

<b>Distrito</b>	<b>Zona</b>	<b>Total de viviendas afectadas</b>	<b>Total de población afectada</b>	<b>Total superficie afectada m2</b>
Lurigancho – Chosica	Enrique Guzmán y Valle	485	2004	104542.834

*Nota:* Información proporcionada por el INEI (2018). (Verificar en bibliografía)

**4.2.3 Zonas que sufren flujos y avalanchas de detritos.** Una vez determinadas las zonas vulnerables expuestas a peligro alto y muy alto de sufrir daños, se procedió a determinar qué zonas sufrirían la ocurrencia de flujo de detritos (representado de color blanco) y avalancha de detritos (representado de color azul).

En la figura 35 se procedió a realizar la identificación de las áreas vulnerables de la zona denominada Enrique Guzmán y Valle que sufrirían flujo de detritos (representado de color blanco) y avalancha de detritos (representado de color azul).

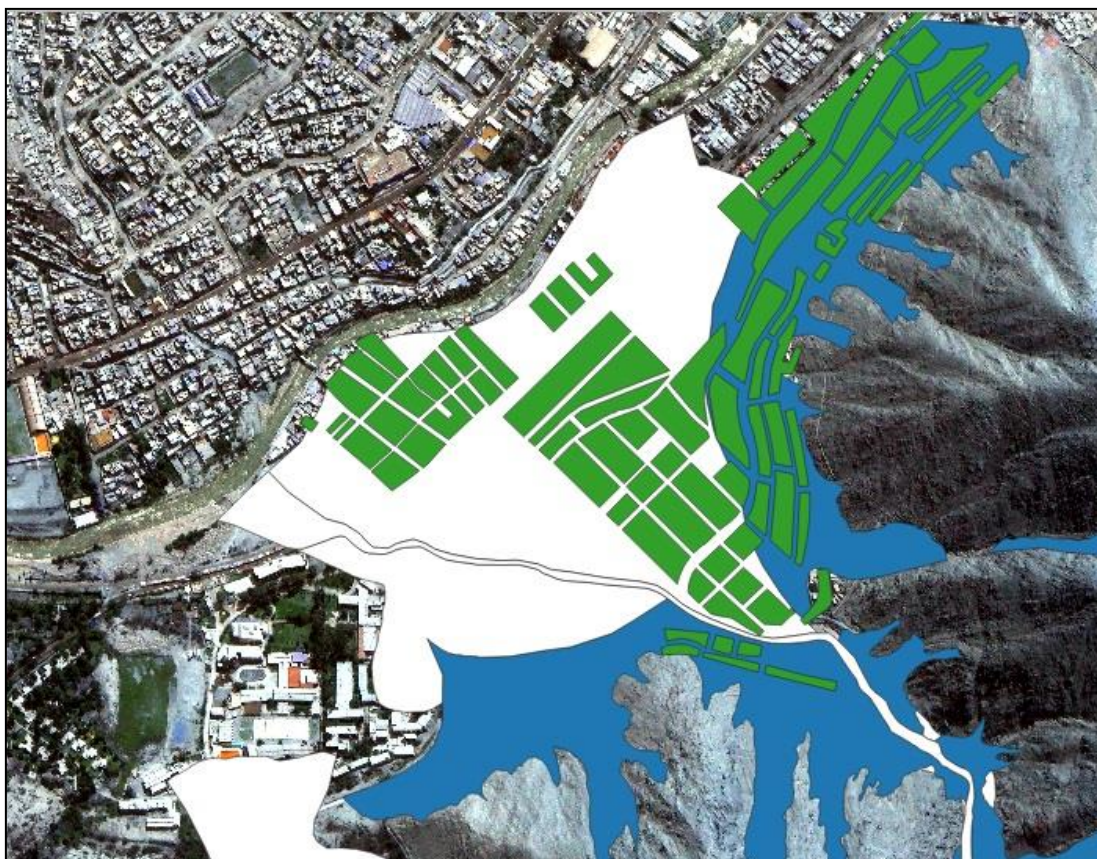


Figura 35: Identificación de zonas vulnerables de que sufran flujo de detritos (representado de color blanco) y avalancha de detritos (representado de color azul) en la zona de Enrique Guzmán y Valle - Distrito de Lurigancho-Chosica.

En la tabla 8 se presenta la información correspondiente a la zona denominada Enrique Guzmán y Valle identificando los daños de las áreas que se verían afectadas por la ocurrencia de flujos de detritos y por la ocurrencia avalanchas de detritos.

Tabla 8.

*Identificación de daños por flujos y avalanchas de detritos en la zona de Enrique Guzmán y Valle en el distrito de Lurigancho – Chosica*

Zona	Transporte de masa	Total de viviendas afectadas	Total de población afectada	Total superficie afectada m <sup>2</sup>
Enrique Guzmán y Valle	Flujos de detritos	801	3002	92126.5564
	Avalancha de detritos	450	1916	73610.2756

Nota: Información proporcionada por el INEI (2018). (Verificar en bibliografía)



A continuación, en la figura 36 se muestran las áreas vulnerables de la zona denominada Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla, en la cual podemos observar que el daño que sufriría esta zona sería de flujo de detritos los que se ven representados de color blanco.



*Figura 36:* Identificación de zonas vulnerables de que sufran flujo de detritos (representado de color blanco) y avalancha de detritos (representado de color azul) en la zona de la Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla - Distrito de Lurigancho-Chosica.

Con respecto a la información correspondiente a la zona denominada Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla, la identifican los daños de las áreas afectadas ante la ocurrencia de flujos de detritos es la misma información mostrada en la Tabla 6 presentada anteriormente.

### 4.3. Prueba de hipótesis

Como se señaló anteriormente, ya que las hipótesis están relacionadas con la posibilidad de obtención la determinación de área afectas por los flujos o avalanchas de detritos, y no un tipo de cuestionario sobre un grupo de personas, no amerita la prueba de hipótesis.

**4.3.1 Prueba o contraste de hipótesis general.** Se plantea la hipótesis neutra y la hipótesis alterna, las cuales manifiestan que:

Ho: No existen zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.

H1: Existen zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1

Para el contraste de la hipótesis, se trabajó con el software de procesamiento QGIS y PCI Geomática y se ha obtenido Zonas de riesgo ocasionado por fenómenos naturales en el distrito de Lurigancho-Chosica. Los datos fueron analizados en forma comparativa entre los valores obtenidos por métodos tradicionales y los obtenidos por imágenes satelitales. Se laboró con una significancia del 5%. Para lo cual se aplicó el coeficiente Kappa cuyo valor de puntuación de 0,820 con un nivel de significancia de 0,00006.

Se puede inferir que el coeficiente Kappa de 0,820 indica que la concordancia entre los valores observados es satisfactoria, según la escala de Fleiss, la cual indica que corresponde a una “muy buena concordancia”; asimismo, el valor de significancia de 0,00006 menor al valor de significancia referencial del 0,05 nos permite manifestar que se

rechaza la hipótesis nula, por lo que manifestamos que si “Existen zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1”.

**4.3.2 Prueba o contraste de hipótesis específica 1.** Se plantea la hipótesis neutra y la hipótesis alterna, las cuales manifiestan que:

Ho: No existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a un alto riesgos de flujo de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.

H1: Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a un alto riesgos de flujo de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.

Para el contraste de la hipótesis, se trabajó con el software de procesamiento QGIS y PCI Geomática y se ha obtenido Zonas de riesgo ocasionado por fenómenos naturales en el distrito de Lurigancho-Chosica. Los datos fueron analizados en forma comparativa entre los valores obtenidos por métodos tradicionales y los obtenidos por imágenes satelitales. Se laboró con una significancia del 5%. Para lo cual se aplicó el coeficiente Kappa cuyo valor de puntuación de 0,756 con un nivel de significancia de 0,0002.

Se puede inferir que el coeficiente Kappa de 0,756 indica que la concordancia entre los valores observados es satisfactoria, según la escala de Fleiss, la cual indica que corresponde a una “buena concordancia”; asimismo, el valor de significancia de 0,0002 menor al valor de significancia referencial del 0,05 nos permite manifestar que se rechaza la hipótesis nula, por lo que manifestamos que si “Existen zonas urbanas del distrito de

Lurigancho-Chosica expuestas a un alto riesgos de flujo de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1”.

**4.3.3 Prueba o contraste de hipótesis específica 2.** Se plantea la hipótesis neutra y la hipótesis alterna, las cuales manifiestan que:

Ho: No existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.

H1: Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.

Para el contraste de la hipótesis, se trabajó con el software de procesamiento QGIS y PCI Geomática y se ha obtenido Zonas de riesgo ocasionado por fenómenos naturales en el distrito de Lurigancho-Chosica. Los datos fueron analizados en forma comparativa entre los valores obtenidos por métodos tradicionales y los obtenidos por imágenes satelitales. Se laboró con una significancia del 5%. Para lo cual se aplicó el coeficiente Kappa cuyo valor de puntuación de 0,801 con un nivel de significancia de 0,00014.

Se puede inferir que el coeficiente Kappa de 0,801 indica que la concordancia entre los valores observados es satisfactoria, según la escala de Fleiss, la cual indica que corresponde a una “muy buena concordancia”; asimismo, el valor de significancia de 0,00014 menor al valor de significancia referencial del 0,05 nos permite manifestar que se rechaza la hipótesis nula, por lo que manifestamos que si “Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1”.

#### 4.4. Discusión de resultados

Existen zonas del distrito de Lurigancho Chosica que, debido a la localización en la que se encuentra este distrito, están expuestas a riesgos causados por fenómenos naturales, principalmente de geodinámica externa, es decir movimientos de masa, como son: Caída de rocas, flujo de detritos y deslizamientos. Esto coincide con lo determinado por Sánchez, M. (2018) quien en su trabajo de investigación titulado “Zonificación y evaluación de peligros por geodinámica externa en la Cuenca del río Pichari, distrito de Pichari, La Convención-Cusco” concluye que en la cuenca baja del río Pichari se ha identificado 04 tipos de peligros de remoción de masa originados por causas de geodinámica externa los cuales son caída de rocas, flujo de detritos, deslizamiento y erosión de laderas.

Dentro del distrito de Lurigancho Chosica se pueden identificar áreas urbanas que se encuentran expuestas al peligro por la ocurrencia de flujo de detritos producidos durante las épocas de lluvias, ya que en estas épocas se producen deslizamientos, desplazamientos, o avalanchas de detritos, así como también desbordes de los ríos, lo cual concuerda con lo señalado por Millán, C. (2019) quien en su investigación “Modelación del flujo de detritos para el análisis del riesgo en la quebrada Los Cóndores, Provincia de Lima, Perú” sostiene que la mayoría de las cuencas del río Rímac se verían afectadas por flujo de detritos al ser inundadas por eventos como lluvias, lo cual afectaría material y económicamente a las personas que ahí residen.

Después del procesamiento que se realizó a las imágenes adquiridas por el satélite de observación PerúSAT-1, se pudo llegar a determinar que, en las épocas del año en las cuales se presentan lluvias, la zona del distrito Lurigancho-Chosica denominada Enrique Guzmán y Valle se encuentra expuesta a una alta probabilidad de peligro por el flujo o avalancha de detritos debido a estar localizadas en la parte baja de la quebrada Santo Domingo, este

resultado coincide con Aricochea, E. (2016), quien en su trabajo titulado “Zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del río Omayá Distrito de Pichari, Provincia de la Convención-Región Cusco”, señala que los flujos de detritos ocurren principalmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño, debido a que sus lluvias causan el acarreo del material que se encuentra a su paso depositándose en la parte baja de las quebradas que originan conos de deyección, siendo la zona más afectada la comunidad de Tarancato.

Del mismo modo, se pudo determinar que, la zona de Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla, ubicada igualmente en el distrito Lurigancho-Chosica, está expuesta a una muy alta probabilidad de peligro por el flujo o avalancha de detritos en las épocas del año en las cuales se presentan precipitaciones generando traslado y elevamiento de flujo de materiales. Esto se debe principalmente a la pronunciada pendiente y estrecho cauce de la quebrada Mariscal Castilla, en cuya parte inferior se establece dichas zonas urbanas, lo cual se relaciona con lo que dice Bucarey, N. (2018), quien en su investigación titulada “Evaluación de la susceptibilidad de flujos de detritos en quebradas Carrizalillo y De Meléndez, comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama” determina que dentro de los factores condicionantes a considerar en la evaluación de susceptibilidad de flujos de detritos se puede mencionar la pendiente de laderas y la pendiente del canal de drenaje.



## Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

En el presente trabajo de investigación se han obtenido las siguientes conclusiones:

**Primera conclusión.** - El satélite de observación PerúSAT-1 permite obtener imágenes que pueden ser utilizadas para realizar investigaciones que permitan adoptar medidas preventivas, con la finalidad de disminuir los daños materiales, así como daños personales ante la ocurrencia de desastres naturales.

**Segunda conclusión.** - El crecimiento urbano que a lo largo de los años ha sufrido la ciudad de Lima se ha realizado de manera desordenada, levantándose urbanizaciones sobre áreas inadecuadas para tal fin.

**Tercera conclusión.** - Existen áreas urbanas del distrito de Lurigancho Chosica, que por estar localizadas sobre la cuenca del río Rímac no debieron ser urbanizadas ya que se encuentran expuestas al peligro por la ocurrencia de desastres naturales.

**Cuarta conclusión.** - Es durante las épocas del año en las que se presentan lluvias donde existe mayor probabilidad de daños a las poblaciones de las áreas urbanas del distrito de Lurigancho Chosica, debido a que las lluvias originan deslizamientos, desplazamientos, avalanchas de detritos y desbordes de los ríos.

**Quinta conclusión.** – Se concluye que con un índice Kappa de 0,820 que corresponde a una “muy buena concordancia” y una significancia de 0,00006 menor a 0,05 se infiere que si “Existen zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1”. Así mismo, el objetivo general, se logró

identificar, mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 tomadas en el año 2019, dos zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica que se encuentran expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales, explícitamente por el flujo y avalancha de detritos, dichas zonas abarcan las áreas de denominadas Enrique Guzmán y Valle, Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla.

**Sexta conclusión.** - Se concluye que con un índice Kappa de 0,756 que corresponde a una “buena concordancia” y una significancia de 0,0002 menor a 0,05 se infiere que si “Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a un alto riesgos de flujo de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1”. Así mismo, el primer objetivo específico, se logró identificar, mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 tomadas en el año 2019, que tanto las zonas denominadas Enrique Guzmán y Valle, Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla se encuentran expuestas a riesgos de flujo de detritos, siendo la más afectada en la ocurrencia de un fenómeno natural la zona de Enrique Guzmán y Valle.

**Séptima conclusión.** - Se concluye que con un índice Kappa de 0,801 que corresponde a una “muy buena concordancia” y una significancia de 0,00014 menor a 0,05 se infiere que si “Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1”. Así mismo, segundo objetivo específico se logró identificar, mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 tomadas en el año 2019, que sólo la zona denominada Enrique Guzmán y Valle tiene áreas que se encuentran expuestas a riesgos de avalancha de detritos.

## 5.2 Recomendaciones

Luego de haber realizado la discusión de resultados y planteado las conclusiones, se recomienda lo siguiente:

**Primera recomendación.** - Las instituciones de gobierno local como municipalidades o Gobiernos Regionales deben de trabajar en constante coordinación con la Agencia Espacial del Perú CONIDA, que a través de las imágenes que provee una herramienta de alta tecnología como el satélite PerúSAT-1, puede aportar valiosa información para la prevención y con ello a la disminución de daños ante la ocurrencia de desastres naturales.

**Segunda recomendación.** - Que, ante el constante crecimiento urbano de la ciudad de Lima, se establezca un plan de desarrollo urbano para la ciudad, a través la búsqueda de áreas que sean adecuadas para ser urbanizadas de manera segura y ordenada.

**Tercera recomendación.** - Que se supervise que no continúe creciendo el casco urbano del distrito de Lurigancho Chosica sobre zonas donde exista riesgo de exposición al peligro.

**Cuarta recomendación.** - Que se evalúe la posibilidad de reubicar a las urbanizaciones que se encuentran asentadas sobre zonas en las que por su localización están expuestas al peligro ante la ocurrencia de desastres naturales.

**Quinta recomendación.** - Que, las instituciones públicas como las municipalidades o gobierno regionales ejecuten responsablemente y de manera preventiva y no reactiva el presupuesto destinado para la gestión del riesgo de desastres, con la finalidad de disminuir los daños en las zonas ya urbanizadas que se encuentran vulnerables y expuestas a los peligros generados por la naturaleza, como es el caso de las zonas denominadas Enrique

Guzmán y Valle, Cooperativa Pablo Patrón y Mariscal Castilla en el distrito de Lurigancho Chosica.

**Sexta recomendación.** - Que instituciones como el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento o el Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI), supervisen o revisen las autorizaciones que otorgan las municipalidades para realizar el cambio de uso de un predio rústico a urbano, con la finalidad de que estos terrenos sean los adecuados.

**Séptima recomendación.** - Que se realicen constantemente reuniones entre instituciones como por ejemplo INDECI, SINAGERD, CONIDA, las Municipalidades y Gobiernos Regionales con la finalidad de establecer una ruta de trabajo que definan las acciones preventivas a seguir que ayuden a disminuir los efectos causados por desastres naturales sobre las áreas urbanas vulnerables.

## Referencias

- Agencia Espacial del Perú CONIDA. (2018). *PeruSAT-1, Satélite de Observación de la Tierra*. Extraído de: <http://www.conida.gob.pe/index.php/noticias/perusat-1-satelite-de-observacion-de-la-tierra>. Perú.
- Aguilar H., Mora R., Vargas C. (2014). *Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, Rapideye, SPOT 2 y Landsat 8 con el módulo Flaash del software ENVI*. Revista Geográfica de América Central Vol 2 Num 53. Costa Rica. Extraído de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/6609>
- Ambrosio J., González J., Arévalo V. (2002). *Corrección Geométrica y Radiométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal*. Extraído de <http://mapir.isa.uma.es/varevalo/drafts/ambrosio2002crg.pdf>
- Aricochea, E. (2016). *“Zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del río Omayá Distrito de Pichari, Provincia de la Convención-Región Cusco”*. (Tesis). Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Ayala, L. (2016). *Clasificación de los depósitos sedimentarios*. Extraído de <https://www.explorock.com/clasificacion-de-los-depositos-sedimentarios/>. Perú.
- Berne, V., Anquela, A. y Garrido, N. (2014). *GNSS GPS: Fundamentos y aplicaciones en Geomática*. España: Universitat Politècnica de València.
- Bucarey, N. (2018). *“Evaluación de la susceptibilidad de flujos de detritos en quebradas Carrizalillo y De Meléndez, comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama*. (Tesis), Chile. Universidad de Chile.

Bustillos, J. y Parra, A. (2016). “*Zonificación de peligros de flujos de lodo (lahares) asociados al Volcán Cotopaxi cantón Rumiñahui zona 7*”. (Tesis). Ecuador, Universidad Central del Ecuador.

Calvimontes, C. (s.f). *Normativa del Uso del Suelo Urbano*.

Carrillo, R. (1997). *Tipos de Satélites de Comunicaciones* (Tesis). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Celis, C. (2018). “*Susceptibilidad de remociones en masa y peligro de flujos en el frente cordillerano de Santiago, Región Metropolitana*”. (Tesis), Chile. Universidad de Chile.

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales*. Segunda versión. Perú.

Centro Nacional de Operación de Imágenes Satelitales. (2019). *Exposición de las Capacidades del Sistema Satelital PerúSAT-1*. Perú.

Chaline, C. (1981). *La Dinámica Urbana*. España: Instituto de Estudios de Administración Local.

Chuvienco, E. (2008). *Teledetección Ambiental: La Observación de la Tierra desde el espacio*. Tercera Edición. España: Ariel Editorial.

Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial. (2018). *PerúSAT-1, satélite de Observación de la Tierra*. Recuperado de:

<http://www.conida.gob.pe/index.php/noticias/perusat-1-satelite-de-observacion-de-la-tierra>. Perú.

Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo (SNGRD). (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes*. Colombia.

Comunidad Andina. (2018). *Glosario de Términos y Conceptos de la Gestión del Riesgo De desastres para los Países Miembros de la Comunidad Andina*. Primera Edición. Perú.

Condori, Z. (2018). *Alto Riesgo en Arequipa: 300 mil personas viven en la falda del Misti*. Extraído de <https://elcomercio.pe/peru/arequipa/alto-riesgo-arequipa-300-mil-personas-viven-faldas-misti-noticia-538853-noticia/>. Perú.

Conislla, P. (2017). *Informe sobre el Cinturón de Fuego del Pacífico y los Terremotos en la Región*. Facultad de Ingeniería Civil-Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.

Corporación Andina de Fomento (CAF). (s.f.). *El Fenómeno el Niño 1997-1998. Memoria, Retos y Soluciones. Volumen V: Perú*. Extraído de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/FCDB3627F438725605257E1400594DAE/\\$FILE/Las\\_lecciones\\_de\\_El\\_Ni%C3%B1o\\_Per%C3%BA.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/FCDB3627F438725605257E1400594DAE/$FILE/Las_lecciones_de_El_Ni%C3%B1o_Per%C3%BA.pdf)

Cruz, Y. (2019). *Perúsat-1: Qué es, cómo funciona, cuáles son sus objetivos, y cuándo acabará su misión*. Extraído de <https://rpp.pe/peru/actualidad/peru-sat-1-que-es-como-funciona-cuales-son-sus-objetivos-y-cuando-acabara-su-mision-noticia-1171189>. Perú.

De Vera, B. (2018). *Las ciudades cuadrículadas como Bogotá o Barcelona, tienen más efecto isla de calor*. Extraído de <https://nmas1.org/news/2018/02/24/ciudades-cuadrícula>. Colombia.

- Diario Perú21. (2019). *Estos son los peligros que representa el volcán Ubinas para la población cercana*. Extraído de <https://peru21.pe/peru/volcan-ubinas-son-tipos-peligros-representa-volcan-ubinas-poblacion-cercana-491266-noticia/>. Perú.
- Doncel, J. (2013). *Las historias de Doncel: Plano Urbano Radiocéntrico. Tipología de planos de ciudades II*. Extraído de <http://jadonceld.blogspot.com/2013/05/el-plano-urbano-radiocentrico.html>. España.
- Ducci, M. (2013). *Conceptos Básicos de Urbanismo. Forma y estructura de la ciudad. La administración de la ciudad. Geografía Urbana*. México: Editorial Trillas Primera Edición.
- Enríquez, A. (2018). *“Zonificación de la susceptibilidad de fenómenos de remoción en masa provocados por terremotos en la ciudad de Portoviejo”*. (Tesis), Ecuador. Universidad Central del Ecuador.
- Escobar, C. y Escobar, G. (2017). *Geotecnia para el trópico andino*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Suiza.
- García, C. (2016). *Teorías e historia de la ciudad contemporánea*. España: Gustavo Gili.
- García, D. (1961). *Iniciación al Urbanismo*. México: Universidad Autónoma de México.
- García, R., Miyashiro, J., Santa Cruz, D. y Marces, R. (2015). *Desarrollo o Crecimiento Urbano en Lima: El Caso de los Distritos del Sur*. Perú: DESCO.



GeoEnciclopedia. (s.f). *Satélites Artificiales*. Extraído de <https://www.geoenciclopedia.com/satelites-artificiales/>.

Gonzaga, C. (2014). *Aplicación de Índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM + y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador* (Tesis). Argentina: Universidad Nacional de La Plata.

González, F., Ruiz, J. y Acosta, F. (s.f). *Tutorial de Teledetección*. España: Universidad Las Palmas de Gran Canaria.

Grandes, E. (2006). *Estudio de Imágenes de Satélite y Fotografía Aéreas*. Extraído de <https://es.scribd.com/document/366141043/Estudio-de-Imagenes-Satelitales-y-Fotografias-Aereas>. Perú.

Grandez, M. (2019). “*Empleo de Imágenes del Satélite PerúSAT-1 en la Prevención de Desastres Naturales*” (Tesis). Perú, Escuela de Oficiales de la Fuerza Aérea del Perú.

Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación (6ta edición)*. México: McGraw-Hill

Huidobro, J. y Luque, J. (2013). *Comunicaciones por Radio. Tecnologías, Redes y Servicio de Radiocomunicaciones. El espectro Electromagnético*. España: Editorial Ra-Ma.

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2017). *Compendio Estadístico del INDECI 2017*. Gestión Reactiva. Perú.

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2018). *NOTA DE PRENSA N°136 2018-INDECI-OGCE*. Extraída de <https://www.indeci.gob.pe/presentan-estudio-sobre-lecciones-aprendidas-por-el-fenomeno-el-nino-costero/>. Perú.

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Manual Básico para Defensa Civil*. Perú.

Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI). (2008). *Perfil Sociodemográfico de la provincia de Lima*. Perú: OTA-INEI.

*Instituto Nacional de Estadísticas e Informática* (INEI). (2018). Extraído de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/lima-alberga-9-millones-320-mil-habitantes-al-2018-10521/>. Perú.

*Instituto Nacional de Estadísticas e Informática* (INEI). (2018). Directorio Nacional de Centros Poblados. Censo Nacional 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas.

Labrador, M., Évora, J. y Arbelo, M. (2012). *Satélites de Teledetección para la Gestión del Territorio*. España.

Lavado, H. (2019). “*Vulnerabilidad del poblado de Cajamarquilla ante los movimientos en masa. Distrito de Lurigancho – Chosica*”. (Tesis). Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

León, Y. (2002). *Material de apoyo al Curso Introducción a las Imágenes Satelitales*. República Dominicana: Centro de Investigaciones Geoespaciales (CIG).

Llorente, A. (2018). *¿Cuántos satélites hay orbitando la tierra y cómo es posible que no choquen?* Extraído de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46408633>.

- López, M. y Denore, B. (1999). *Los Satélites de observación de la Tierra en el 2000*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/28217120\\_Los\\_satelites\\_de\\_observacion\\_de\\_la\\_tierra\\_en\\_el\\_2000](https://www.researchgate.net/publication/28217120_Los_satelites_de_observacion_de_la_tierra_en_el_2000). España.
- Marcos, C. (2018). Satélites Meteorológicos. En Santos, C. (Ed.), *Física del caos en la predicción meteorológica. Historia y fundamentos de la meteorología, sistemas de predicción por conjuntos, predicción probabilística y aplicaciones, cambios climáticos y aspectos sociales* (pp. 89-108). España: Agencia Estatal de Meteorología.
- Martínez, R. (2015). *La Construcción del Conocimiento Científico del Riesgo de Desastre: Epistemología, teorías y metodología de los estudios desde una perspectiva geográfica*. (Tesis). Colombia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
- Martos, A. (2009). *Breve Historia de la Carrera Espacial*. España: Editorial Graphycems.
- Mejía, M. y Naveros, E. (2019). “*Evaluación de riesgo geotécnico de taludes ante eventos sísmicos en la asociación de posicionarios de vivienda Bolognesi, anexo 22-Jicamarca*”. (Tesis). Perú, Universidad Ricardo Palma.
- Millán, C. (2019). “*Modelación del flujo de detritos para el análisis del riesgo en la quebrada Los Cóndores, Provincia de Lima, Perú*”. (Tesis). Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ministerio de Vivienda. (2016). *Decreto Supremo N°022-2016-Vivienda*. Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible. Perú.

- Núñez S., Choquenaira G. (2019). Informe Técnico A6861: Inspección Geológica en el Asentamiento Humano Álamos de La Gloria. INGEMMET. Perú.
- Olmedillas, J. (2013). *Introducción a los sistemas de navegación por satélite*. España: Editorial UOC.
- Paredes, F. (2006). *Primer Glosario de Términos más usados en Arquitectura y Urbanismo*.  
Extraído de <https://es.scribd.com/document/311602223/Primer-Glosario-Arquitectura>.
- Pinto, F. (2013). *Geomática tecnología de punta*. Primera edición.
- Popocatl, H. (1998). *Tipos de satélites de comunicaciones, así como su estructura y funcionamiento* (Tesis). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2011). *Decreto Supremo N°048-2011-PCM. Reglamento de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. Perú.
- Reaño, G. (2017). *Los Polvorines: Vivir en Peligro*. Extraído de <https://solucionespracticas.org.pe/testimonio-los-polvorines-vivir-en-peligro>. Perú.
- Reinoso J., León C. (2010). *La fusión de Imágenes de Teledetección: Una ayuda para la interpretación de entornos urbanos*. Extraído de: <https://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/1006>. Fecha de acceso: 15 sep. 2020 doi:<https://doi.org/10.4995/ega.2010.1006>.

- Renom, M. (2011). *Curso de introducción a la meteorología*. Recuperado de:  
[https://www.yumpu.com/es/document/read/37736737/bolilla-13-satelites-meteorologicos-lic-madeleine-renom-bolilla-](https://www.yumpu.com/es/document/read/37736737/bolilla-13-satelites-meteorologicos-lic-madeleine-renom-bolilla)
- Rivera, H. (s.f). *Los Movimientos Masales*. Extraído de <http://ecoambientes.tripod.com/id9.html>. Colombia.
- Román, A. (2011). *Las Imágenes Satelitales y sus aplicaciones*. Presentación extraída del XIX Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación. (CONEISC). Perú
- Sánchez, H., Reyes C. (1984). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica aplicados a la psicología, educación y ciencias sociales*. Perú
- Sánchez, M. (2018). *“Zonificación y evaluación de peligros por geodinámica externa en la Cuenca del río Pichari, distrito de Pichari, La Convención-Cusco”*. (Tesis). Perú, Universidad Nacional Federico Villareal.
- Sapena, M., Ruiz, L. y Joó, K. (2017). Modelos de simulación de expansión urbana a partir de imágenes de satélite: Adecuación al análisis temporal de la fragmentación de los usos del suelo. En Ruiz, L., Estornell, J. y Erena, M. (Ed.), *Teledetección Nuevas plataformas y sensores aplicados a la gestión del agua, la agricultura y el medio ambiente* (pp. 311-314). España: Universitat Politècnica de València.
- Sepúlveda, A. y Patiño, J. (2016). *“Metodología para la evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por la lluvia”*. (Tesis). Colombia, Pontificia Universidad Javeriana.

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes*. Colombia.

Uriarte, J. (2018). 10 *Características de los Satélites artificiales*.  
Extraído de <https://www.caracteristicas.co/satelites-artificiales/#ixzz5v14bHEDk>.  
Colombia.

Zavala B., Vílchez M., Núñez S. (2012). *Informe Técnico N° A6608. Flujo de Detritos del 05/04/2012 entre las quebradas La Ronda y Los Cóndores, margen izquierda del río Rímac, características geodinámicas y evaluación de peligro*. INGEMMET. Perú.

Zenil, C. (s.f). *Orbitas y aplicaciones de la comunicación satelital*. Extraído de <https://es.scribd.com/presentation/355639865/3-Orbitas-Aplicaciones-Satelitales>.

Zepeda, L. (2011). *Análisis de Requerimientos de Control de Orientación Satelital para comunicaciones en banda s en satélites pequeños* (Tesis). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

## Apéndices

### a. Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables y Dimensiones	Metodología	Población y Muestra
¿Cuáles son las zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019?	Identificar cuáles son las zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019.	Existen zonas del desarrollo urbano del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos generados por causa de fenómenos naturales que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.	<p><b>Variable 1:</b> Exposición al Peligro</p> <p><b>Variable 2:</b> Fenómenos Naturales</p>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Método:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño:</b> No experimental de corte transeccional exploratorio</p> <p><b>Técnica:</b> Recolección de datos, investigación, análisis bibliográfico, procesamiento de imágenes, mapeo y la observación de los resultados obtenidos.</p> <p><b>Instrumento:</b> Bibliográfico</p> <p><b>Campo:</b> Reportes</p> <p><b>Gabinete:</b> Software de geoprocamiento QGIS</p>	<p><b>Población:</b> Imágenes satelitales del año 2019 provistas por el satélite PerúSAT-1 de áreas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica</p> <p><b>Muestra:</b> Imagen satelital de PerúSAT-1 del 07/05/2019</p> <p><b>Unidad de análisis</b> Imagen de satélite</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
<p><b>PE1.</b> ¿Cuáles son las zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a un alto riesgos de flujo de detritos, pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019?</p> <p><b>PE2.</b> ¿Cuáles son las zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos, pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019?</p>	<p><b>OE1.</b> Identificar cuáles son las zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de flujo de detritos mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019.</p> <p><b>OE2.</b> Identificar cuáles son las zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1 en el año 2019</p>	<p><b>HE1.</b> Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a un alto riesgos de flujo de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.</p> <p><b>HE2.</b> Existen zonas urbanas del distrito de Lurigancho-Chosica expuestas a riesgos de avalancha de detritos que pueden identificarse mediante el empleo de imágenes satelitales de PerúSAT-1.</p>			