

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – INDECI<sup>1</sup>**



**CENTRO DE ESTUDIOS, PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN  
PARA LA GESTIÓN REACTIVA**

**COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AEROESPACIAL –  
CONIDA<sup>2</sup>**



**AGENCIA  
ESPACIAL  
DEL PERU  
C O N I D A**

**DIRECCIÓN DE APLICACIONES ESPACIALES Y GEOMÁTICA**

**TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN PARA DETERMINAR EL RIESGO POR PELIGRO  
INMINENTE EN LA ZONA PILOTO DEL CENTRO POBLADO LOS HUERTOS DE LA  
QUEBRADA RIO SECO EN EL DISTRITO DE CARABAYLLO, PROVINCIA DE LIMA**



Equipo Responsable:

Investigador<sup>1</sup>: Luisa Margarita Cortez Ormeño

Investigador <sup>2</sup>: Wilder Hans Caballero Haro

**Diciembre 2023**

**TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN PARA DETERMINAR EL RIESGO POR PELIGRO INMINENTE EN LA ZONA PILOTO DEL CENTRO POBLADO LOS HUERTOS DE LA QUEBRADA RIO SECO EN EL DISTRITO DE CARABAYLLO, PROVINCIA DE LIMA**

**Instituto Nacional de Defensa Civil  
Unidad Funcional del Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación  
en Gestión Reactiva - CEPIG**

Calle Dr. Ricardo Angulo Ramírez N° 694 Urb. Corpac, San Isidro, Lima-Perú.  
Teléfono: (511) 224-3600  
Sitio web: [www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe)

General de Brigada (r) Carlos Manuel Yáñez Lazo  
**Jefe del INDECI**

Fernando Portillo Romero  
**Secretario General**

Ing. José Luis Bustamante Albújar  
**Director de la Dirección de Preparación**

Ing. Carlos Pichilingue Sime  
**Coordinador del Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación en  
Gestión Reactiva**

**Elaborado por:**  
Ing. Luisa Margarita Cortez Ormeño  
**Especialista en Gestión de Riesgo de Desastres  
INDECI – Dirección de Preparación**

**Elaborado por:**  
Ing. Wilder Hans Caballero Haro  
**Especialista en Procesamiento Digital de Imágenes Satelitales  
CONIDA - DIAPG**

## Contenido

I. RESUMEN .....	7
II. INTRODUCCIÓN .....	8
III. ANTECEDENTES.....	9
IV. JUSTIFICACIÓN.....	9
V. OBJETIVOS .....	11
VI. UBICACIÓN .....	11
VII. FUNDAMENTO TEÓRICO .....	16
VIII. METODOLOGÍA.....	53
IX. RESULTADOS.....	66
X. CONCLUSIONES .....	70
XI. RECOMENDACIONES .....	70
XII. BIBLIOGRAFÍA .....	71
XIII. ANEXOS.....	73

## Índice Tablas

Tabla 1. Ubicación política del distrito del Carabayllo .....	11
Tabla 2. Características de la Unidad Hidrográfica .....	12
Tabla 3. Base de datos de eventos ocurridos en el distrito de Carabayllo .....	17
Tabla 4. Base de datos de peligros de origen natural SINPAD 2003-2023.....	18
Tabla 5. Registro de Eventos ocurridos en el Centro Poblado Río Seco .....	20
Tabla 6. Climas determinados para el distrito de Carabayllo. ....	34
Tabla 7. Unidades Geomorfológicas para el distrito de Carabayllo.....	34
Tabla 8. Unidades Geológicas para el distrito de Carabayllo .....	37
Tabla 9. Enlaces de acceso a la plataforma KoboToolbox.....	48
Tabla 10. Principales indicadores de población y territorio.....	50
Tabla 11. Principales indicadores de la natalidad de la población (2019) .....	51
Tabla 12. Principales indicadores de desarrollo social.....	52
Tabla 13. Principales indicadores del sistema alimentario nutricional (2019) .....	53
Tabla 14. Matriz de confusión.....	57
Tabla 15. Categorización del factor condicionante .....	58
Tabla 16. Categorización del factor desencadenante .....	59
Tabla 17. Parámetros y descriptores del factor fragilidad .....	61
Tabla 18. Parámetros y descriptores del factor resiliencia .....	62
Tabla 19. Niveles de Vulnerabilidad .....	64
Tabla 20. Matriz de Riesgo .....	65

## Índice Figuras

Figura 1. Eventos de origen natural registrados SINPAD 2003-2023 .....	19
Figura 2. Temporalidad de eventos de origen natural registrados SINPAD 2003-2023.....	20
Figura 3. Componentes de un sistema de teledetección .....	21
Figura 4. Espectro Electromagnético .....	21
Figura 5. Reflectividad de algunos materiales de construcción .....	22
Figura 6. Clasificación de imágenes.....	23
Figura 7. Perfiles espectrales de muestras en diferentes coberturas.....	25
Figura 8. Identificación de zonas de muestreo .....	26
Figura 9. Diferentes separabilidades entre muestras .....	27
Figura 10. Clasificación por paralelepípedos.....	28
Figura 11. Clasificación por mínima distancia .....	28
Figura 12. Clasificación por Máxima Verosimilitud .....	29
Figura 13. Máquinas Soporte Vector.....	31
Figura 14. Imagen multispectral SPOT .....	32
Figura 15. Mapa temático derivado de la imagen SPOT utilizando un algoritmo no supervisado de clasificación .....	32
Figura 16. Dendograma a partir de los pixeles de las áreas de entrenamiento .....	33
Figura 17. Serie temporal de la precipitación anual .....	40
Figura 18. Serie mensual de caudal Cuenca del río Chillón.....	40
Figura 19. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y la Niña costeros (región 1+2) para el verano diciembre 2023-marzo 2024. Fuente ENFEN. ....	41
Figura 20. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y la Niña en el Pacífico Central (región 3.4) para el verano diciembre 2023-marzo 2024. Fuente ENFEN.....	41
Figura 21. Precipitación total anual. Tendencia anual de la precipitación Sector Río.....	42
Figura 22. Temperatura máxima anual. Tendencia +0.20°C/dec - Sector Río Seco..	42
Figura 23. Comparativo de la población total en el distrito de Carabaylo.....	50
Figura 24. Comparativo de la tasa anual de crecimiento de la población total en el distrito de Carabaylo (2007, 2017 y 2020) .....	51
Figura 25. Número anual de nacidos vivos de residencia habitual de la madre (2020) .....	52
Figura 26. Principales indicadores de desarrollo social .....	52
Figura 27. Principales indicadores del sistema alimentario nutricional (2019) .....	53
Figura 28. Metodología de la Investigación .....	54
Figura 29. Características de la imagen Satelital.....	55
Figura 30. Zona de interés.....	56
Figura 31. Clasificación supervisada de imagen satelital .....	56
Figura 32. Distribución de puntos aleatorios .....	57
Figura 33. Obtención de vector con imagen satelital .....	57

## Índice Mapas

Mapa 1. Ubicación Cuenca del Río Chillón.....	13
Mapa 2. Ubicación Política del Distrito de Carabaylo .....	14
Mapa 3. Ubicación Política del Sector Río Seco .....	15
Mapa 4. Unidades Geomorfológica en el Sector Río Seco .....	36
Mapa 5. Unidades geológicas en el Sector Río Seco .....	38
Mapa 6. Variación de Pendiente en el Sector Río Seco .....	39
Mapa 7. Tendencia de la Temperatura Máxima Anual 1981-2010.....	44
Mapa 8. Tendencia de la Temperatura Mínima Anual 1981-2010 .....	46
Mapa 9. Tendencia de la Precipitación Acumulada Anual 1981-2010.....	47
Mapa 10. Peligro del Sector Río Seco.....	67
Mapa 11. Vulnerabilidad del Sector del Río Seco .....	68
Mapa 12. Riesgo del Sector Rio Seco .....	68

## I. RESUMEN

En este trabajo de investigación se presenta una aplicación del procesamiento digital de la imagen satelital Perusat1 del año 2020 con el objetivo de identificar superficies urbanas construidas y características constructivas predominantes (techos) en el centro poblado Los Huertos de Río Seco en el distrito de Carabayllo. Se describen algunos procedimientos de calibración radiométrica, corrección geométrica y clasificación que permitirán, extraer superficies con distintas densidades y características de edificación mediante un análisis de mezclas espectrales. Este procedimiento es posible en la actualidad gracias a los métodos de clasificación de imágenes que se basan en la asignación de un valor temático (clase) a cada pixel o a partir de sus valores e intensidad en las diferentes bandas espectrales. El resultado del trabajo permitió detectar la tipología constructiva, específicamente los techos de las edificaciones, a la vez que constituyó un procedimiento con amplias posibilidades de generalización, ya que se basa en imágenes Perusat1 con resolución espacial de 0.7m, cobertura territorial de 14.5 km por 14.5 km y resolución temporal de 26 días.

Para realizar el caso hipotético de estimación de los niveles de riesgo en el sector priorizado de río seco del distrito de Carabayllo se calcularon los niveles de peligro y vulnerabilidad, en base a la metodología establecida en los lineamientos para la elaboración del informe de estimación del riesgo por peligro inminente<sup>1</sup>.

Para determinar los niveles de peligro se sistematizó información de las entidades técnico-científicas en los que respecta a los factores condicionantes (pendiente, usos actual del suelo, geomorfología, geología) y factor desencadenante (Precipitación Acumulada Anual 1981 -2010).

Para determinar los niveles de vulnerabilidad de la zona priorizada del sector río seco, se elaboró una ficha en la herramienta KoboToolbox de acceso libre, la cual cuenta con la aplicación de Android "KoboCollect" que permitió la recopilación de la información sin tener acceso a internet, en este levantamiento de información se contó con la participación de estudiantes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el apoyo de la Municipalidad Distrital de Carabayllo y los pobladores del sector río Seco. Producto de la matriz de doble entrada se determinó los niveles de riesgo ante movimientos en masa para la zona priorizada del sector río Seco.

---

<sup>1</sup> Resolución Ministerial N°463-2019-PCM. Aprueba los lineamientos para la elaboración del informe de estimación del riesgo por peligro inminente.

## INTRODUCCIÓN

Las ciudades son asentamientos creados por los seres humanos, los cuales albergan comunidades que están en constante crecimiento y desarrollo. Comprender la distribución espacial y el crecimiento de las áreas urbanas es esencial para la planificación del territorio, estudios de paisajes, desarrollo urbano y la gestión de recursos naturales.

Las imágenes de sensores remotos en conjunto con las técnicas de la teledetección, proveen una alternativa eficiente y eficaz para identificar y clasificar las zonas urbanas de las ciudades construidas frente a otros tipos de cobertura del suelo, es una información necesaria tanto para las comunidades locales como para los responsables de la toma de decisiones.

Hay que considerar que un mapa de uso del suelo generado mediante una clasificación temática de una imagen satelital no constituye el producto final en sí; más bien debe ser considerado como un punto de partida para la planificación y gestión de una ciudad; así como un factor condicionante para determinar los niveles de peligro en una zona. Un enfoque común en esta línea consiste en el análisis de evolución espacial de las diferentes categorías de uso del suelo (zona urbana, zona agrícola, etc.), y su posterior aplicación inmediata y práctica para detectar y regular la expansión desmedida y cambios de usos perjudiciales para las ciudades, centros poblados o asentamientos humanos, fin último de los planes de desarrollo urbano; que considera la Gestión del Riesgo de Desastres cuyo principio es proteger la vida e integridad física de la persona humana, su estructura productiva, sus bienes y su medio ambiente frente a posibles desastres o eventos peligrosos que puedan ocurrir.

El país debe contar con una adecuada capacidad de preparación y respuesta, ante ello se establecen estas técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes satelitales. El Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI orienta y supervisa a las entidades públicas de los tres niveles de gobierno, sobre la elaboración del informe estimación del riesgo por peligro inminente con la finalidad de sustentar la declaratoria de estado de emergencia a solicitud de parte; asimismo, el INDECI gestiona información satelital para acciones de respuesta y rehabilitación por desastre o peligro inminente.

De lo expuesto queda claro que una de las virtudes innegables de la teledetección aplicada a espacios urbanos con enfoque de Gestión del Riesgo de Desastres es la idoneidad para conocer la extensión, magnitud y evolución del área construida de una ciudad, los desafíos en la actualidad pretenden ir más allá, intentando obtener información pormenorizada sobre la diferenciación de coberturas en su interior, inferencia sobre las densidades de los asentamientos y caracterización de los distintos usos del suelo, y en el caso particular de la identificación de techos de las edificaciones que nos ayudaran a estimar la cuantificación de edificaciones expuestas a un posible peligro inminente de origen natural.

Esta investigación persigue un objetivo implícito a futuro, a partir de imágenes del satélite Perusat1 pretende discriminar entre superficies urbanas y no urbanas, luego detectar y calcular el área urbana construida a través de métodos de

clasificación supervisada y no supervisada e índices, posteriormente inferir los elementos característicos de las coberturas del suelo urbano, conocer la evolución y distribución de superficie construida entre los años 1999, 2014 y 2022 del distrito de Carabaylo

Finalmente con la información generada y analizada de la clasificación referida en el párrafo anterior, se aplicó un caso hipotético de estimación del riesgo por peligro inminente obteniendo información de elementos expuestos con niveles de riesgo que contribuya a futuro a la elaboración del informe de estimación del riesgo por peligro inminente.

### III. ANTECEDENTES

Se han desarrollado investigaciones que se orientan a la identificación de áreas urbanas mediante la aplicación de diversas técnicas de teledetección como por ejemplo métodos de clasificación supervisada y no supervisada, así como la aplicación de índices en los cuales se utilizan diversas bandas espectrales de satélite. Validando los resultados con información de campo o métodos estadísticos.

Linares, S. y Tisnes, A. (2011), desarrollo la investigación denominada “Extracción y Análisis de Superficies Urbanas Construidas empleando imágenes Landsat5 (TM)”, en la ciudad de Tandil (Argentina) para los años 1989 y 2006. El resultado permitió detectar diferentes densidades y tipologías constructivas (magnitud y forma) de la expansión urbana.

Lara, R. (2018), desarrolla la investigación denominada “Clasificación en imágenes satelitales: superficie construida y uso de tierra”, usando Landsat8 en la cual aplica algoritmos de clasificación como la Regresión Logística, Máquina de Soporte Vectorial, Gradient Tree Boosting y Redes Neuronales, el mejor resultado lo observa con el MSV exhibe el mejor rendimiento con una diferencia estadísticamente significativa según el Test de Wilcoxon.

(Soto, E. 2021). desarrolla la investigación denominada “Monitoreo del crecimiento urbano mediante imágenes satelitales Landsat caso de estudio Rionegro, Antioquia” en Colombia, la metodología utilizó el análisis multitemporal con el objetivo de estimar la variable densidad de viviendas, se usaron modelos de regresión lineal, de los cuales se concluyó que tenían gran potencial y el mejor resultado dependía del índice espectral NDVI.

### IV. JUSTIFICACIÓN

Perú es un país recurrente a la ocurrencia de fenómenos de origen natural o inducidos por la acción humana, que generan pérdidas en los diversos sectores del desarrollo.

Uno de los temas de investigación y desarrollo más significativos, es sin duda el desarrollo de técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes satelitales que puedan ser utilizadas para obtener información exhaustiva, precisa, periódica y de fácil actualización sobre los espacios urbanos. En este sentido, las investigaciones buscan mejorar la calidad de clasificaciones, tanto en términos del número de clases individuales como en la precisión con la que cada una de ellas se puede identificar y, lograr que las tipologías de uso del suelo se puedan representar en categorías en concordancia con la nomenclatura técnicas utilizadas para planificar y gestionar el espacio urbano.

En el distrito de Carabayllo, para el periodo 2003-2023, se tuvo como impacto un total de 4 068 personas afectadas y 337 personas damnificadas; asimismo, ocasionó la destrucción de 28 viviendas y 926 viviendas afectadas<sup>2</sup>, producto de la ocurrencia de emergencias y/o desastres de origen hidrometeorológicos (inundación), geodinámica externa (erosión, derrumbe de cerro) y geodinámica interna (sismo). Asimismo, producto de emergencias y/o desastres originados por la acción humana (incendios urbanos e industriales, explosiones, accidentes de transporte terrestre, entre otros) produjo impacto con un total de 4 131 personas afectadas y 1091 personas damnificadas; asimismo ocasionó la destrucción de 137 viviendas destruidas y 978 viviendas afectadas.

Las acciones en materia de Gestión del Riesgo de Desastres, buscan evitar y/o mitigar la pérdida de vidas humanas y sus medios de vida, así como daños a la infraestructura, que, como consecuencia de la manifestación de los fenómenos de origen natural o inducidos por la acción humana en cualquier ámbito del territorio nacional, pueda convertirse en emergencia o desastre, atentando contra el desarrollo sostenible del Perú. Asimismo, la manifestación del peligro, se ve exacerbada por el incremento de la urbanización y el aumento de las concentraciones de población en asentamientos urbanos no planificados e inseguros que han sido en parte los factores determinantes de la exposición física de las personas, de la fragilidad de bienes económicos frente a los desastres. Las condiciones favorables de clima y suelo que han estimulado la actividad económica guardan relación con los escenarios propensos a las amenazas.

La alta vulnerabilidad de la población y sus medios de vida ante el riesgo de desastres en el territorio es reconocida como un problema público en la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - PNGRD al 2050 e identifica como principales causas la ocupación y uso inadecuado del territorio, la débil gobernanza de la gestión del riesgo de desastres en las inversiones públicas y privadas y la falta de eficacia y oportunidad para la respuesta y recuperación.<sup>3</sup> El Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres PLANAGERD 2022-2030<sup>4</sup> identifica como acción estratégica multisectorial “Incrementar el desarrollo de investigación aplicada y el uso de tecnología de las entidades técnico-científicas y territoriales del SINAGERD, la cual plantean se operativice a través del Programa de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico en materia de Gestión del Riesgo de Desastres. Existen diversos factores de riesgo existentes en un territorio determinado y en un momento dado; para ello entre otros se genera un escenario de riesgo de desastre,

<sup>2</sup> En base a los registros históricos del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación-SINPAD-INDECI

<sup>3</sup> Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, PNGRD al 2050, aprobada por Decreto Supremo N° 038-2021-PCM.

<sup>4</sup> Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres PLANAGERD 2022-2030, aprobado por Decreto Supremo N° 115-2022-PCM.

este describe el tipo de daños y pérdidas que pueden generarse en caso de un desastre y/o peligro inminente, en función de la vulnerabilidad existente; recopilando toda la información existente de todas las fuentes relacionadas a la Gestión Reactiva.

En este contexto, el presente trabajo de investigación contribuirá con la generación de niveles de riesgo ante el hipotético peligro inminente<sup>5</sup> por movimientos en masa y la aplicación de técnicas de teledetección (clasificación supervisada y no supervisada) en la zona piloto del distrito de Carabayllo para identificar y/o cuantificar elementos expuestos priorizados.

## V. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo General

Aplicar técnicas de teledetección y determinar el riesgo por peligro inminente en la zona piloto centro poblado los huertos de la quebrada río Seco en el distrito de Carabayllo, provincia de Lima.

### 5.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una base vectorial de elementos expuestos (techos, suelo, cauce, ladera) con el uso de imágenes de alta resolución PeruSat1.
- Uso de imágenes satelitales para definir los factores condicionantes que determinan el nivel de peligro en la zona priorizada del sector río Seco.
- Determinar el nivel de riesgo originado por movimientos en masa en la zona priorizada del sector río seco.
- Promover el uso de la herramienta KoboToolbox de acceso libre, y la aplicación KoboCollect para la recopilación de datos en campo.

## VI. UBICACIÓN

A continuación, se precisa el ámbito de intervención de la presente investigación

### ▪ Ubicación política

El área de estudio se enfoca en el de sector Río Seco, ubicado políticamente en el distrito de Carabayllo, provincia y departamento de Lima, hacia el margen derecho del Río Chillón.

Tabla 1. Ubicación política del distrito del Carabayllo

Geográficas		UTM (WGS 84 ZONA 18 SUR)		Área (Km <sup>2</sup> )	Altitud (m)
Latitud	Longitud	Sur	Oeste		
-11.89	-77.0269	11°53' 24"	77°1' 37"	416	238

<sup>5</sup> Para el caso de "hipotético peligro inminente" se hace referencia a que en la presente investigación, se simulará la situación de peligro inminente para efectos de aplicar su metodología de estimación del riesgo.

## ▪ Ubicación hidrográfica

La Cuenca Chillón presenta una superficie de 2,211.00 km<sup>2</sup>, su delimitación está sustentada bajo el Sistema de Codificación Pfafstetter desarrollado por Otto Pfafstetter en 1989, difundido a partir de 1997 por Kristine Verdin y adoptado a partir de entonces por la United State Geological Survey (USGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos), como estándar internacional. Es una metodología para asignar identificadores a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno y los puntos de confluencia de los ríos para definir una cuenca, intercuenca y cuenca interna.

Tabla 2. Características de la Unidad Hidrográfica

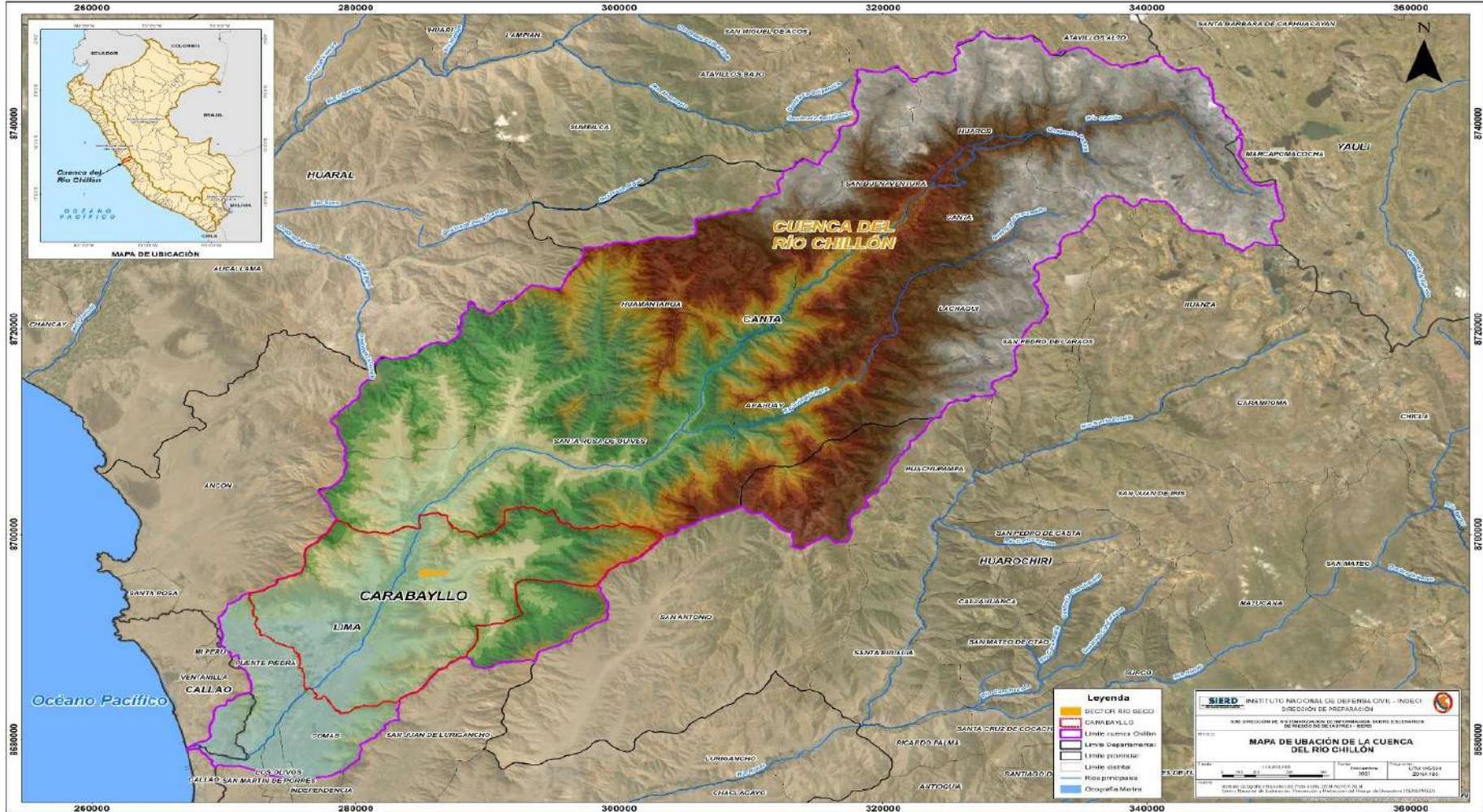
Características Geomorfológicas de la Cuenca	Valor
Área (km <sup>2</sup> ) *	2,221.00
Perímetro (km) *	306.09
Longitud río (km) *	131.14
Pendiente cauce principal (%) **	3.69
Ancho Promedio (km) **	16.86
Índice Compacidad o coeficiente de Gravelius (kc) **	1.84
Rectángulo Equivalente, lado mayor (km) **	136.89
Rectángulo Equivalente, lado menor (km) **	16.15
Tiempo de Concentración (minutos) **	605.00
Tiempo de Concentración (metodología) **	Kirpich

(\*) Datos extraídos de documentos oficiales. El área, de la Resolución Ministerial N° 033-2008-AG, el perímetro, de su respectivo archivo shapefile y la longitud del cauce principal, del estudio de "Codificación de Recursos de Agua Superficial del Perú".

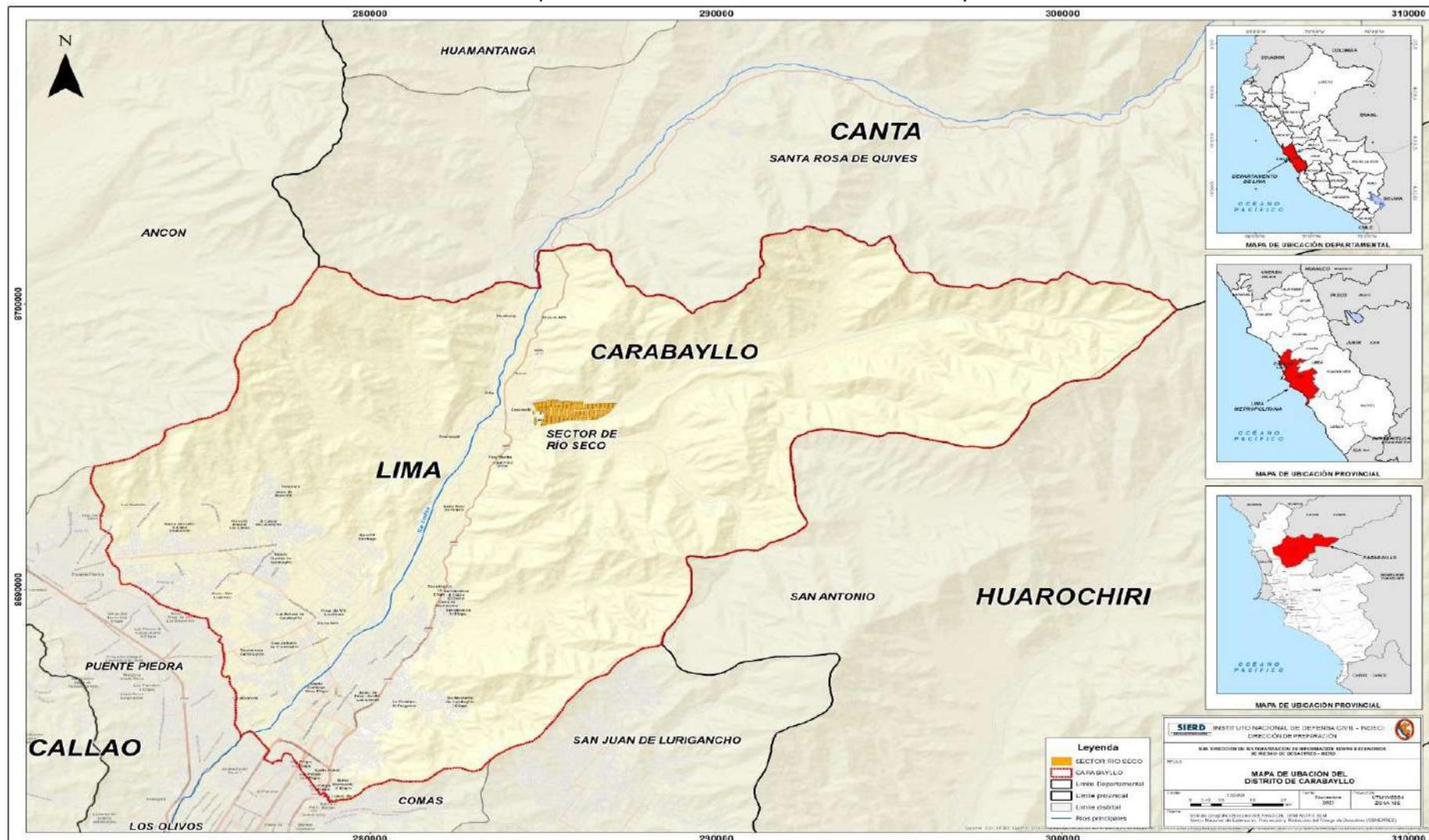
(\*\*) Datos calculados, teniendo en consideración la información oficial.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Mapa 1. Ubicación Cuenca del Río Chillón



Mapa 2. Ubicación Política del Distrito de Carabayllo



Mapa 3. Ubicación Política del Sector Río Seco



## VII. FUNDAMENTO TEÓRICO

### **Flujo de detritos o lodo (Huaico)**

Los flujos de detritos (huaycos) pueden ser masivos o canalizados, transportan fragmentos rocosos de grandes dimensiones. Frecuentemente los flujos ocurren por efecto combinado de la gravedad y la precipitación que ocasiona la pérdida de cohesión interna del suelo, lo cual hace que se desplace y deposite en la parte baja de las laderas o cauces de quebradas (Villacorta et al., 2015).

### **Eventos ocurridos en el distrito de Carabaylo**

En el pasado en el distrito de Carabaylo se han producido eventos viéndose afectadas algunas zonas del distrito tales como son: en la zona colindante a la faja marginal del río Chillón ante la ocurrencia de desbordes del mismo y en la ocurrencia de lluvias extraordinarias, eventos que en su momento dejaron población damnificada y afectando la infraestructura local. A continuación, se muestra información recabada del Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Distrito de Carabaylo, de la bases de datos como el DesInventar y el SINPAD del INDECI, así como de información periodística del momento o información obtenida por entrevistas a la población.

#### ▪ **Fuerte precipitación 1970**

La fuerte lluvia ocurrida el 15 de enero de 1970 la cual se prolongó por 5 horas y registró 17 litros de agua por metro cuadrado, según el Servicio de Meteorología e Hidrografía (El Comercio, 16.01.70), generó en Carabaylo la ocurrencia de huaycos en las quebradas de Porras Barrenechea y El Progreso. Como consecuencia se tuvo 4000 personas damnificadas y la interrupción del abastecimiento de agua potable. Asimismo, el tránsito vehicular se vio interrumpido debido a que las calles se convirtieron en gigantescos lodazales (DesInventar; El Comercio, 19.01.70).

#### ▪ **Fenómeno El Niño 1986-1987 (moderado)**

En el mes de febrero de 1987, el aumento en el caudal del río Chillón rompió las defensas de arena y piedras de la margen derecha del río, produciéndose desbordes en diferentes puntos durante 3 días. La inundación dejó 250 personas damnificadas que se quedaron a la intemperie y causó la afectación de al menos 40 viviendas y 50 Ha de cultivo por la inundación.

#### ▪ **Fenómeno El Niño 1997-1998 (extraordinario)**

El 16 de marzo 1998 en horas de la mañana el caudal del río Chillón rompió las defensas ribereñas en diferentes puntos, entre ellos Punchauca, Cuchicorral y Hacracerro, y el agua avanzó en algunos casos hasta 200 metros. La inundación causó la afectación de 20 familias y bloqueó el cruce del río hacia Cuchicorral.

▪ **Fenómeno El Niño 2002 (débil a moderado)**

El 5 de febrero de 2002 en Carabayllo se registró precipitaciones por 7 horas consecutivas, de acuerdo al testimonio de los pobladores. Esto activó las quebradas del sector Valle Naranjal, P.J. Raúl Porras Barrenechea, P.J. El Progreso y de Río Seco (km. 31) de la carretera a Canta, causando el aniego de vías y la Av. Túpac Amaru dificultando circulación de vehículos y peatones. En el caso de El Progreso, el aluvión afectó viviendas y generó el colapso del desagüe y letrinas, por lo que fue necesaria la fumigación o cargo del MINSA. Posteriormente se contó con apoyo de maquinarias para la limpieza de las calles.

▪ **Fenómeno de El Niño Costero 2017 ( extraordinario)**

El comité encargado del Estudio Nacional del Fenómenos El Niño (ENFEN) se reúne para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas al mes de enero 2017, determinando que ese año se presentaría el fenómeno de El Niño Costero en toda la costa del país generándose lluvias intensas.

El 17 de marzo del 2017 en el distrito de Carabayllo sucedió el impacto ocasionado por las lluvias intensas en la parte alta de la sierra de Canta y el distrito, presentándose huaicos e inundaciones. Se activaron varios de las quebradas existentes en el distrito, una de ellas fue la quebrada río seco activándose después de 14 años, alertando a la población por el flujo constante que se venía desde la parte alta.

El río Chillón presentó un aumento de caudal desde su histórico que era de 15 m<sup>3</sup>/s hasta 32 m<sup>3</sup>/s, esto ocasionó inundación en varios puntos críticos como fue en la parte urbana de las urbanizaciones de la Rinconada, El Sol de Carabayllo V etapa, los Álamos y en la parte rural los centros poblados de Hurangal, Huatocay, Olfa, quedándose sin vías de acceso los pobladores de los centros poblados mencionados.

Tabla 3. Base de datos de eventos ocurridos en el distrito de Carabayllo

BASE DE DATOS DE EVENTOS (CARABAYLLO)				
LUGAR	EVENTO	AÑO	AFECTADOS	DAMNIFICADOS
Chillón Bajo Lotización Huarochirí	Inundación	Feb/1987	S/D	250
Urbanización Lusiana (Av. Túpac Amaru km. 18)	Inundación	Ene/1993	-	S/D
A la altura del sector Puente Caído	Inundación	Feb/1996	S/D	S/D
Punchauca Cuchicorral Chacacerro	Inundación	Marz/1998	90	S/D

Río Chillón (Chaperito)	Contaminación	2000	S/D	S/D
El Progreso	Inundación	Feb/2002	0	0
Km. 31 carretera a Canta	Huayco	2002	-	-
El Progreso	Epidemia	2002	-	-
Altura Km. 32.5 carretera a Canta	Inundación	2007	S/D	S/D
Altura km 31.5 de la carretera a Canta	Contaminación	2009	0	S/D
Urb. Santo Domingo	Incendio	2009	0	S/D
Asociación de Viviendas el Carmen	Inundación	2012	40	S/D
En la Asociación de Vivienda El Carmen.	Inundación	Ene/2013	40	-

Fuente: Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres 2019-2022 y DesInventar.

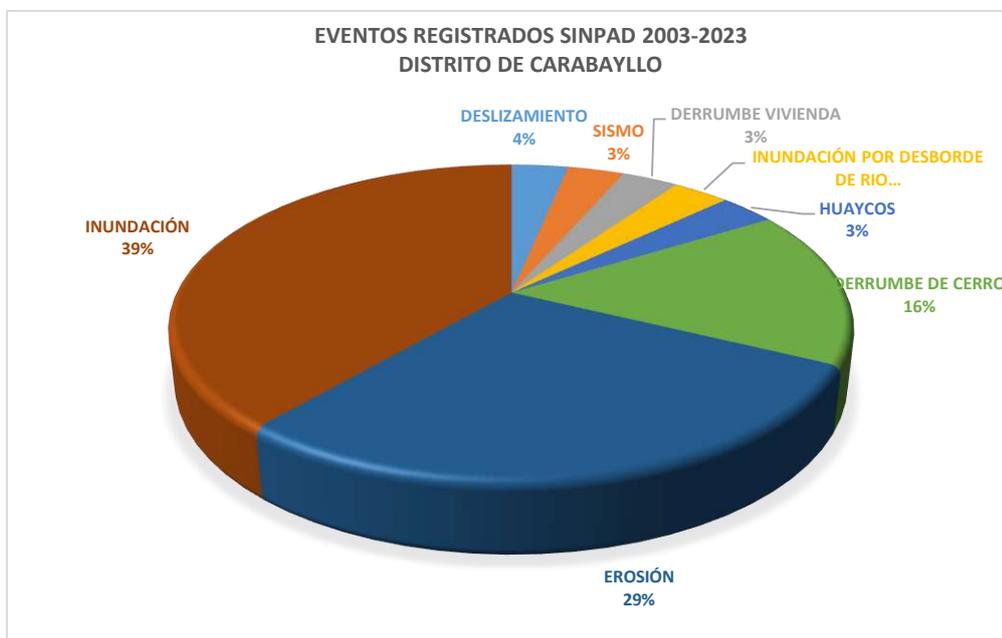
Tabla 4. Base de datos de peligros de origen natural SINPAD 2003-2023

AÑO	MES	EMERGENCIA	DAMNIFICADOS	AFECTADOS	VIVIENDAS DESTRUIDAS	VIVIENDAS AFECTADAS
2003	Marzo	INUNDACIÓN	0	14	0	2
2006	Octubre	EROSIÓN	0	3	0	1
2007	Junio	EROSIÓN	8	0	1	0
2007	Agosto	SISMO	4	0	1	0
2008	Enero	EROSIÓN	0	5	0	1
2008	Abril	INUNDACIÓN	3	0	1	0
2008	Abril	DERRUMBE DE CERRO	3	0	1	0
2008	Junio	EROSIÓN	3	0	1	0
2008	Julio	EROSIÓN	6	0	0	1
2008	Setiembre	EROSIÓN	0	4	0	1
2008	Setiembre	EROSIÓN	0	2	0	1
2010	Junio	INUNDACIÓN	43	0	7	50
2010	Setiembre	DERRUMBE DE CERRO	3	0	1	0
2011	Julio	EROSIÓN	5	0	1	0
2012	Abril	INUNDACIÓN	15	30	3	30

2012	Abril	INUNDACIÓN	12	0	2	1
2013	Marzo	INUNDACIÓN	0	0	0	0
2013	Setiembre	DERRUMBE DE CERRO	7	0	1	0
2015	Julio	INUNDACIÓN	6	0	0	0
2015	Noviembre	EROSIÓN	3	0	0	0
2017	Marzo	INUNDACIÓN	67	550	1	147
2017	Marzo	INUNDACIÓN	0	3450	0	689
2017	Marzo	INUNDACIÓN	130	10	4	2
2021	s/d	ANIEGO	11	0	3	0
2021	s/d	ANIEGO	3	0	0	0
2022	s/d	DERRUMBE CERROS	1	0	0	0
2022	s/d	DERRUMBE CERROS	4	0	0	0
2023	Marzo	HUAYCOS	0	0	0	0
2023	Marzo	DERRUMBE VIVIENDA	0	0	0	0
2023	Marzo	INUNDACIÓN POR DESBORDE DE RIO	0	0	0	0
2023	Septiembre	DESIZAMIENTO	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>337</b>	<b>4068</b>	<b>28</b>	<b>926</b>

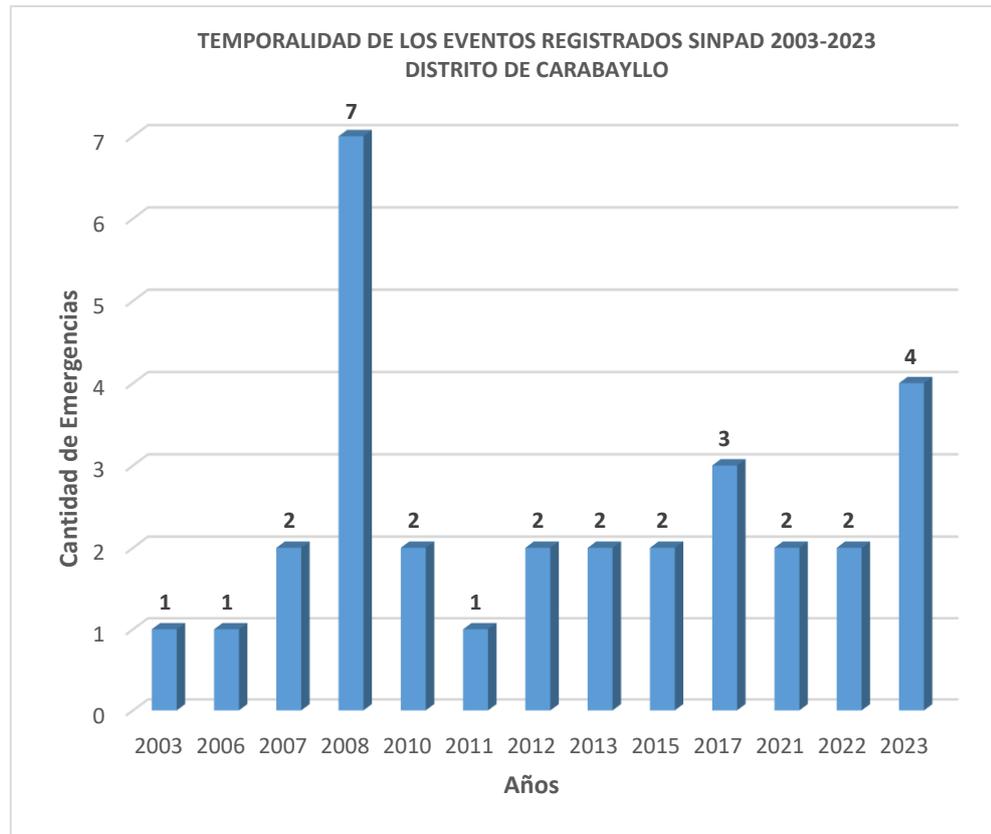
Fuente: Propia con información SINPAD 2023.

Figura 1. Eventos de origen natural registrados SINPAD 2003-2023



Fuente: Propia con información SINPAD 2023.

Figura 2. Temporalidad de eventos de origen natural registrados SINPAD 2003- 2023



Fuente: Propia con información SINPAD 2023.

Con respecto al Registro de Daños Ocasionados por los eventos de origen natural del 2003 al 2023 se describen: Inundación por desborde del río Chillón, derrumbe de cerro, erosión, deslizamiento entro otros. En el 2008 se presentaron 7 emergencias; en 2017 ocurrieron 3 emergencias; y en 2023 ocurrieron 4 emergencias esta dos últimas emergencias generaron mayor impacto debido al origen del desastre ocasionado por el fenómeno del niño costero y el ciclón Yaku respectivamente.

Tabla 5. Registro de Eventos ocurridos en el Centro Poblado Río Seco

REGISTRO DE PELIGROS			
LUGAR	EVENTO	AÑO	AFECTADOS
Río Seco	Huayco	1990	Viviendas, animales, agricultura
Río Seco	Huayco	1999	Viviendas, población
Río Seco	Huayco	2016	Viviendas, población
Río Seco	Niño Costero	2017	Viviendas, agricultura,

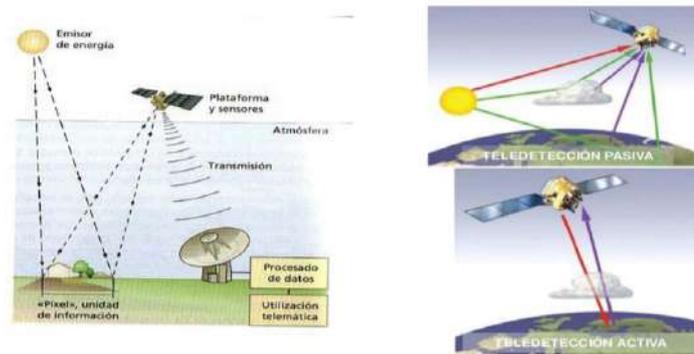
			animales, población
<b>Río Seco</b>	Huayco	2023	Viviendas, agricultura, población

Fuente: Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres 2019-2022, y entrevista a pobladores del Centro Poblado Río Seco.

### Teledetección

Técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas a distancia y su posterior tratamiento en el contexto de una determinada aplicación (Chuvieco, 2010).

Figura 3. Componentes de un sistema de teledetección



Fuente: <https://es.slideshare.net/Bioestelles/tema-3-40690655>

Los sensores de teledetección perciben la energía por reflexión, es decir, la que deriva directamente de la luz solar reflejada en la superficie terrestre de acuerdo al tipo de cubierta presente sobre ella. Este flujo se recoge por el sensor, quien lo transmite luego a las estaciones receptoras. Se debe considerar que entre la superficie y el sensor se interpone la atmósfera, que dispersa y absorbe parte de la señal original. La luz reflejada se describe según su longitud de onda y frecuencia. Cualquier tipo de energía radiante puede ser descrita en función de estas dos variables y ser ubicada dentro del espectro electromagnético, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Espectro Electromagnético



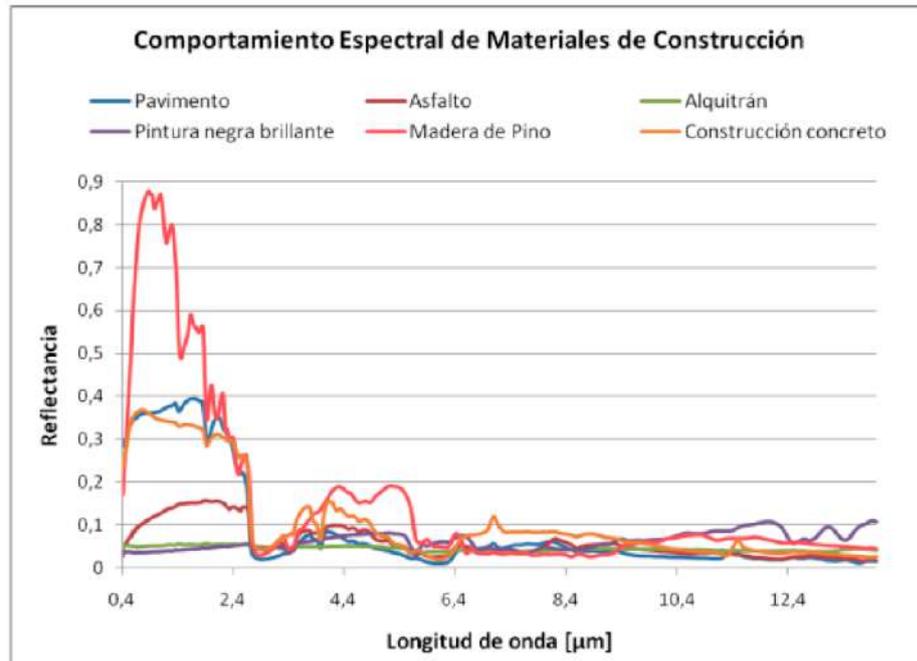
Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

Cada banda del espectro permite conocer elementos y objetos de la superficie terrestre. Las aplicaciones de las diferentes bandas espectrales son:

## Comportamiento espectral de algunos materiales de construcción

Los diferentes elementos del ambiente urbano poseen comportamientos espectrales bastante heterogéneos relacionados con su naturaleza y color (figura 5). Habitualmente, los diferentes tipos de asfaltos y cementos (elementos “calientes”) presentan una gran absorción en la sección térmica del espectro electromagnético (Towers y Von Martini, 2002). La madera, por su parte, presenta variaciones en su comportamiento dependiendo del color y la forma e intensidad con la que fue secada (Ananías y Venegas, 2005).

Figura 5. Reflectividad de algunos materiales de construcción



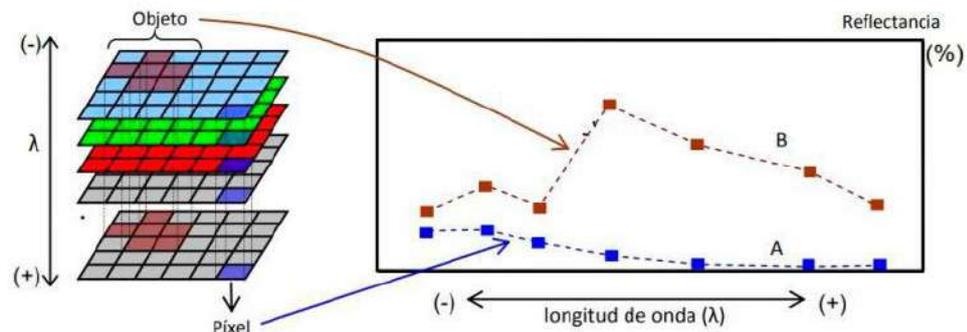
Fuente: Hernández (2011)

<https://www.gep.uchile.cl/Publicaciones/Tratamiento%20Digital%20de%20Im%C3%A1genes%20-%20Jaime%20Hern%C3%A1ndez%202011.pdf>

## Clasificación

Se denomina clasificación al reconocimiento de distintos tipos de coberturas a través de programas informáticos, en función de sus características espectrales. El objetivo general de la clasificación es asignar un conjunto de píxeles u objetos en la imagen digital a un conjunto de clases predefinidas (por ejemplo: tipo de vegetación, suelo desnudo, nieve, zonas urbanas, zonas rurales, etc.). Desde esta perspectiva, la clasificación puede ser vista como un proceso de etiquetación de píxeles u objetos que presentan un patrón espectral similar (figura 6). Para ello, se generará una especie de clave de identificación (firma espectral de referencia) con la que se compara la firma espectral que se va a clasificar y se etiqueta con el nombre de aquella con la que tenga más características en común (Hernández, 2011)

Figura 6. Clasificación de imágenes



Fuente: Hernández (2011)

“Los patrones espectrales a clasificar son obtenidos de las imágenes teledetectadas de acuerdo con dos enfoques básicos: i) píxel a píxel, ii) orientado a objetos. Tradicionalmente, y en especial para imágenes de resolución espacial moderada, por ejemplo, Landsat TM / ETM+, Spot HRV o ASTER, la clasificación opera para patrones espectrales asociados a píxeles. Para ello, dado un píxel cualquiera, se obtiene su firma espectral a través de los niveles digitales que presenta en todas las bandas de la imagen multispectral [...] En cambio, cuando se trabaja con imágenes de alta resolución espacial, por ejemplo, QuickBird o Ikonos, es conveniente segmentar la imagen previamente y luego extraer la firma espectral “promedio” del objeto a clasificar [...]. (Hernández, 2011: 12)”

En un sentido estricto, ninguna clasificación puede considerarse completa hasta que su grado de exactitud sea evaluado. El grado de exactitud puede definirse como el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y sus ubicaciones correctas según los datos recolectados en tierra o clasificados previamente haciendo uso de otras metodologías, y considerados como datos de referencia.

Este procedimiento construiría en realidad sólo una evaluación de la calidad de la selección de las áreas de entrenamiento. También podría recurrirse a una validación cruzada basada en comparaciones con los resultados de otros clasificadores.

El instrumento más usual para evaluar la exactitud de una clasificación es la matriz de confusión, también llamada matriz de error o de contingencia. Esta es una matriz cuadrada de  $n \times n$  filas y columnas, en la que  $n$  representa el número de clases. Dicha matriz muestra la relación entre dos series de medidas correspondientes al área de estudio. La primera serie corresponde a datos de referencia adquiridos de observaciones de campo, inspección de estadísticas, interpretación de fotos aéreas y otras fuentes similares. La segunda corresponde a la categorización de los píxeles realizada por el clasificador para las clases de interés. En una matriz de confusión las columnas corresponden a los datos de referencia, mientras que las filas corresponden a las asignaciones del clasificador. A partir de una matriz de confusión pueden deducirse varios índices relativos a la exactitud de la clasificación (Chuvieco, 2010, p. 501).

Una vez que se han aplicado todo tipo de correcciones (radiométricas y geométricas) sobre los datos, pueden utilizarse dos métodos diferentes (aunque complementarios) para elaborar una clasificación (generación de clases):

la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada. En el caso de la supervisada, se parte de una serie de clases previamente definidas y se obtienen sus firmas espectrales. Generalmente, el sistema de software delimita los tipos específicos de cobertura terrestre basados en datos de caracterización estadística extraídos de ejemplos conocidos en la imagen. En la clasificación no supervisada, no se establece ninguna clase a priori, aunque es necesario determinar el número de clases que se quiere generar, y permitir que las defina un procedimiento automático. El software utilizará una agrupación en clústeres (un algoritmo de clasificación automática multivariante) para identificar los tipos de cubiertas terrestres más comunes, y el analista se encargará de proporcionar interpretaciones de esos tipos de coberturas en una etapa posterior (Alonso, 2006; Chuvieco, 1995).

#### Clasificación Supervisada

El proceso de clasificación supervisada conlleva las siguientes etapas: a) un análisis de componentes principales para sintetizar la información contenida en las bandas e incluso eliminar alguna del análisis. b) La generación de clases y firmas espectrales características donde se realiza una clasificación no supervisada en la que se utilizan algoritmos matemáticos de clasificación automática (algoritmos de clustering, principalmente, que fraccionan el espacio de las variables en una serie de regiones minimizando la varianza interna de los píxeles de cada región; de esta forma, cada región va a definir una clase espectral). Asimismo, se seleccionan áreas de entrenamiento para clasificación supervisada, áreas de las que se conoce a priori la clase a la que pertenecen y que se utilizarán para crear una firma espectral propia de cada una de ellas (clases informacionales). Seguidamente, se comparan las firmas espectrales características de las clases informacionales con las clases espectrales. Aquí se determinarán las clases con las que se trabajará (es preferible trabajar con clases espectrales que con clases informacionales). c) La clasificación en sí misma a través de diferentes métodos: no estadísticos (mínima distancia), estadísticos clásicos (máxima probabilidad), algoritmos basados en inteligencia artificial (lógica borrosa). d) Finalmente, se lleva a cabo una evaluación de la precisión de la clasificación realizada (imagen 129) (Alonso, 2006).

#### Método Supervisado

Para las clasificaciones supervisadas, se requiere del conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por la realización de un trabajo de campo. Es decir, que el intérprete debe tener una gran familiaridad con el área de interés, para poder interpretar y delimitar sobre la imagen, áreas suficientemente representativas, denominadas áreas de entrenamiento o regiones de interés, de cada una de las categorías representadas y que forman parte del área de estudio. Los pasos básicos para realizar una clasificación supervisada son los siguientes:

- *Etapas de entrenamiento:* en esta etapa el intérprete identifica áreas de entrenamiento representativas, y genera una descripción numérica de los atributos espectrales de cada categoría de cobertura de la tierra por escena.
- *Etapas de clasificación:* Cada píxel es categorizado y asociado a una determinada categoría de la leyenda de acuerdo a su mayor semejanza. En el caso que el píxel sea insuficientemente similar, este se catalogará como “desconocido”.

- *Etapa de análisis de precisión y verificación de resultados:* La estimación de la exactitud de una clasificación es el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y los datos tomados en el terreno obteniendo una estimación más realista de los errores siempre y cuando la muestra de píxeles sea lo suficientemente.

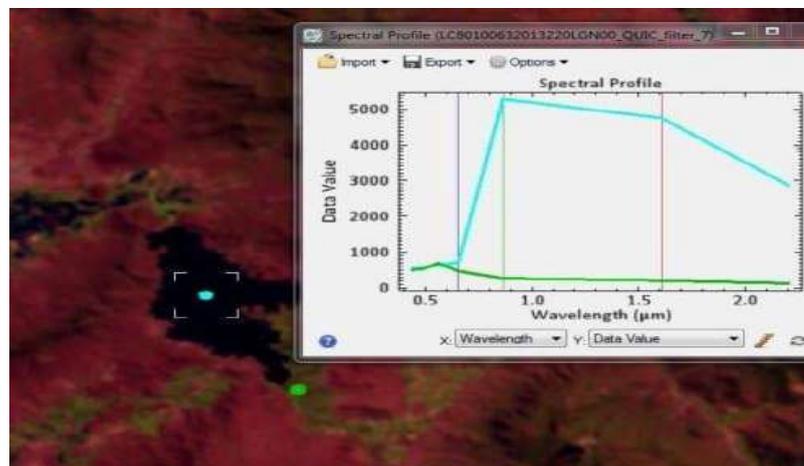
### *Etapa de entrenamiento*

La clasificación supervisada contempla los procedimientos de agrupación de los píxeles de una imagen conforme a su similitud espectral, el nivel de detalle y la leyenda temática, preestablecidos a priori. Para este fin sobre la imagen original se seleccionan y se delimitan los grupos de píxeles, que representan los patrones de diferentes clases temáticas (muestras). Es importante que la muestra sea homogénea, pero al mismo tiempo incluye la variabilidad espectral de cada clase temática. Se recomienda que el usuario adquiera más de un área de entrenamiento por clase temática, utilizando la información de campo, mapas y estudios existentes, entre otros.

Estas áreas para “entrenar” al programa de clasificación en el proceso de reconocimiento de las distintas categorías sirven para caracterizar cada una de las clases, de tal modo que más tarde se asignan el resto de los píxeles de la imagen a una de esas categorías en función de la similitud de sus Niveles Digitales (ND) con los extraídos como referencia. Para una delimitación más precisa de estas áreas de entrenamiento, puede ser de gran ayuda los trabajos de campo y otros documentos auxiliares, como la fotografía aérea y la cartografía convencional, teniendo en cuenta que debe tratarse de ejemplos suficientemente representativos y homogéneos de la clase que pretende definirse. Además, es importante que exista un control de campo suficiente, en fecha próxima a la adquisición de la imagen para garantizar la consistencia entre lo medido en el terreno y por el sensor.

Para la toma de muestras es recomendable iniciar con los accidentes geográficos que son identificables a primera vista, como lo son el agua, hielo, nubes, suelo desnudo, bosque, para luego continuar con áreas arbustivas y herbáceas, áreas agropecuarias, y zonas antrópicas, entre otras, como se muestra en la siguiente imagen

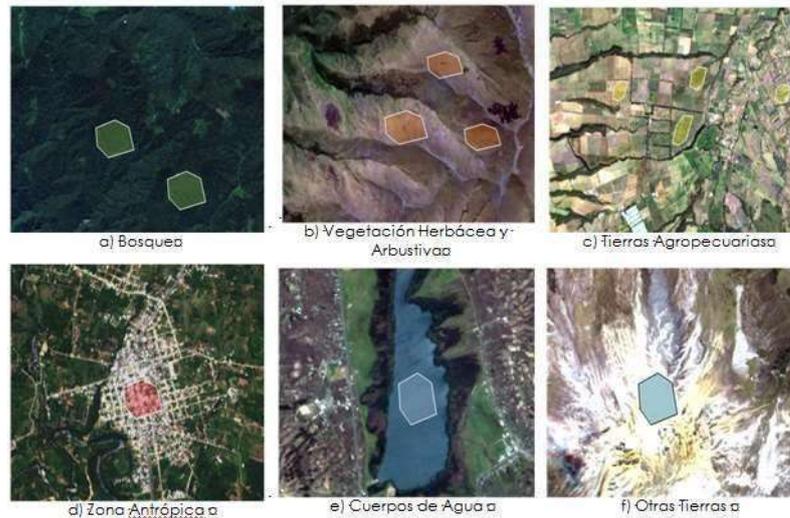
Figura 7. Perfiles espectrales de muestras en diferentes coberturas



Fuente: Elaboración propia

Resulta conveniente seleccionar varias muestras por categoría, a fin de reflejar adecuadamente su variabilidad en la zona de estudio, se recomienda tomar sólo aquellas que sean fundamentalmente las más representativas para la categoría a la que pertenecen, y evitar en la medida de lo posible que existan muestras idénticas; de ser este el caso, estas deberían adjuntarse directamente a una muestra ya existente; esto ayudará a no tener un número excesivo de muestras, lo cual es un problema en procesos futuros, como se muestra en la siguiente imagen.

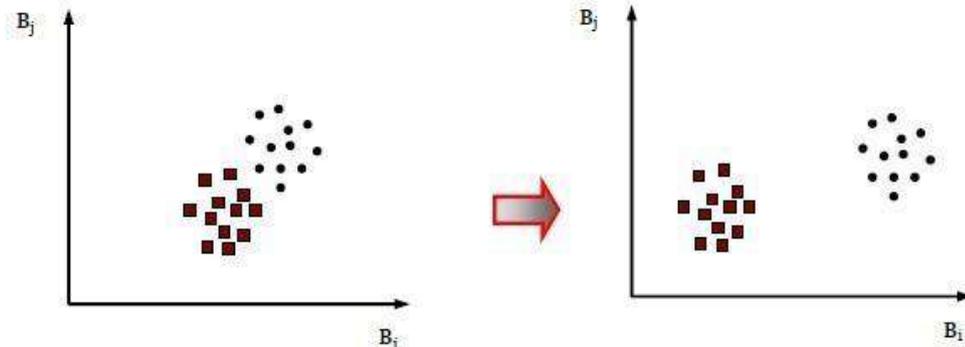
Figura 8. Identificación de zonas de muestreo



En lugares donde existe presencia agropecuaria, es aconsejable delimitar el área tratando de seguir la forma de los diferentes tipos de cultivos, esto ayuda a homogeneizar la muestra y evitar que aparezcan los píxeles aislados dentro de la cobertura. Para la toma de muestra en vías, es aconsejable tomar muestras lineales para una mejor definición de las mismas, este método es recomendable para carreteras amplias, debido a que si se toman muestras en caminos angostos se corre el riesgo de incluir en esa categoría píxeles vecinos pertenecientes a una categoría distinta. Según los criterios planteados, se utiliza uno u otro método de recolección de regiones de interés o áreas de entrenamiento para todas las clases temáticas. Resulta más conveniente elegir varias áreas de pequeño tamaño que una sola de mayores dimensiones, ya que tenderá a infravalorarse la variabilidad de esa categoría.

Una vez creadas las regiones de interés o áreas de entrenamiento, se deben calcular las estadísticas elementales de cada categoría: media, rango, desviación estándar, histogramas, separabilidad, entre otras, a partir de los Niveles Digitales de todos los píxeles incluidos en las áreas de entrenamientos de esa clase. Este cálculo se aplica a todas las bandas que intervendrán en la clasificación. Se asume que las áreas de entrenamiento son fieles representantes de las distintas categorías, y que, por tanto, las medidas extraídas a partir de sus Niveles Digitales definen convenientemente a esas clases. Por lo que es crucial su correcta selección, ya que de otro modo se estaría forzando al algoritmo a clasificar áreas heterogéneas. Cuanto más separables sean las firmas y/o clases espectrales hay menor confusión entre clases y, por tanto, será más fiable la clasificación, en la siguiente imagen se muestra la separabilidad entre muestras.

Figura 9. Diferentes separabilidades entre muestras



Se debe proceder a realizar un análisis de separabilidad para discriminar mejor las clases a ser definidas. Esta opción evalúa la separabilidad espectral entre pares de muestras seleccionados, dando como resultado un reporte en donde se despliega el promedio de separabilidad tanto con el método de la Divergencia Transformada como el de Jeffries-Matusita.

Primero se calcula la divergencia a partir de la siguiente expresión:

$$D_y = \frac{1}{2} \text{tr}((C_i - C_j)(C_i^{-1} - C_j^{-1})) + \frac{1}{2} \text{tr}((C_i^{-1} - C_j^{-1})(\mu_i - \mu_j)(\mu_i - \mu_j)^T)$$

$i, j$  son dos firmas correspondientes a 2 clases,

$C_i$  es la matriz de varianzas-covarianzas para la firma  $i$

$\mu_i$  es el vector de medias para la firma  $i$

La divergencia transformada será:

$$TD_y = 2000 \left( 1 - \exp\left(\frac{-D_y}{8}\right) \right)$$

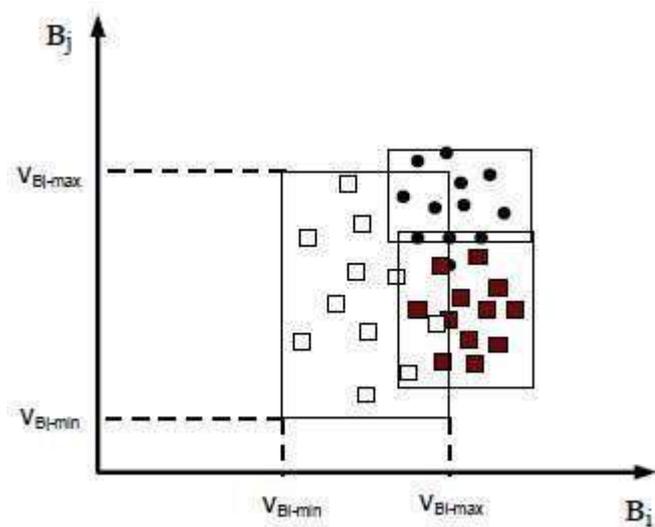
La escala de los valores varía entre 0 y 2. Si el valor resultante es mayor de 1.9, las clases son separables; y si son menores de 1.7 las clases son poco separables y habría que tomar nuevas muestras representativas.

#### *Etapa de clasificación*

La etapa final de la clasificación corresponde a la agrupación de los Niveles Digitales de toda la imagen alrededor de las clases temáticas definidas en el proceso de muestreo. Existen diversos procedimientos matemáticos para analizar los patrones espectrales por medio de la clasificación supervisada. El tipo de clasificación óptimo dependerá del tipo y procesado de la imagen, datos disponibles e información que se quiera identificar.

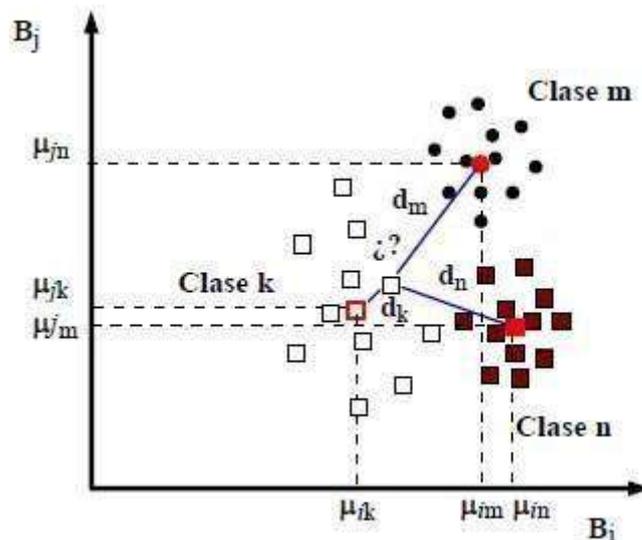
- La clasificación por Paralelepípedos permite señalar al usuario unos umbrales de dispersión asociados a cada clase. Consiste en determinar los valores máximos y mínimos para cada clase en cada banda. Los píxeles que se encuentren dentro de los valores envolventes son asignados a esa clase, en caso contrario quedan sin asignar, se muestra en la siguiente imagen.

Figura 10. Clasificación por paralelepípedos



- La clasificación por Mínima distancia consiste en la determinación de las medias de cada asignación se realiza hacia la clase con menor distancia. Algunos de los píxeles quedarán sin clasificar si se introduce una distancia máxima o una desviación estándar máxima, se muestra en la siguiente imagen.

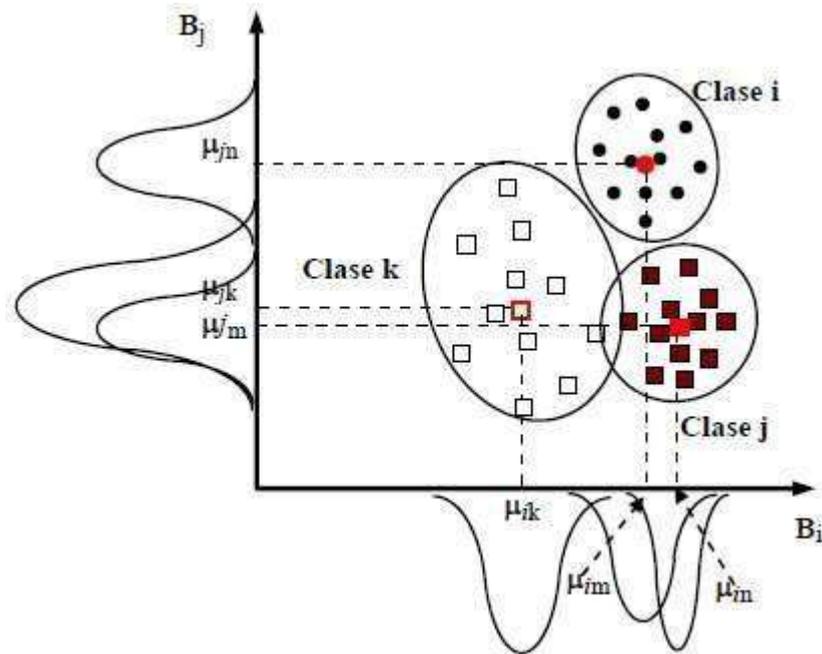
Figura 11. Clasificación por mínima distancia



- En la clasificación de Máxima verosimilitud, el píxel se asigna a aquella clase con la que posee mayor probabilidad de pertenencia. Evalúa la varianza y covarianza de cada vector característico desconocido para asignárselo a una categoría espectral. Se crean elipses de "Iso-probabilidad" en el espacio de características. La forma y orientación de estas elipses expresa

la sensibilidad del clasificador a la variabilidad y covarianza entre clases, se muestra en la siguiente imagen.

Figura 12. Clasificación por Máxima Verosimilitud



#### *Etapa de análisis de precisión y verificación de resultados*

El análisis de precisión es un paso fundamental durante el proceso de clasificación digital. La calidad hace referencia a la totalidad de las características de un producto que tienen que ver con sus aptitudes para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas. En cartografía, se considera el control topológico y temático de la cartografía generada.

Un método apropiado para la evaluación es mediante matrices de confusión que compara los resultados de la clasificación frente a los datos de validación obtenidos en el campo, obteniéndose:

- Precisión global cuantificando el número de píxeles clasificados correctamente.
- Precisión del productor que establece la probabilidad de que un píxel de una determinada clase esté correctamente clasificado.
- Precisión del usuario que calcula la probabilidad de que un píxel clasificado como una clase determinada corresponda realmente a dicha clase.
- Coeficiente Kappa que calcula la correspondencia entre la imagen clasificada y la realidad según la exactitud de la clasificación y eliminando el factor azar.

Precisión global	$P = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ii}}{N}$
Precisión del productor	$P_p = x_{ii} / x_{\Sigma i}$
Precisión del usuario	$P_u = x_{ii} / x_{i\Sigma}$
Coefficiente Kappa	$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^m x_{ii} - \sum_{i=1}^m x_{i\Sigma} x_{\Sigma i}}{N^2 - \sum_{i=1}^m x_{i\Sigma} x_{\Sigma i}}$
<p><math>m</math> = número total de clases.  <math>N</math> = número total de píxeles en las <math>m</math> clases de referencia.  <math>x_{ii}</math> = elementos de la diagonal de la matriz de confusión.  <math>x_{i\Sigma}</math> = suma de los píxeles de la clase <math>i</math> de referencia.  <math>x_{\Sigma i}</math> = suma de los píxeles clasificados como la clase <math>i</math>.</p>	

- Máquina Soporte Vector (SVM)

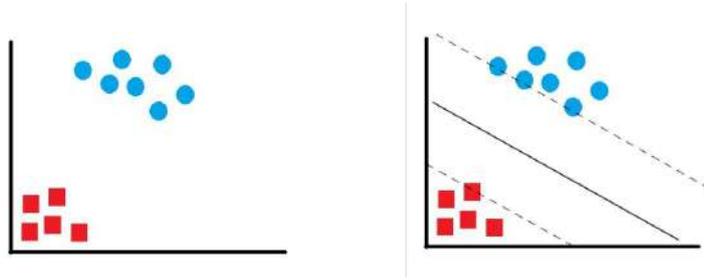
Las Máquinas de Soporte Vectorial (Support Vector Machines SVMs) son un conjunto de algoritmos de aprendizaje supervisados que desarrollan métodos relacionados con los problemas de clasificación y regresión.

Como en la mayoría de los métodos de clasificación supervisada, los datos de entrada (los puntos) son vistos como un vector  $p$ -dimensional (una lista de  $p$  números). Dado un conjunto de puntos como un subconjunto de un conjunto mayor (espacio), en el que cada uno de ellos pertenece a una de dos posibles categorías, de manera que un algoritmo basado en SVM construye un modelo capaz de predecir si un punto nuevo (cuya categoría desconocemos) pertenece a una categoría o a la otra.

La SVM, es un modelo que partiendo de un conjunto de ejemplos de entrenamiento, puede etiquetarlos en diferentes clases y representar dichas muestras en puntos en el espacio para tratar de separar las diferentes clases mediante un espacio lo más amplio posible, para que cuando las nuevas muestras de los casos de test se pongan en correspondencia con dicho modelo puedan ser clasificadas correctamente en función de su proximidad.

En ese concepto de “separación óptima” es donde reside la característica fundamental de las SVM: este tipo de algoritmos buscan el hiperplano que tenga la máxima distancia (margen) con los puntos que estén más cerca de él mismo. Por eso también a veces se les conoce a las SVM como clasificadores de margen máximo. De esta forma, los puntos del vector que son etiquetados con una categoría estarán a un lado del hiperplano y los casos que se encuentren en la otra categoría estarán al otro lado.

Figura 13. Máquinas Soporte Vector



La manera más simple de realizar la separación es mediante una línea recta, un plano recto o un hiperplano N-dimensional, pero los universos a clasificar no se suelen presentar en el ideal de las dos dimensiones como ocurre en el ejemplo gráfico, sino que un algoritmo SVM debe tratar con más de dos variables predictoras, curvas no lineales de separación, casos donde los conjuntos de datos no pueden ser completamente separados, clasificaciones en más de dos categorías. La representación por medio de funciones núcleo ó Kernel ofrece una solución a este problema, proyectando la información a un espacio de características de mayor dimensión el cual aumenta la capacidad computacional de las máquinas de aprendizaje lineal.

### Clasificación no supervisada

Es un clasificador que usa algoritmos para agregar píxeles en grupos naturales o clúster con características espectrales similares presentes en la imagen. En este tipo de proceso, el analista no interviene en el proceso de clasificación y no existen áreas de entrenamiento. Aunque los resultados son poco exactos, es un paso obligado porque sirve para que el intérprete pueda asociar tipos de coberturas a los clústeres generados con información auxiliar.

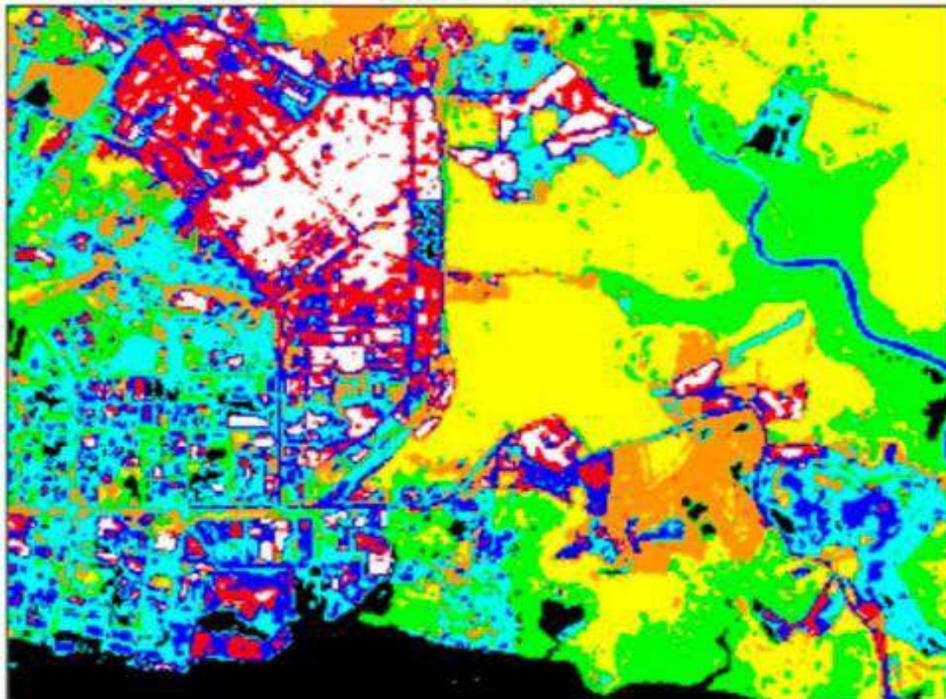
Cuando se realiza este proceso hay que comprobar una a una cada correspondencia entre la clase espectral y la clase temática. Si existe la opción de introducir un número de clases, habrá que determinar el máximo de clases en función de las clases temáticas previstas y añadir otras situaciones circunstanciales como puede ser la presencia de nubes, nieve, zonas de sombra, etc. Tomemos el ejemplo para una imagen SPOT.

Figura 14. Imagen multiespectral SPOT



Fuente: <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/process.htm>

Figura 15. Mapa temático derivado de la imagen SPOT utilizando un algoritmo no supervisado de clasificación



Fuente: <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/process.htm>

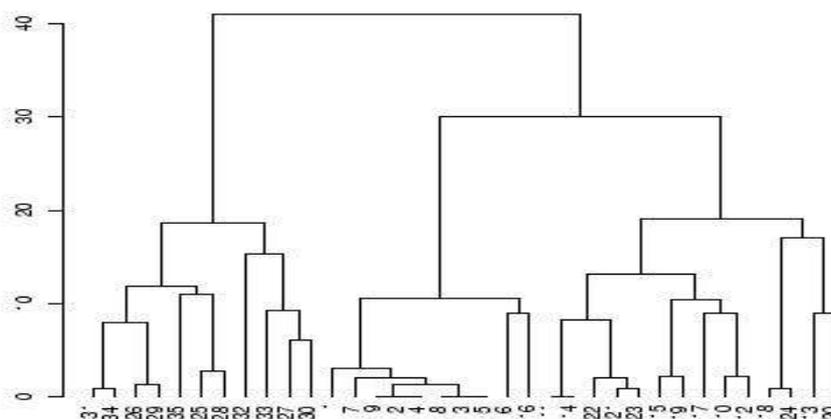
A continuación, se muestra una asignación de tipos de coberturas terrestres a las clases temáticas. La exactitud del mapa temático derivado debería verificarse mediante observación de campo.

Clase No. (Color en el Mapa)	Tipo de cobertura terrestre
1 (negro)	Agua clara
2 (verde)	Bosque denso con dosel cerrado
3 (amarillo)	Arbustos, Bosque menos denso
4 (naranja)	Césped
5 (cian)	Suelo desnudo, áreas urbanizadas.
6 (azul)	Agua turbia, suelo desnudo, zonas urbanizadas.
7 (rojo)	suelo desnudo, áreas urbanizadas
8 (blanco)	suelo desnudo, áreas urbanizadas

Operativamente, se utilizan algoritmos de clasificación automática multivariante como el clustering. Este consta de N pasos, siendo N el número total de individuos a clasificar. En cada uno de los pasos se van a identificar los dos individuos más próximos, se crea una clase con ellos y se sustituyen por el centroide de la clase resultante. Así, cada paso analiza un individuo menos que el anterior, ya que los individuos son sustituidos por clases. El proceso finaliza cuando se ha alcanzado un número de clases igual al número de clases que se estableció a priori (Alonso, 2006).

El resultado final de un proceso de clustering suele ser un dendrograma (figura 16) que muestra cómo los diversos individuos se agrupan en clases (en primer lugar, los que están a una menor distancia, los más parecidos) y cómo, después, las clases se unen entre sí. A partir de un dendrograma es posible escoger el número de clases que se van a mantener. Por ejemplo, se observan claramente tres grupos identificados. Cuando este proceso se utiliza en teledetección se clasifican todos los píxeles; no es muy práctica la salida de la información a través de un dendrograma, en su caso, la información sale mediante un mapa en el que los píxeles surgen adjudicados a las diferentes clases (por ello es imprescindible elegir a priori el número de clases) (Alonso, 2006).

Figura 16. Dendrograma a partir de los píxeles de las áreas de entrenamiento



Fuente: <https://www.um.es/geograf/sig/teledet/clasific.html>

## CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

El Senamhi ha elaborado el estudio de “climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática” tomando como periodo de referencia 1981 al 2010, presenta los climas considerando características climáticas de temperatura, precipitación y evapotranspiración.

Tabla 6. Climas determinados para el distrito de Carabayllo.

Color	Simbología	Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje área Distrital (%)
	D (i) B'	Semiárido con invierno seco. Templado.	4.62	1.85
	E (d) B'	Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Templado	350.54	98.15

Fuente: Propia en base al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

## GEOMORFOLOGÍA

El sector de río seco, ubicado en el distrito de Carabayllo es predominantemente conformado por vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.

Tabla 7. Unidades Geomorfológicas para el distrito de Carabayllo.

Símbolo	Unidad	Área Km <sup>2</sup>	Porcentaje área distrito (%)
RM-rvs	Montaña en roca volcano-sedimentaria	131.89	36.93%
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	80.55	22.55%
RM-ri	Montaña en roca intrusiva	66.87	18.73%
PI-al	Llanura o planicie aluvial	36.98	10.36%
RCL-rvs	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria	18.80	5.26%
RCL-rs	Colina y lomada en roca sedimentaria	7.46	2.09%
Ti	Terraza indiferenciada	5.61	1.57%
RCL-ri	Colina y lomada en roca intrusiva	4.99	1.40%
Río	Cauce del río	3.53	0.99%
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria	0.23	0.06%
V-d	Vertiente coluvial de detritos	0.22	0.06%
<b>Total</b>		<b>357.13</b>	<b>100%</b>

Fuente: Propia en base al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú.

**Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs):** Esta unidad presenta montañas con laderas empinadas, cimas redondeadas, crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 25°. Asimismo, sus elevaciones alcanzan los 4400 m.s.n.m.

**Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at):** Esta unidad presenta planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de las estribaciones andinas o los sistemas montañosos. Su origen parte de la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales y precipitaciones pluviales, y las que se producen de manera excepcional. Es susceptible a remoción por flujo de detritos y por erosión fluvial en las márgenes de las quebradas.

**Montaña en roca intrusiva (RM-ri):** Se encuentran conformado por elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta de hasta 70°, compuesto por rocas intrusivas de la Formación Yarabamba.

**Llanura o planicie aluvial (Pl-al):** Se encuentra asociada a la planicie costanera y los conos deyeativos antiguos. Constituye una sucesión de abanicos aluviales antiguos que, en vista horizontal, se asemejan a conos con acumulación de material heterogéneo y de diferente tamaño (gravas, arenas, limos y arcillas), y, en vista de perfil, muestran una forma cóncava hacia arriba. Se presenta frecuentemente en zonas semiáridas, acumulados por quebradas estacionales o intermitentes o por torrentes de ríos, cuya carga de sedimentos que transportan disminuye hacia un sector llano y abierto.

**Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (RCL-rs):** Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas de baja a moderada pendiente.

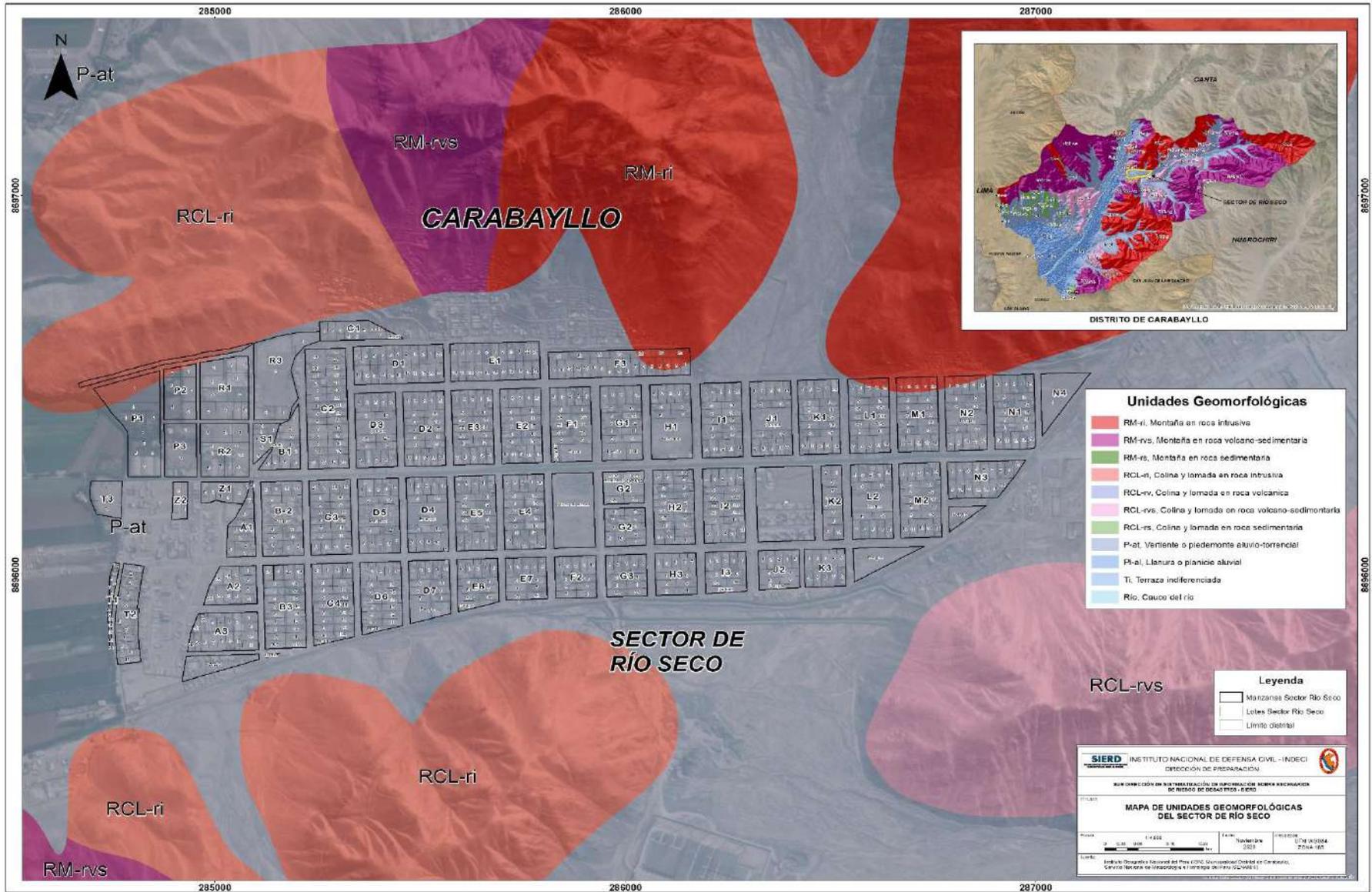
**Terraza indiferenciada (Ti):** Subunidad geomorfológica conocida también como terrazas poligénicas, se forma por la fusión de numerosas terrazas de diferentes edades.

**Colina y lomada en roca intrusiva (RCL-ri):** Corresponde a afloramientos de rocas intrusivas reducidos por procesos denudativos, conforman elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendiente moderada a baja.

**Montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** Estas formas litológicamente están formadas por rocas sedimentarias tipo limoarcillitas y areniscas.

**Vertiente coluvial de detritos (V-d):** Son depósitos inconsolidados acumulados en las laderas de montañas o colinas, en forma de taludes de detritos de origen coluvial de edad reciente, que descienden hacia los valles principales o quebradas tributarias.

Mapa 4. Unidades Geomorfológica en el Sector Río Seco



## GEOLOGÍA

El sector de río seco, ubicado en el distrito de Carabaylo es predominantemente conformado por depósito aluvial antiguo (Qp-al).

Tabla 8. Unidades Geológicas para el distrito de Carabaylo

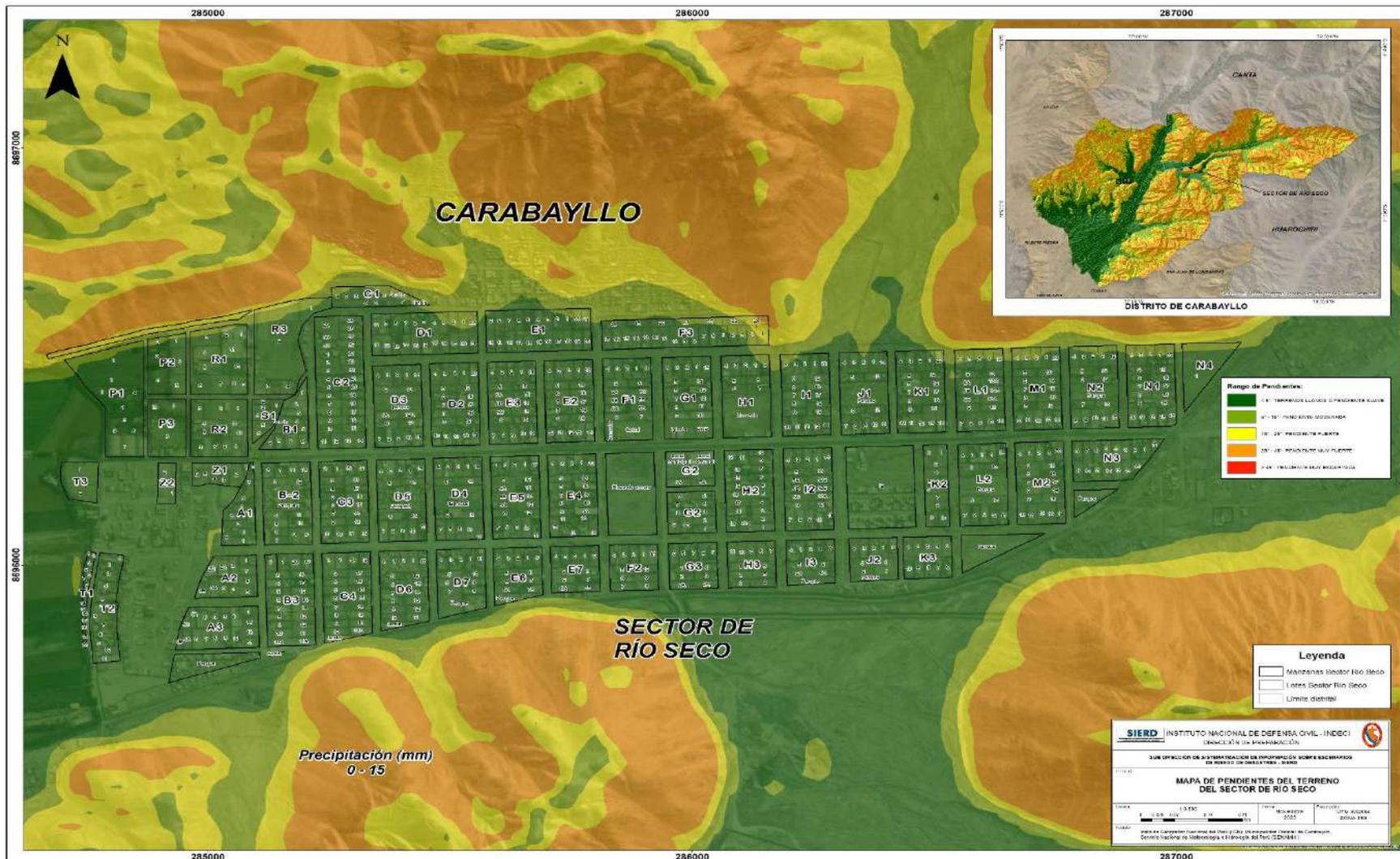
Símbolo	Unidad	Descripción	Área	Porcentaje
<b>Qp-al</b>	Depósito	Acumulación de grava,	89.39	25.03%
<b>Kis-qui</b>	Formació	Tobas vitreas y derrames	81.96	22.95%
<b>Kis-hua</b>	Formació	Aglomerados, andesitas	44.80	12.55%
<b>Ks-</b>	Batolito	Tonalita, diorita	37.40	10.47%
<b>Qh-al</b>	Depósito	Acumulación de grava,	21.90	6.13%
<b>Ki-pa</b>	Formació	Areniscas, lutitas y calizas,	18.79	5.26%
<b>Ki-y</b>	Formació	Andesitas masivas, lodolitas,	15.87	4.44%
<b>Ks-</b>	Batolito	Gabrodiorita	10.94	3.06%
<b>Ki-at</b>	Formació	Calizas gris claras micriticas a	10.28	2.88%
<b>Ks-and</b>	Andesita	Andesita	8.74	2.45%
<b>Ks-</b>	Batolito	Tonalita, granodiorita	8.21	2.30%
<b>Ks-dol</b>	Dolerita	Dolerita	5.03	1.41%
<b>Q-eo</b>	Depósito	Arenas cuarzosas formando	2.85	0.80%
<b>Ki-pi</b>	Formació	Lutitas tobáceas muy	0.47	0.13%
<b>Ki-mar</b>	Formació	Areniscas cuarzosas de grano	0.43	0.12%
<b>JsKi-sr</b>	Formació	Volcánicos andesíticos,	0.07	0.02%
<b>Total</b>			<b>357.13</b>	<b>100.00%</b>

## PENDIENTE DEL TERRENO

El análisis de pendientes permite identificar las zonas de mayor o menor probabilidad de ocurrencia de peligros asociados a lluvias intensas, dado que es un factor condicionante para las inundaciones. En ese sentido, para identificar las zonas de mayor y menor pendiente en el sector de río Seco, se utilizó la imagen satelital Spot, obtenida y procesada por la Agencia Espacial del Perú –CONIDA. Cuenta con una resolución espacial de 5 metros y se encuentra en el sistema WGS84.



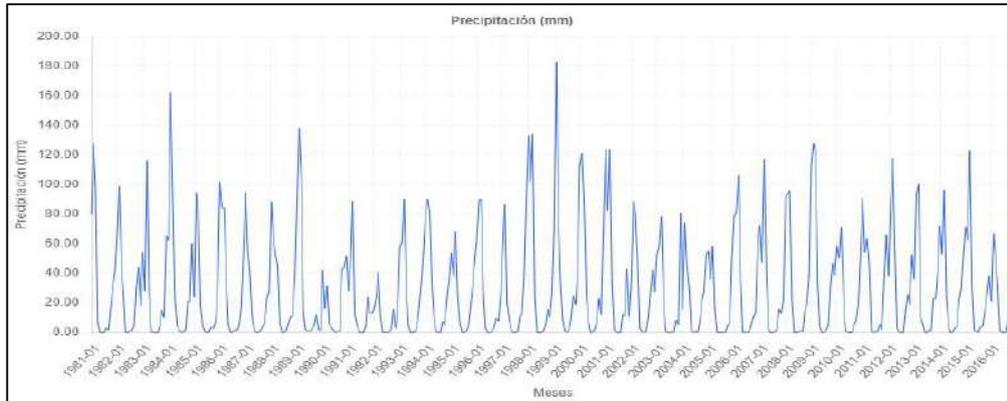
Mapa 6. Variación de Pendiente en el Sector Río Seco



## PRECIPITACIÓN

De acuerdo con la figura 18, es posible ver que hubo una variación en la precipitación entre las décadas de 1981 y 1990, la precipitación acumulada fue mayor que en los años 1983, 1989, 1998, 2002 y 2009. Esta variación es más evidente en la categoría de precipitación máxima, que en las precipitaciones media y mínima. Con esto, se puede inferir que existen picos en los volúmenes de precipitación en décadas alternadas, lo que puede estar relacionado con patrones de teleconexión entre trópicos-trópicos y trópicos-extratrópicos que pueden resultar en variaciones de precipitación entre décadas, requiriendo mayores investigaciones.

Figura 17. Serie temporal de la precipitación anual

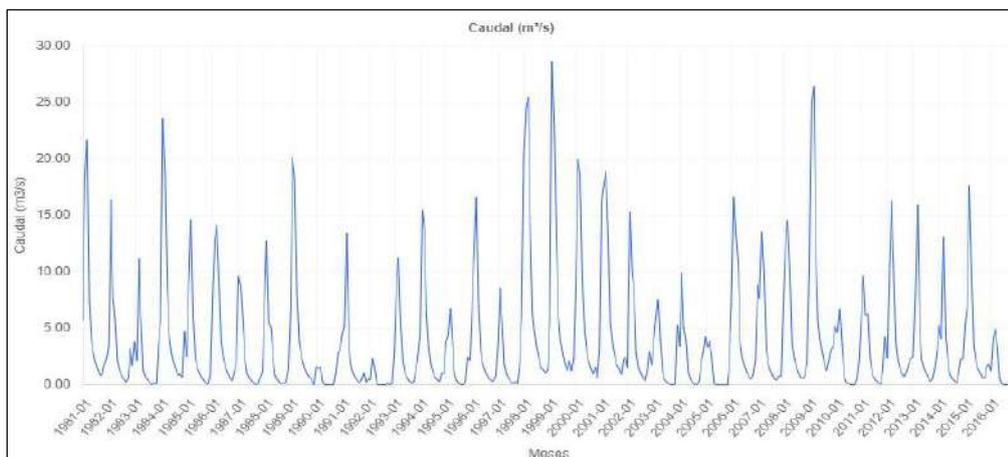


Fuente: Senamhi

## CAUDAL

El periodo analizado corresponde a 1981-2016, de la serie analizada se puede observar que los caudales máximos se registraron los años 1983, 1998 y 2009.

Figura 18. Serie mensual de caudal Cuenca del río Chillón



Fuente: Senamhi

## COMITÉ TÉCNICO DE ESTUDIO DEL FENÓMENO “EL NIÑO” (ENFEN)

Mediante comunicado oficial ENFEN N°20-2023, La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, ya que se espera que El Niño costero (región Niño 1+2, Figura 19) se prolongue hasta inicios de otoño 2024, como consecuencia de la alta probabilidad del desarrollo de El Niño en el Pacífico central.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, en la región Niño 1+2, pese a la reciente disminución de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), es más probable que las condiciones cálidas moderadas se mantengan hasta febrero 2024. Para el siguiente verano, en promedio, las magnitudes más probables de El Niño costero es moderada (54 %).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4) se espera que El Niño continúe su desarrollo hasta inicios de otoño de 2024, alcanzando su máxima intensidad entre diciembre y enero. Las magnitudes más probables de El Niño en el Pacífico Central para el verano son fuerte (45%) y moderada (41 %). Figura 16.

Figura 19. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y la Niña costeros (región 1+2) para el verano diciembre 2023-marzo 2024. Fuente ENFEN.

Magnitud del evento diciembre 2023-marzo 2024	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	0
La Niña Débil	0
Neutro	3
El Niño Débil	20
El Niño Moderado	54
El Niño Fuerte	22
El Niño Extraordinario	1

Figura 20. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y la Niña en el Pacífico Central (región 3.4) para el verano diciembre 2023-marzo 2024. Fuente ENFEN.

Magnitud del evento diciembre 2023-marzo 2024	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	0
La Niña Débil	0
Neutro	0
El Niño Débil	3
El Niño Moderado	41
El Niño Fuerte	45
El Niño Muy fuerte	11

## TENDENCIA ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN SECTOR RÍO SECO

La tendencia (1981-2016) usando la base de datos PISCO<sup>6</sup> del punto ubicado en el sector río seco con Latitud: -11.78 y Longitud: -76.95 con una altitud de 747 msnm, permite conocer el comportamiento de la precipitación en el tiempo y con ello determinar si existe un progresivo cambio establecido en base a registro de información lo más extensa posible, estas son de utilidad para implementar acciones en la marco de la gestión del riesgo de desastres en zonas vulnerables a eventos climáticos.

La Figura 21, muestra la serie de precipitación total anual para el sector Río Seco. El valor de la tendencia anual es 2.88 mm/década, nos indica que existe evidencia del crecimiento de los acumulados de precipitación total anual a lo largo del periodo comprendido entre 1981 al 2016.

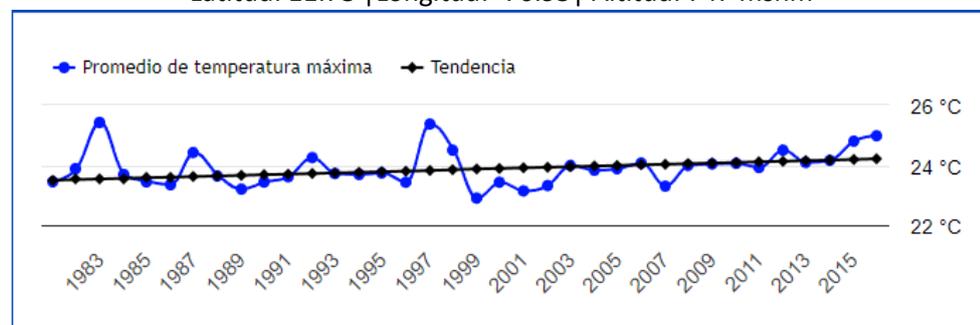
Figura 21. Precipitación total anual. Tendencia anual de la precipitación Sector Río Seco Latitud: 11.78 | Longitud: -76.95 | Altitud: 747 msnm



Fuente: Aplicativo Web TENDHIS del SENAMHI.

La Figura 22, muestra la temperatura máxima media anual para el sector Río Seco. La tendencia es de 0.20 °C/década indica que existe evidencia de un aumento progresivo de la temperatura del periodo comprendido entre 1983 al 2016.

Figura 22. Temperatura máxima anual. Tendencia +0.20°C/dec - Sector Río Seco Latitud: 11.78 | Longitud: -76.95 | Altitud: 747 msnm



<sup>6</sup> Resultados de la combinación de datos provenientes de estaciones meteorológicas, y productos satelitales, obteniéndose valores de precipitación y temperatura espacializada en mallas o grillas con alta resolución espacial.

Fuente: Aplicativo Web TENDHIS del SENAMHI.

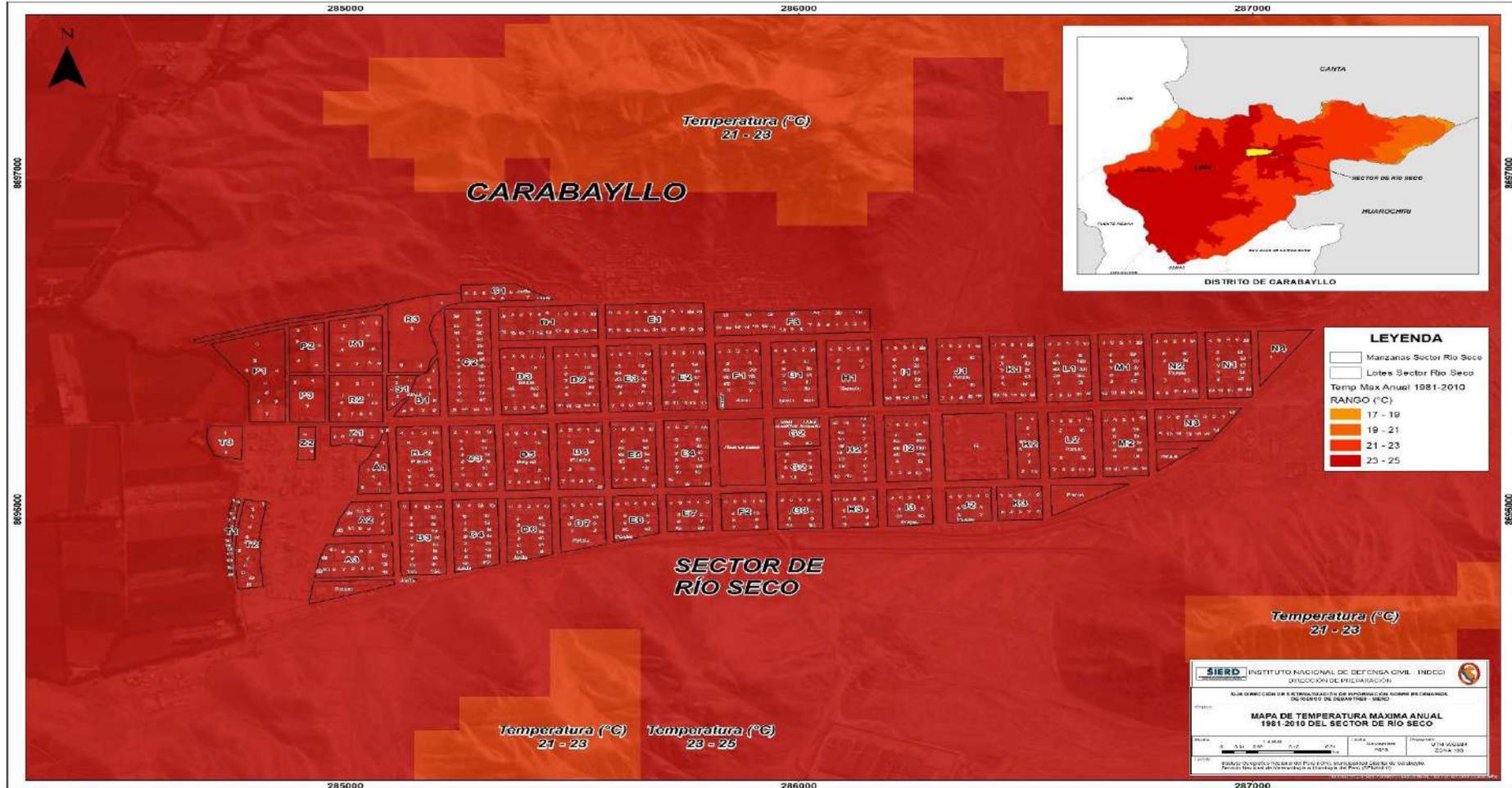
## CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

- TENDENCIAS CLIMÁTICAS

### *Temperatura Máxima (1981-2010)*

El mapa anual de temperatura máxima del Perú corresponde al promedio multianual teniendo como referencia el periodo de 1981 al 2010 para el cálculo de las normales climáticas. Para el análisis de la variabilidad térmica, se toma en consideración los factores dominantes que controlan el clima que incluyen sistemas de circulación atmosférica a escala sinóptica, patrones de la temperatura superficial del mar y corrientes oceánicas, así como factores topográficos, orográficos e hidrográficos locales. En la figura xx se observa que la temperatura máxima histórica para el sector de río seco, fluctúa de 23 a 25 °C.

Mapa 7. Tendencia de la Temperatura Máxima Anual 1981-2010



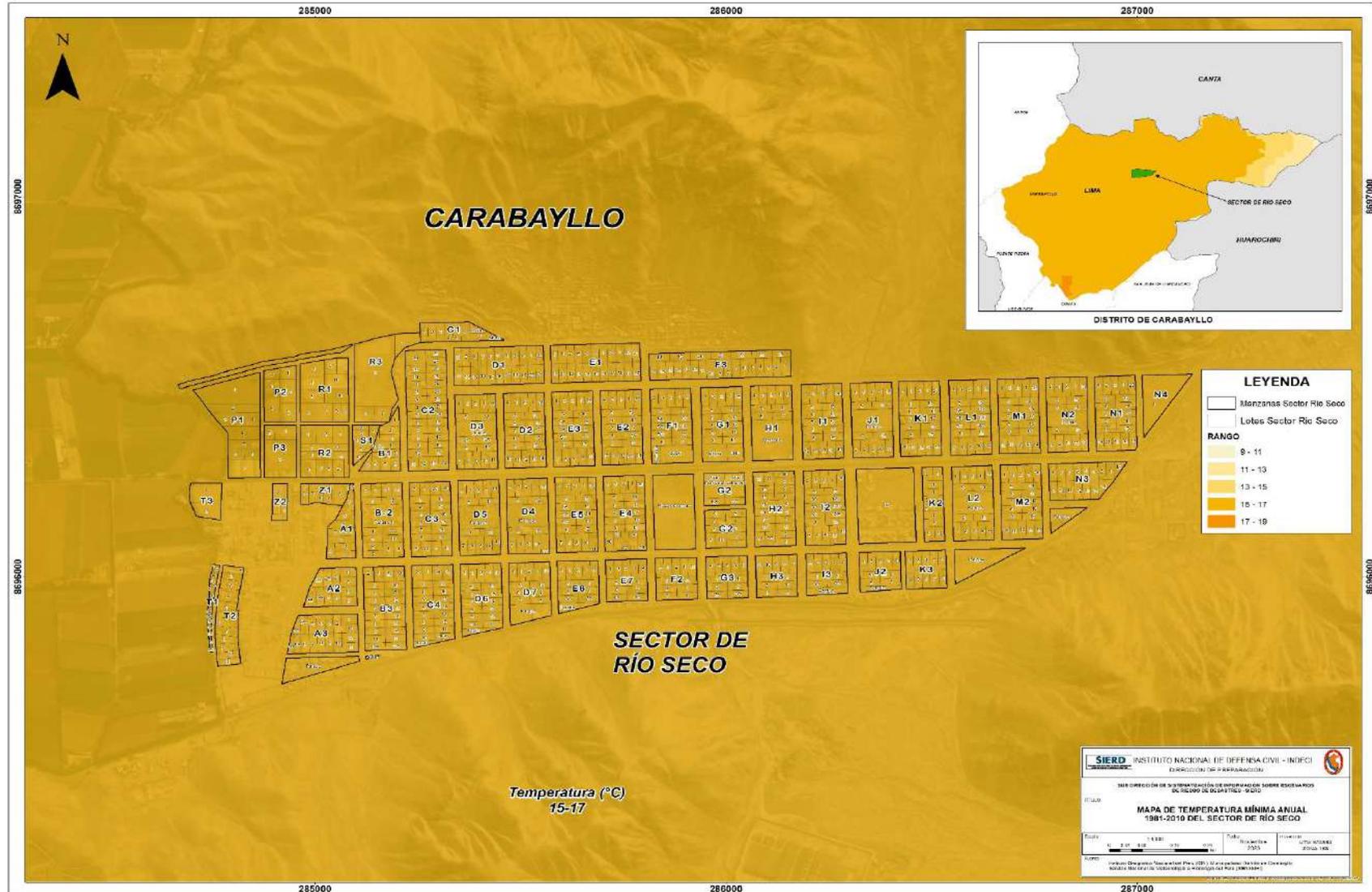
### **Temperatura Mínima (1981-2010)**

El mapa anual de temperatura mínima corresponde al promedio multianual teniendo como referencia el periodo de 1981 a 2010 para el cálculo de las normales climáticas. Para el análisis anual de la variabilidad térmica, se toma en consideración los factores dominantes que controlan el clima incluyen sistemas de circulación atmosférica a escala sinóptica, patrones de la temperatura superficial del mar y corrientes oceánicas, así como factores topográficos, orográficos e hidrográficos locales. En la figura xx se observa que la temperatura mínima histórica para el sector de río seco, fluctúa de 15 a 17 °C.

### **Precipitación (1981-2010)**

El mapa anual de precipitación corresponde al acumulado multianual teniendo como referencia el periodo de 1981 a 2010. Para el análisis de la evolución de la precipitación se tiene en consideración los factores dominantes que modulan las lluvias que incluyen sistemas de circulación atmosférica a escala sinóptica, patrones de la temperatura superficial del mar y corrientes oceánicas, así como factores topográficos, orográficos e hidrográficos locales. En la figura xx se observa que la precipitación acumulada anual en la mayor parte del sector de río seco, fluctúa de 20 a 50 mm.

Mapa 8. Tendencia de la Temperatura Mínima Anual 1981-2010





## HERRAMIENTA KOBOTOOLBOX

El KoboToolbox es una poderosa herramienta para recopilación y gestión de datos, incluido el diseño de encuestas, la implementación de formularios, el uso de dispositivos móviles para recopilar datos, la creación de informes y la visualización y descarga de datos. Software gratuito y de código abierto que funciona tanto en línea como fuera de línea.

El primer paso para el uso de KoboToolbox es crear una cuenta, luego activarla utilizando el enlace enviado por correo electrónico.

Posterior a ello puede iniciar sesión a través de los siguientes enlaces o la página de registro (<https://www.kobotoolbox.org/sign-up/>) con su nombre de usuario y contraseña.

Tabla 9. Enlaces de acceso a la plataforma KoboToolbox

Servidor	URL
Servidor global KoboToolbox	Kf.kobotoolbox.org
Servidor KoboToolbox de la Unión Europea	Eu.kobotoolbox.org

Una vez que hayas iniciado sesión en su cuenta de KoboToolbox, puede comenzar a construir su formulario de recopilación de datos.<sup>7</sup>

Luego para recopilar los datos puede introducir el link del formulario en el navegador de cualquier dispositivo (ordenador, iPhone, Android) o utilizar la aplicación KoboCollect<sup>8</sup> para dispositivos Android así como la aplicación GIC Collect<sup>9</sup> para dispositivos iPhone y iPad.

KoboToolbox cumple con el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea. Los servidores de KoboToolbox están alojados en Amazon Web Services (AWS). La descripción de algunas de las características de la herramienta KoboToolbox, se señalan a continuación.

### **Potente desarrollo de formularios**

- Permite crear cuestionarios rápidamente con herramientas intuitivas
- Elegir entre 25 tipos de preguntas cuantitativas y cualitativas.
- Editar formularios en Excel para necesidades complejas con el estándar XLSForm.
- Utilizar lógica de omisión y validación para obtener datos de alta calidad
- Traducir formularios a varios idiomas.
- Cree plantillas de formulario personalizadas o utilice preguntas de nuestra biblioteca.

<sup>7</sup> Se detalla en el Anexo 4: Manual para el Uso de la Herramienta KoboToolbox.

<sup>8</sup> Se detalla en el Anexo 5: Manual para el uso de la aplicación KoboCollect.

<sup>9</sup> Se detalla en el Anexo 6: Manual para el uso del aplicativo GIC Collect

### ***Recopilación y análisis de datos***

- Recopilar datos en línea o sin conexión, en cualquier dispositivo.
- Recopilar datos utilizando la aplicación de Android iPhone y iPad o un navegador web.
- Revisar y validar datos en tiempo real.
- Visualice datos con mapas e informes personalizados.
- Escale proyectos fácilmente, para docenas o millones de encuestados.
- Descargue datos en XLS, CSV, KML, ZIP o GeoJSON

### ***Gestión de proyectos y equipos***

- Permite compartir proyectos y datos utilizando opciones de permisos detalladas.
- Conecta dinámicamente los datos recopilados de múltiples proyectos.
- Integra con otras herramientas a través de su potente API.
- Agrega un número ilimitado de recolectores de datos y colaboradores de proyectos.
- Permite crear un número ilimitado de proyectos.

### ***Seguro y flexible***

- Interfaz de usuario intuitiva, disponible en varios idiomas.
- Los datos son propiedad del usuario, con control total de acceso a los datos.
- Acuerdos de procesamiento gratuito de datos (DPA) disponibles previa solicitud para el pleno cumplimiento del RGPD.
- Funciones personalizadas, servidores independientes seguros y soporte disponible bajo demanda.
- Altos estándares de seguridad de datos por diseño.

## ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

Tabla 10. Principales indicadores de población y territorio

Provincia (Lima - Carabayllo)	Población 2007 1a/	Población 2017 1a/	Población 2020 1b/	Tasa anual de crecimiento o poblacion al (2007 - 2017) 1a/	Tasa anual de crecimiento o poblacion al (2017 - 2020) 1a/	Población de niños menores de un año (CENSO 2017) 1a/	Población mayor de 80 años, 2020 1b/	Población con Discapaci dad 2020 1b/	Superficie (km <sup>2</sup> ) 2/	Densidad poblacion al 2020	No. de Centros Poblados 3/
CARABAYLLO	218,780	350,989	311,703	4.8%	-3.9%	5687	3139	2368	303.31	1027.671359	31

(\*\*) Estas provincias / distritos fueron creados años después del Censo 2007.

1a/ Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Nota: (i) La población 2007 corresponde a las cifras de INEI (2010), Boletín especial N°21 "Perú: estimaciones y proyecciones de la población total y edades quinquenales". Descargado desde: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib1010/index.htm>. (ii) La población 2017 corresponde a la población total (población censada y población omitida, estimada por el INEI) de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

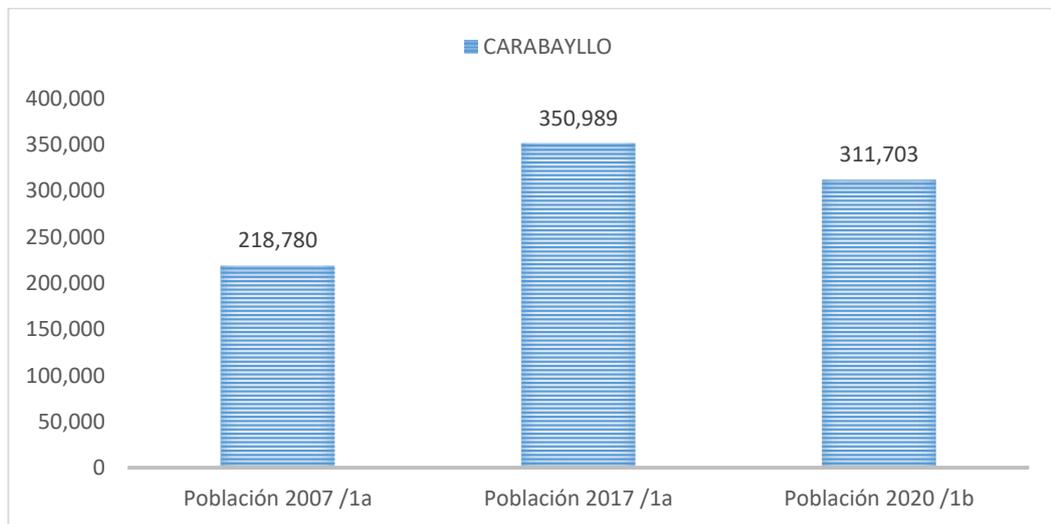
1b/ Fuente: Registro Nacional de Identidad y Estado Civil (RENIEC). Nota: La población 2020 corresponde a la población identificada con DNI al 31/12/20 que reside en Perú, de los registros de RENIEC (las cifras no incluyen a la población sin DNI). La población asignada a cada distrito está sujeta a la dirección declarada en el DNI. Descargado desde: <https://portales.reniec.gob.pe/web/estadistica/baseDatos> (Consultado el 23/01/2020).

2/ Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Nota: Se incluyen 4,996.28 km<sup>2</sup> de superficie lacustre, 102.86 km<sup>2</sup> de superficie insular y 6.0 km<sup>2</sup> de superficie insular departamental. De acuerdo a la Quinta Disposición Transitoria y Final de la Ley N° 27795, Ley de Demarcación y Organización Territorial, "en tanto se determina el saneamiento de los límites territoriales, conforme a la presente Ley, las delimitaciones censales y/u otros relacionados con las circunscripciones existentes son de carácter referencial".

3/ Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - directorio nacional de Municipalidades Provinciales, Distritales y de Centros Poblados, 2019. Enlace de descarga: <https://afly.co/b533>

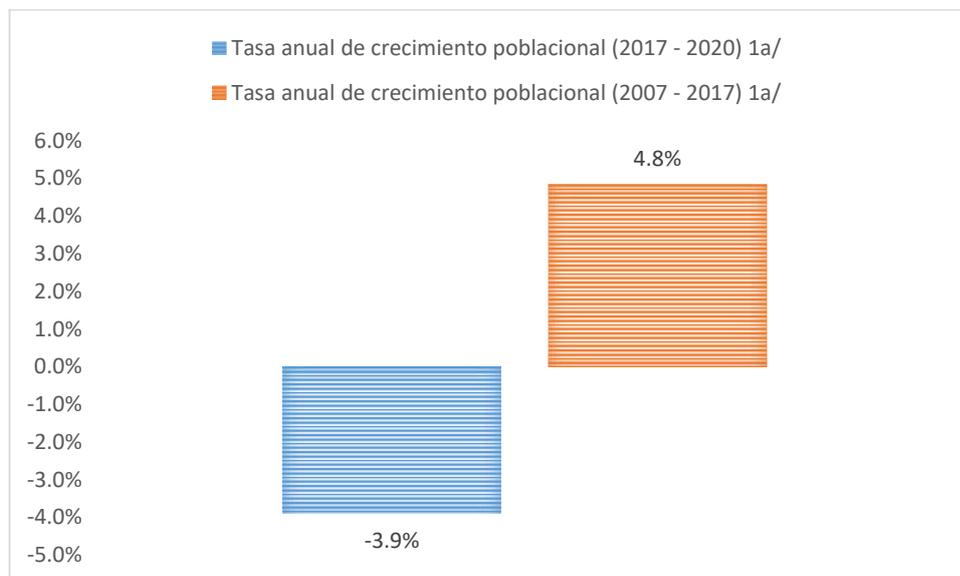
Fecha de elaboración: 08 de junio 2023.

Figura 23. Comparativo de la población total en el distrito de Carabayllo



Fuente: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN) - Dirección Nacional de Seguimiento y Evaluación (DNSE). Fecha de elaboración: Noviembre 2023

Figura 24. Comparativo de la tasa anual de crecimiento de la población total en el distrito de Carabayllo (2007, 2017 y 2020)



Fuente: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN) - Dirección Nacional de Seguimiento y Evaluación (DNSE). Fecha de elaboración: noviembre 2023

Tabla 11. Principales indicadores de la natalidad de la población (2019)

Provincia (Lima - Carabayllo)	Población de niños menores de un año (CENSO 2017) 1a/	CNV: Número anual de nacidos vivos según distrito de residencia habitual de la madre (2020) 5/	CNV: Número anual de nacidos vivos con bajo peso según distrito de residencia habitual de la madre (2020) 5/	CNV: Porcentaje de nacidos vivos con bajo peso al nacer (2019) 5/ 6/
CARABAYLLO	5687	4480	232	5.2

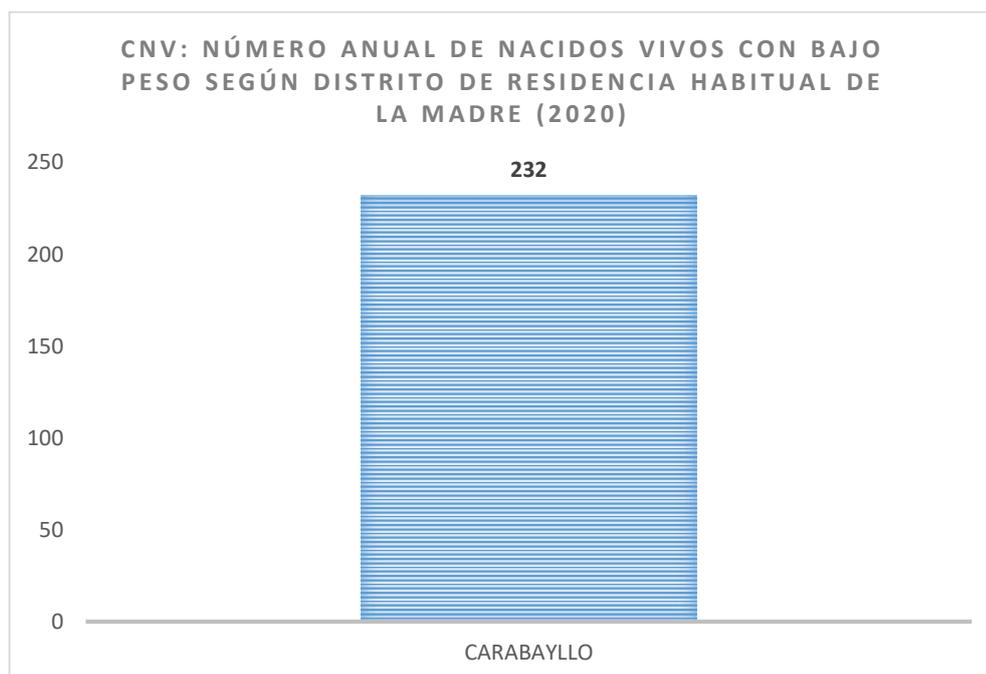
1a/ Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Nota: (i) La población 2007 corresponde a las cifras de INEI (2010), Boletín especial N°21 "Perú: estimaciones y proyecciones de la población total y edades quinquenales". Descargado desde: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib1010/index.htm>. (ii) La población 2017 corresponde a la población total (población censada y población omitida, estimada por el INEI) de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

5/ Fuente: Ministerio de Salud (MINSA) - Oficina General de Tecnologías de la Información (enviado el 7 de mayo 2021)- Sistema de Registro del Certificado de Nacido Vivo en línea (CNV), de enero a diciembre de 2020. Estos datos corresponden a los niños nacidos vivos registrados en el sistema de información en línea según distrito de residencia habitual de la madre. No incluye datos de formatos manuales de CNV (que en el 2019 corresponden a alrededor de 15,000 registros de formatos manuales a nivel nacional).

6/ Fuente: Ministerio de Salud (MINSA) - Oficina General de Tecnologías de la Información (enviado el 7 de mayo 2021)- Sistema de Registro del Certificado de Nacido Vivo en línea (CNV), de enero a diciembre de 2020. Porcentaje de niños de bajo peso al nacer (menor de 2500 gramos) respecto del total de niños nacidos vivos, según distrito de residencia habitual de la madre, registrados en línea en el Sistema de Registro del Certificado de Nacidos Vivos en Línea (CNV). No incluye datos de formatos manuales de CNV.

Fecha de elaboración: 12 de junio de 2020.

Figura 25. Número anual de nacidos vivos de residencia habitual de la madre (2020)



Fuente: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN) - Dirección Nacional de Seguimiento y Evaluación (DNSE). Fecha de elaboración: Noviembre 2023

Tabla 12. Principales indicadores de desarrollo social

Provincia (Lima - Carabayllo)	Índice de Desarrollo Humano -IDH (2019) 15/	Pobreza total: Número de habitantes en situación de pobreza 16b/	Porcentaje de la población en pobreza total 16a/	Pobreza extrema: Número de habitantes en situación de pobreza extrema 12b/	Porcentaje de la población en pobreza extrema 12b/
CARABAYLLO	0.6499	59772	19.2	3619	1.2

15/ Fuente: PNUD-Perú, Unidad del Informe sobre Desarrollo Humano. Enlace de descarga: <https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/poverty/el-reto-de-la-igualdad.html>. Nota: El IDH es construido en base a tres indicadores, a saber: esperanza de vida al nacer, proporción de la población mayor de 18 con educación secundaria, años de educación e ingreso familiar per cápita. Asimismo, valores del IDH cercanos al 1 indicaran una mejor posición de desarrollo humano en el territorio.

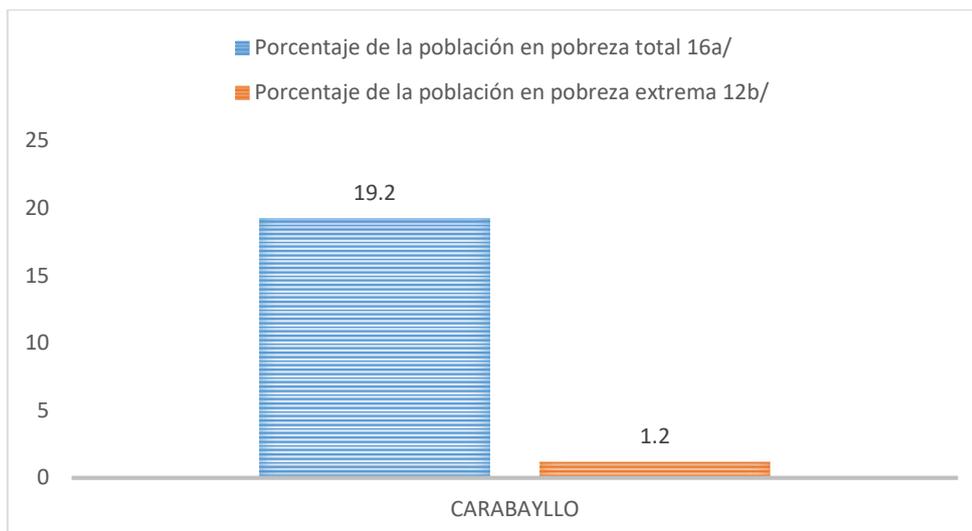
16a/ Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Nota: (i) Las cifras de pobreza monetaria total a nivel nacional y regional son del año 2019 y provienen de INEI (2020) "Informe técnico: Evolución de la pobreza monetaria 2009 - 2020" (Consultado en <https://afly.co/b5g3>). (ii) Las cifras de pobreza total en los niveles provincial y distrital son del año 2018 y provienen de INEI (2020) "Mapa de Pobreza Monetaria Provincial y Distrital 2018" (consultado en <https://afly.co/b5h3>). (iii) Asimismo, en todos los casos, las cifras son calculadas como el promedio simple de los límites del intervalo asignado.

16b/ Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Nota: (i) Las cifras son obtenidas como el porcentaje de pobreza total (según 15a) de la población identificada con DNI al 31/12/2020 (RENIEC). (ii) Los valores para las zonas norte, centro y sur son obtenidas como la suma de cifras de los departamentos que los integran.

17a/ Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Nota: (i) Las cifras de pobreza extrema a nivel nacional y regional son del año 2020 y provienen de INEI (2021) "Informe técnico: Evolución de la pobreza monetaria 2009 - 2020" (Consultado en <https://afly.co/b5g3>). (ii) Las cifras de pobreza extrema en los niveles provincial y distrital son del año 2013 y provienen de INEI (2015) "Mapa de Pobreza Provincial y Distrital 2013" (Consultado en <https://bit.ly/1okgenF>). (iii) Asimismo, en todos los casos, las cifras son calculadas como el promedio simple de los límites del intervalo asignado.

Fecha de elaboración: 12 de junio de 2020

Figura 26. Principales indicadores de desarrollo social



Fuente: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN) - Dirección Nacional de Seguimiento y Evaluación (DNSE). Fecha de elaboración: Noviembre 2023

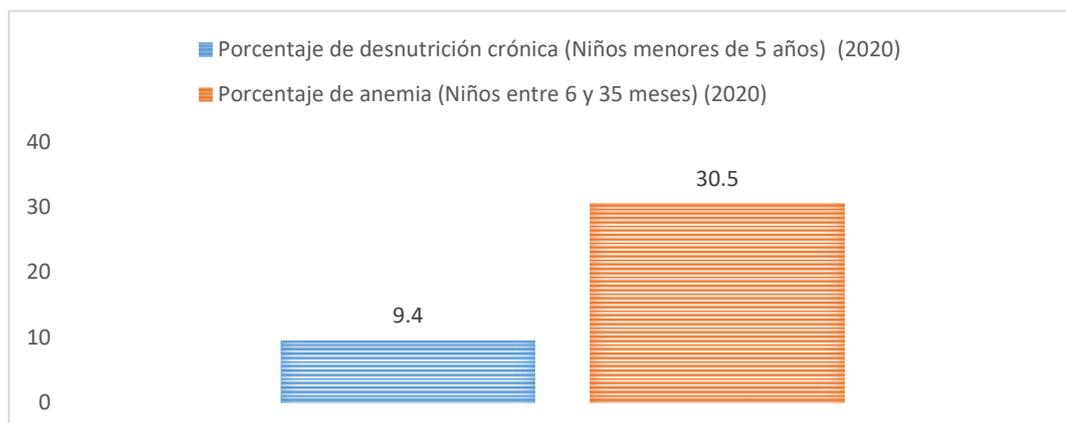
Tabla 13. Principales indicadores del sistema alimentario nutricional (2019)

Provincia (Lima - Carabayllo)	Porcentaje de número de niños menores de un año con DNI emitido hasta los 30 días de nacido (2019) 7/	Porcentaje de desnutrición crónica (Niños menores de 5 años) (2020) 8/	Porcentaje de anemia (Niños entre 6 y 35 meses) (2020) 8/
CARABAYLLO	6.8	9.4	30.5

7/ Fuente: Registro Nacional de Identificación y Estado Civil (RENIEC), Indicadores Padrón Nominal. Nota: Se considera a los niños y niñas menores de un año que cuentan con DNI emitido hasta los 30 días, según procedencia o residencia habitual de los padres y/o apoderados. Consultado en noviembre 2023 en <https://portales.reniec.gob.pe/web/estadistica/indicador>.

8/ Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), ENDES. MINSA, INS. Nota: (i) Las cifras a nivel nacional y regional provienen de INEI (2020) "Informe Perú: Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales, 2014-2019" (consultado en <https://afly.co/b513>). (ii) Las cifras provinciales y distritales provienen del Sistema de Información del Estado Nutricional (SIEN), Instituto Nacional de Salud (INS) - Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN), del Ministerio de Salud (MINSA); esta fuente considera el número de casos con diagnóstico de desnutrición crónica respecto al total de niños evaluados en establecimientos de salud del MINSA, entre enero y diciembre de 2019. Consultado en noviembre 2023 en <https://bit.ly/2LyVOXn>.

Figura 27. Principales indicadores del sistema alimentario nutricional (2019)



Fuente: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN) - Dirección Nacional de Seguimiento y Evaluación (DNSE). Fecha de elaboración: Noviembre 2023

## VIII. METODOLOGÍA

### Materiales

- Imágenes
- Imagen Perusat1
- Fichas de vulnerabilidad

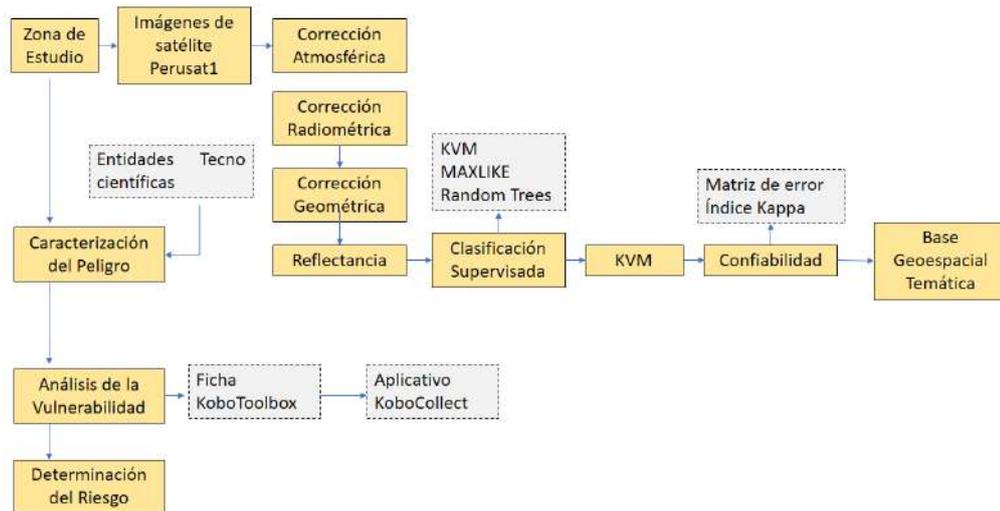
### Software

- PCI Geomática
- Qgis
- KoboToolbox
- KoboCollect

### Cartografía

- Cartografía formato vectorial proporcionada por la Subgerencia del Riesgo de Desastres de la Municipalidad de Carabayllo, a través de la Subgerencia de Planificación Urbana a nivel de lotes entrega el 2023.

Figura 28. Metodología de la Investigación



Fuente: Elaboración propia.

Cartografía formato vectorial proporcionada por la Subgerencia del Riesgo de Desastres de la Municipalidad de Carabaylo, a través de la Subgerencia de Planificación Urbana a nivel de lotes entrega el 2023.

### **Característica de la imagen satelital**

Figura 29. Características de la imagen Satelital

**VOL\_PER1\_SEN\_001\_000054/IMG\_PER1\_SEN\_P\_000054**

	<p><b>ID: SEN_PER1_20200918152436_000</b>  <i>Image dimensions: 32640 rows x 20560 columns</i>  <i>Acquisition date: 2020-09-18 15:24:36</i>  <i>Spectral Processing: P</i>  <i>Number of spectral bands: 1</i>  <i>Solar irradiance value of raw radiometric band: 1706.514896</i>  <i>Orientation angle: +113.8°</i>  <i>Incidence angle: +12.2°</i>  <i>Sun Azimuth: +61.8°</i>  <i>Sun Elevation: +62.0°</i></p>
--	--

**VOL\_PER1\_SEN\_001\_000054/IMG\_PER1\_SEN\_MS\_000054**

	<p><b>ID: SEN_PER1_20200918152436_000</b>  <i>Image dimensions: 8160 rows x 5140 columns</i>  <i>Acquisition date: 2020-09-18 15:24:36</i>  <i>Spectral Processing: MS</i>  <i>Number of spectral bands: 4</i>  <i>Solar irradiance value of raw radiometric band: 1706.514896</i>  <i>1826.087443</i>  <i>1540.494123</i>  <i>1094.747446</i>  <i>Orientation angle: +113.8°</i>  <i>Incidence angle: +12.2°</i>  <i>Sun Azimuth: +61.8°</i>  <i>Sun Elevation: +62.0°</i></p>
--	---

### **Procesamiento de la imagen**

Zona de Interés

Se aplicó la corrección atmosférica y radiométrica de la imagen pancromática y la multiespectral de la imagen, para finalmente realizar el pansharpening, dejando la

imagen con una resolución de 0.70 m y con 4 bandas (A, V, R, IR). Antes de aplicar la clasificación supervisada se cortó de la escena total solo el área de estudio, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 30. Zona de interés



#### Clasificación supervisada

Se identificó las áreas de entrenamiento sobre la imagen Perusat1 que permitió tener 6 categorías de interés. Dichas categorías pueden diferenciarse por tono, textura y tamaño, pero conocer la zona aumenta la certidumbre de que las categorías identificadas en la imagen correspondan a la realidad. Gracias a la familiaridad con la zona de estudio, se obtienen áreas suficientemente representativas para cada una de las categorías. A estas áreas se les conoce como áreas de entrenamiento, las que caracterizan a cada una de las clases, que son ladera, canal, techo, suelo, asfaltada y trocha, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 31. Clasificación supervisada de imagen satelital



Se generó una distribución de puntos aleatorios (1000 puntos) en toda el área de estudio para poder evaluar el índice kappa de la cartografía generada.



<i>Preción Global o Concordancia Global</i>	0.863	86.300
<i>Proporción Esperada</i>	0.450	44.957
<i>Indice Kappa</i>	0.751	75.111

**Kappa (ver Landis & Koch 1977 Biometrics)**

0 - 0.4	pobre
0.4 - 0.75	bueno
0.75 - 1.0	excelente

**Caracterización del peligro por movimientos en masa**

**a) Parámetros de análisis del peligro inminente**

Para determinar el nivel de peligro se deben establecer los parámetros condicionantes y desencadenantes.

▪ **Factores condicionantes:**

Aquellos que son propios de las características del territorio. Se le otorga el valor de 1, 2,3 ó 4, los factores utilizados son: pendiente, uso de suelo, geología y geomorfología. Resulta del promedio de cada uno de los factores condicionantes ( $c_n$ )

$$C = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n}$$

Tabla 15. Categorización del factor condicionante

DATOS	PARÁMETROS DEL FACTOR CONDICIONANTE							
	PENDIENTE		USO ACTUAL DE SUELO		GEOMORFOLOGÍA		GEOLOGÍA	
	Descriptor	Peso PEND	Descriptor	Peso USOS	Descriptor	PesoF ISI	Descriptor	Peso GEOL
DESCRIPTORES	Terrenos llanos y/o inclinados	1	Zona urbana	1	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, planicies	2	Deposito aluvial, acumulación de	1
	Pendiente	2	Vías (asfaltada y	2	Colina y lomada en roca intrusiva afloramientos	3	Aglomerados, andesitas porfíricas y	2
	Pendiente muy fuerte y fuerte,	3	Cauce del río	3	Montaña en roca intrusiva, conformada por	4	Tobas vitreas y derrames andesíticos	2
	Pendiente muy escarpada,	4	Ladera	4	Montaña en roca volcánico-sedimentaria, laderas	4	Gabrodiorita	4

Fuente: Elaboración propia.

**Factor desencadenante**

El factor desencadenante se encuentra referido a la probabilidad de ocurrencia e intensidad del fenómeno, tienen una relación directa con la ocurrencia del peligro. Se le otorga el valor de 1, 2,3 ó 4, el factor considerado es: precipitación acumulada anual 1981-2010.

Para caracterizar el factor desencadenante se ha utilizado la precipitación, al ser el principal desencadenador de los movimientos en masa.

Para determinar el peligro actual se consideró el acumulado multianual de precipitación teniendo como referencia el periodo de 1981 al 2010 para el sector río Seco.

Tabla 16. Categorización del factor desencadenante

PARÁMETRO FACTOR DESENCADENANTE		
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PesoFD
Precipitación Acumulada Anual 1981-2010	La precipitación alcanza valores entre los 0 y 5 mm.	1
	La precipitación alcanza valores entre los 5 y 10 mm	2
	La precipitación alcanza valores entre los 10 y 15 mm	3
	La precipitación alcanza valores entre los 15 y 20 mm	4

Fuente: Elaboración propia.

#### b) Determinación del peligro por movimientos en masa

Para la determinación del peligro inminente se realiza un promedio aritmético de los valores del factor condicionante y desencadenante.

$$P = \frac{C + D}{2}$$

Se obtendrán los niveles de peligro mediante la distribución de rangos y se considerará como una situación de peligro inminente únicamente cuando el nivel de peligro sea muy alto

NIVEL	RANGO
Peligro Muy Alto (PMA)	$3.25 \leq P \leq 4.00$
Peligro Alto (PA)	$2.50 \leq P < 3.25$
Peligro Medio (PM)	$1.75 \leq P < 2.50$
Peligro Bajo (PB)	$1.00 \leq P < 1.75$

## 8.2. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

La población vulnerable, la estructura física o las actividades económicas son aquellos elementos expuestos y susceptibles de verse afectados ante la ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de un peligro y que no cuenta con la capacidad de resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente.

Los elementos expuestos dentro del área de influencia del peligro son analizados considerando los factores de fragilidad (F) y resiliencia (R).

Los parámetros de fragilidad consideran las condiciones de desventaja o debilidad y la predisposición de las personas, infraestructura, sociedad y medio ambiente a ser afectados y sufrir daños. Aquí se analizan las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, como por ejemplo población por grupo etario, material de construcción, actividad económica, acceso a servicios, entre otros.

Los parámetros de resiliencia están referidos a la capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas en asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro inminente, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro. Este factor analiza principalmente la organización, el conocimiento de la población, así como otros factores que puedan contribuir a identificar la capacidad de resiliencia de la población y sus medios de vida.

### Determinación del nivel de vulnerabilidad

Para la determinación del nivel de vulnerabilidad se realizó mediante el promedio aritmético de los valores de los factores de fragilidad y resiliencia, como se detalla a continuación:

$$V = \frac{F + R}{2}$$

- a) **Factor de Fragilidad (F):** El factor de fragilidad F, es el promedio aritmético de los valores correspondientes a cada uno de los parámetros de fragilidad ( $F_n$ ) identificados.

$$F = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{n}$$

A continuación se indican los nueve (9) parámetros utilizados para determinar la fragilidad de la zona priorizada del sector río Seco.

Tabla 17. Parámetros y descriptores del factor fragilidad

PARÁMETRO	DESCRITORES			
	1	2	3	4
<b>Población vulnerable: menores de 15 años (%)</b>	P < 10% de población expuesta	10% ≤ P < 30% de población expuesta	30% ≤ P < 50% de población expuesta	P ≥ 50% de población expuesta
<b>Población vulnerable: adulto mayor a 60 años (%)</b>	P < 10% de población expuesta	10% ≤ P < 30% de población expuesta	30% ≤ P < 50% de población expuesta	P ≥ 50% de población expuesta
<b>Población vulnerable: con discapacidad temporal o permanente (%)</b>	P < 5% de población expuesta	5% ≤ P < 10% de población expuesta	10% ≤ P < 20% de población expuesta	P ≥ 20% de población expuesta
<b>Material de construcción predominante en paredes utilizado en vivienda, habitación o infraestructura</b>	Estructura de ladrillo o bloque de cemento	Estructura de adobe o tapia	Estructura de madera, quincha (caña con barro), piedra con barro, sillar con cal o cemento.	Estructura de estera, piedra sin barro, otro material poco resistente.
<b>Material de construcción predominante en techos</b>	Cemento	Tejas y madera	-Calamina metálica, -Plancha de fibrocemento, -Plancha de polipropileno	Estera
<b>Material de construcción predominante en pisos</b>	Parquet o madera	Loseta, terrazos	Cemento	Tierra
<b>Estado de conservación de la vivienda</b>	Aceptable, que presenta fisuras; puede presentar ligeros desperfectos debido al uso normal.	Regular, que presenta pequeñas fisuras y/o humedad en muros y pisos.	Malo, que presente deterioro visible como fisuras en muros, techos y/o pisos.	Muy malo, que presenta deterioro visible como grietas en muros, techos y/o pisos; presenta hundimientos en el techo y/o pisos.
<b>¿Cuántos años vive usted en su vivienda?</b>	Menor a 10 años	De 10 a 20 años	De 20 a 40 años	Mayor a 40 años
<b>Número de pisos de la vivienda</b>	Cuarto piso a más	Tercer piso	Segundo piso	Primer piso

Fuente: Elaboración propia, 2023

**b) Factor de Resiliencia (R):**

El factor de resiliencia R es el promedio aritmético de los valores correspondientes a cada uno de los parámetros de resiliencia ( $R_n$ ) identificados.

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

A continuación, se indican veintitrés (23) parámetros, de los cuales once (11) fueron obtenidos de la encuesta realizada a la Municipalidad Distrital de Carabayllo y doce (12) producto de la encuesta a la población, información que permitió determinar el factor de resiliencia para la zona priorizada del sector río Seco.

Tabla 18. Parámetros y descriptores del factor resiliencia

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARABAYLLO				
PARÁMETROS	DESCRIPTORES			
	1	2	3	4
<b>Se implementan o han implementado medidas estructurales de reducción del riesgo de desastres en ámbito de la Quebrada Río Seco</b>	Actualmente existen medidas estructurales de reducción del riesgo en buenas condiciones.	Las medidas estructurales de reducción del riesgo se encuentran en implementación; o cuenta con medidas estructurales de reducción del riesgo, pero estas necesitan mantenimiento.	No se han implementado medidas estructurales de reducción del riesgo, pero se están gestionando.	No se han implementado medidas estructurales de reducción del riesgo de desastres, ni hay planes preventivos y/o correctivos.
<b>La Municipalidad Distrital de Carabayllo cuenta con un Centro de Operaciones de Emergencia Distrital (COED)</b>	Si cuenta con COED implementado, el mismo que cuenta con la infraestructura y recursos (personal y equipamiento) necesarios para el funcionamiento.	Cuenta solo con los siguientes módulos evaluador, operaciones, comunicaciones.	No cuenta, pero está en proceso de implementación.	No cuenta y tampoco se encuentra en gestión.
<b>Tienen implementado el Grupo Trabajo de la Gestión del Riesgo de Desastres (GT-GRD) en la Municipalidad Distrital de Carabayllo</b>	Tiene el GT-GRD constituido con resolución o norma equivalente y cuenta con plan de trabajo	El GT-GRD se encuentra constituido, pero no cuenta con plan de trabajo.	No se encuentra constituido, pero está en proceso de implementación.	No se encuentra constituido y tampoco se encuentra en proceso de implementación.
<b>Tienen implementada la Plataforma de Defensa Civil (PDC) en la Municipalidad Distrital de Carabayllo</b>	Tiene la PDC constituida y cuenta con plan de trabajo.	La PDC se encuentra constituida, pero no cuenta con plan de trabajo.	No se encuentra constituida, pero está en proceso de implementación.	No se encuentra constituida y tampoco se encuentra en proceso.
<b>Cuentan con un Plan de Contingencia ante peligros de origen natural<sup>10</sup></b>	Cuenta con plan actualizado e implementado.	Cuenta con plan desactualizado	No cuenta con plan, pero está en proceso de elaboración.	No cuenta con plan.
<b>¿De qué manera se organiza la población para afrontar una emergencia o desastre?</b>	Tiene registradas en la municipalidad organizaciones vecinales, organizaciones sociales de base de apoyo alimentario, organizaciones temáticas, organizaciones de	Tiene algunas organizaciones sociales reconocidas por la municipalidad; entre ellas algunas categorizadas como organizaciones vecinales, organizaciones sociales	No tiene organizaciones sociales reconocidas por la municipalidad. Tiene organizaciones religiosas.	No tiene organizaciones sociales reconocidas por la municipalidad ni organizaciones religiosas.

<sup>10</sup> La MD Carabayllo cuentan con Plan de Contingencia Desactualizado ante Sismo 2019-2021

Fuente: Elaboración propia.

	poblaciones vulnerables y organizaciones económicas.	de base de apoyo alimentario, organizaciones temáticas, organizaciones de poblaciones vulnerables y organizaciones económicas.		
<b>En la quebrada Rio Seco del distrito de Carabayllo tienen un mapa de rutas de evacuación y zonas seguras o puntos de reunión en caso de emergencia</b>	Cuenta con el mapa que identifica todas las instancias de todos los tipos de elementos correctamente y este se encuentra en un lugar visible o ha sido difundido a la población.	Cuenta con el mapa que identifica todas las instancias de todos los tipos de elementos correctamente.	Cuenta con un mapa incompleto de rutas de evacuación o zonas seguras o puntos de reunión.	No cuenta con un mapa de rutas de evacuación y zonas seguras o puntos de reunión.
<b>Cuentan con algún sistema de alerta o aviso a la población ante la ocurrencia de un peligro</b>	El sistema de alarma está en buen estado y tiene suficiente alcance.	El sistema de alarma está en buen estado, pero no tiene suficiente alcance.	Cuenta con sistema de alarma, pero está en mal estado.	No cuentan.
<b>¿Cuentan con acceso a servicios básicos en la zona piloto Centro Poblado Los Huertos de la Quebrada Rio Seco en el distrito de Carabayllo?</b>	Existe acceso a servicios en óptimas condiciones. Informalidad es inexistente o muy baja.	Existe acceso a servicios básicos en condiciones regulares con algunos focos de informalidad.	Existe acceso a servicios básicos, pero en condiciones regulares con importantes focos de informalidad.	Restringido acceso a servicios básicos en malas condiciones y/o informal. (compran el agua)
<b>Cuentan con el servicio de agua en la zona piloto Centro Poblado Los Huertos de la Quebrada Rio Seco en el distrito de Carabayllo</b>	Red pública de agua dentro de la vivienda	Red pública de agua fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación.	Se abastece de rio, acequia o manantial.	No tiene agua y/o se abastece de agua de camión, cisterna u otro similar. (compran el agua)
<b>Cuentan con fluido eléctrico en la zona piloto Centro Poblado Los Huertos de la Quebrada Rio Seco en el distrito de Carabayllo</b>	Cuenta con instalación de fluido eléctrico	Utiliza mechero o lamparín	Se alumbró con vela	No tiene fluido eléctrico
<b>POBLACIÓN PRIORIZADA DEL SECTOR RÍO SECO</b>				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>DESCRIPTORES</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>¿Qué nivel de estudios tiene?</b>	Superior técnica o universitaria	Secundaria	Inicial o primaria	No tiene
<b>¿Qué actividad laboral realiza?</b>	Funcionario público	Profesional independiente	Obrero y/o empleado	Ninguna
<b>¿Cuenta con seguro médico?</b>	ESSALUD	Seguro Integral de Salud (SIS)	Seguro privado de salud	Ninguno
<b>¿Qué tipo de medio de comunicación utiliza con mayor frecuencia?</b>	Telefonía móvil	Telefonía fija	Internet	Emisora comercial, otro.
<b>¿Tiene implementada su mochila de emergencia y/o caja de reserva?</b>	Sí tengo implementada la mochila de emergencias y caja de reserva necesarias para todos los miembros de la familia.	Tengo la mochila y caja de reserva, pero no es suficiente para todos los miembros de la familia	Tengo sola la mochila de emergencia	No tengo conocimiento al respecto
<b>Participa en simulacros nacionales multipeligro</b>	Participa siempre	Participa algunas veces por iniciativa propia	Participa algunas veces por obligación	No le interesa
<b>¿Es brigadista o voluntario ante emergencia o desastres?</b>	Brigadista	Voluntario en emergencia o rehabilitación	Socorrista/ Paramédicos	Ninguno

Fuente: Elaboración propia.

¿Cómo contribuiría a estar preparado ante una emergencia o desastre?	Organizando y/o participando en brigadas voluntarias	Participando activamente en los simulacros	Capacitándome en temas de Gestión de Riesgo de Desastres	Ninguna de las anteriores
Conoce las rutas de evacuación y zonas seguras	Conozco las rutas de evacuación y zonas seguras	Conozco solo las zonas seguras	Conozco solo las rutas de evacuación	No conozco
Ha recibido capacitación en materia de Gestión del Riesgo de Desastres	Ha recibido capacitación y las aplica en medidas de GRD	Varias veces ha recibido capacitación	Ocasionalmente ha recibido capacitación	Desconoce totalmente
Realiza la quema de sus residuos sólidos	Nunca	A veces	Normalmente	Siempre
Distancia de botaderos a su vivienda	Menor o superior a 700 m	Menor o igual a 700m y más de 400m	Menor o igual a 400m y más de 100m	Menor o igual a 100 m

- c) **Determinar el rango para definir el nivel de vulnerabilidad.** Se calcula tomando en cuenta los valores del 1 al 4, para lo cual se determina el rango, restando el valor más crítico (4) menos el valor menos crítico (1) entre el valor más crítico (4).

$$RG = \frac{(4 - 1)}{4} = 0.75$$

Este valor determina los rangos de vulnerabilidad, tal como se muestra en la siguiente Tabla N° 19.

Tabla 19. Niveles de Vulnerabilidad

Vulnerabilidad Muy Alta (VMA)	$3.25 \leq V \leq 4.00$
Vulnerabilidad Alta (VA)	$2.50 \leq V < 3.25$
Vulnerabilidad Media (VM)	$1.75 \leq V < 2.50$
Vulnerabilidad Baja (VB)	$1.00 \leq V < 1.75$

Fuente: PCM, 2019

### 8.3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

El Riesgo (R) es una función del Peligro (P) y la Vulnerabilidad (V) y se expresa como la probabilidad de que ocurra una pérdida en un determinado elemento, como resultado de la ocurrencia de un peligro.

El peligro, se define como la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos<sup>11</sup>. El peligro, según su origen, se clasifica

<sup>11</sup> Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales Versión 2.0 CENEPRED

en dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana.

Al identificar el riesgo se determina los posibles eventos que con su materialización puedan impactar sobre la población y medios de vida asentados en la zona priorizada del sector río Seco en el distrito de Carabayllo.

▪ **MATRIZ DE RIESGOS**

Para evaluar la probabilidad y la gravedad del riesgo asociado a los peligros que afectaría a la zona priorizada del sector de río Seco, ocasionado por lluvias intensas, se ha tomado en cuenta la metodología emitida por la Resolución Ministerial N° 463-2019-PCM, la cual se realiza tomando en cuenta la intersección del peligro y la vulnerabilidad, tal como indica la matriz siguiente:

Tabla 20. Matriz de Riesgo

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy alto	Riesgo Muy alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto
Peligro bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Fuente: PCM, 201

## IX. RESULTADOS

- El valor numérico del Índice Kappa es 0.751 que se encuentra entre bueno y excelente, indica que el producto cartográfico (base vectorial de elementos georreferenciados como techo, trocha, suelo, cauces, ladera y asfaltado) generados pueden ser considerados como insumo en el informe de estimación del riesgo por peligro inminente así como en los planes de desarrollo urbano. La información cartográfica ha sido generada en base a imágenes de alta resolución como es el Perusat1 de 70 cm de resolución espacial. Las categorías identificadas se muestran a continuación:

Tabla 21: Elementos cartográficos identificados en el sector río Seco

Clase o categoría	Área (m <sup>2</sup> )	Área (Ha)
Trocha	183 711.69	18.37
Techo	111 925.74	11.19
Suelo	1 681 396.63	168.14
Ladera	582 922.71	58.29
Canal	32 064.04	3.21
Asfaltado	77 473.34	7.75

- Para determinar el peligro por movimientos en masa se ha considerado la información de las entidades técnico-científicas, en base a la matriz de ponderación de peligro considerando parámetros del factor condicionante como pendiente, uso actual del suelo, fisiografía y geología y parámetros del factor desencadenante la precipitación acumulada anual del periodo 1981 -2010.

Tabla 22: Niveles de peligro identificados en el sector río Seco

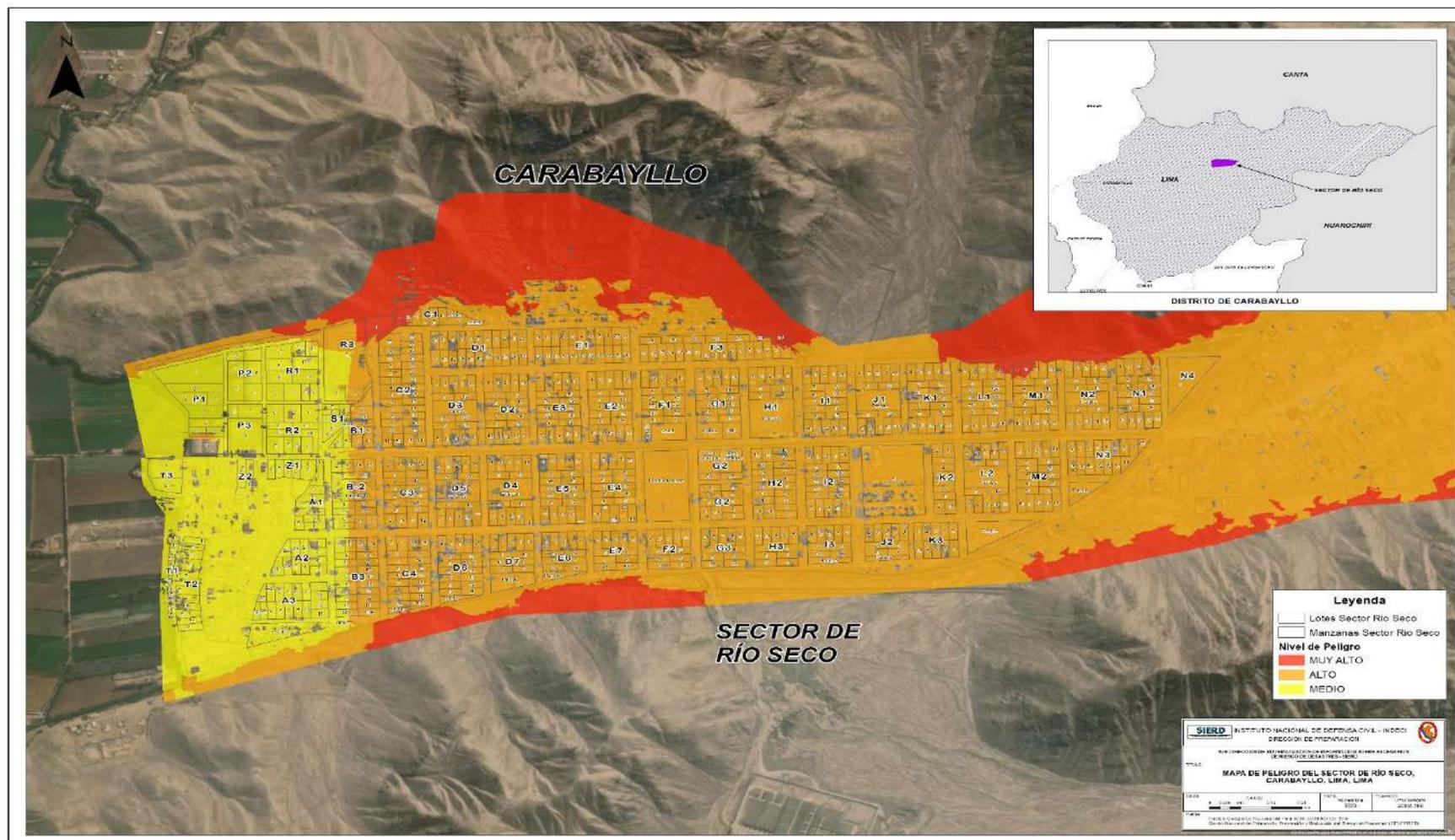
Nivel de peligro	Área (m <sup>2</sup> )	Área (Ha)
Muy alto	465 117.94	46.51
Alto	1 725 310.10	172.53
Medio	362 995.75	36.30

- La ocurrencia de movimientos en masa en el sector río Seco, presentaría un riesgo alto (70%) debido a que en la zona priorizada más del 50% de la población son adultos mayores a 60 años y menores de 15 años, así como predomina material de construcción de la vivienda la estructura de estera, piedra sin barro, otro material poco resistente. El material predominante en techos es estera, presente muy malo estado de conservación, la vivienda tiene solo un piso, factores que influyen en mayor grado en la determinación del riesgo

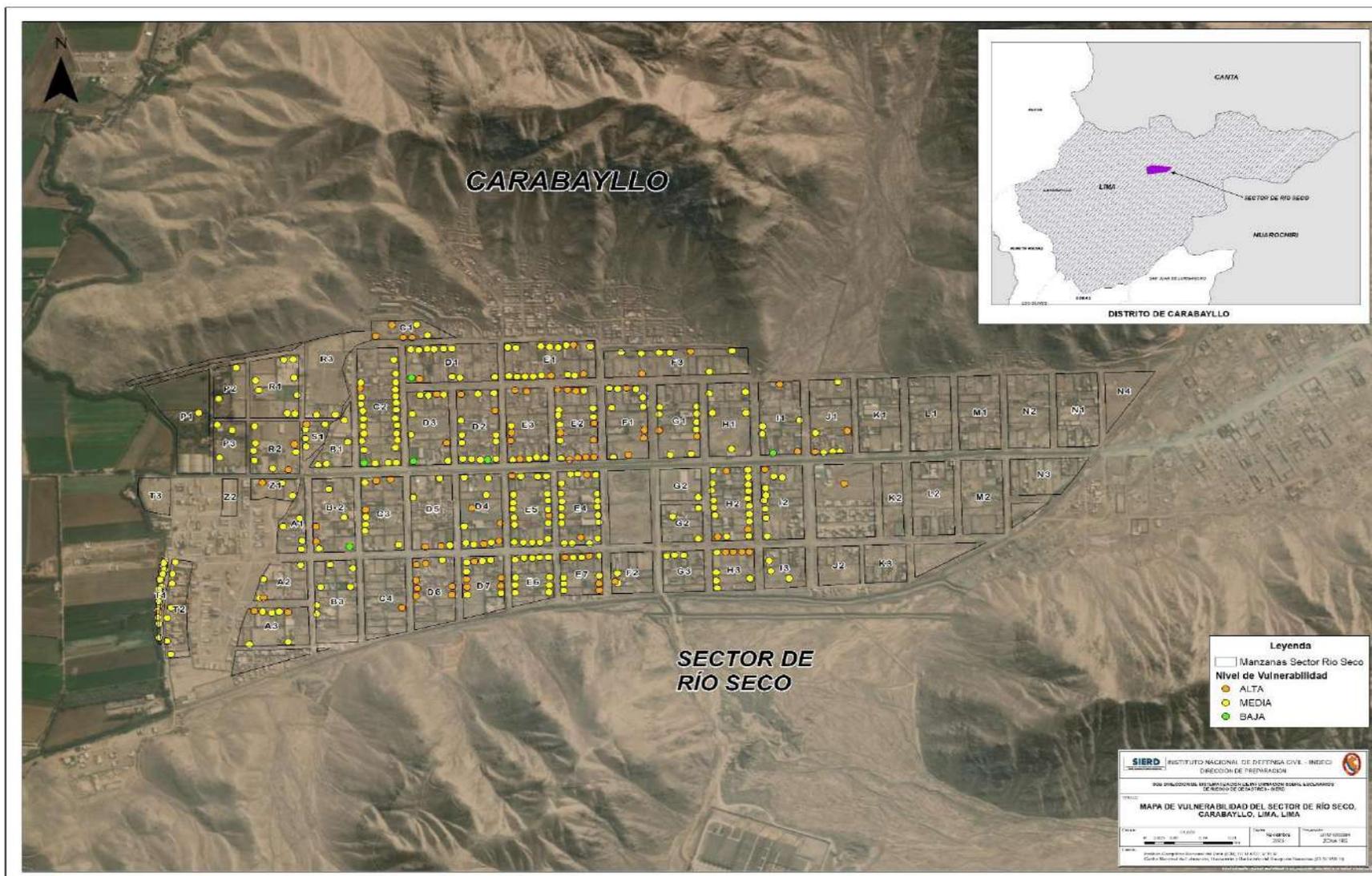
Tabla 23: Niveles de riesgo identificados en el sector río Seco

Nivel de riesgo	Cantidad de Lotes
Muy alto	265
Alto	110
<b>Total</b>	<b>375</b>

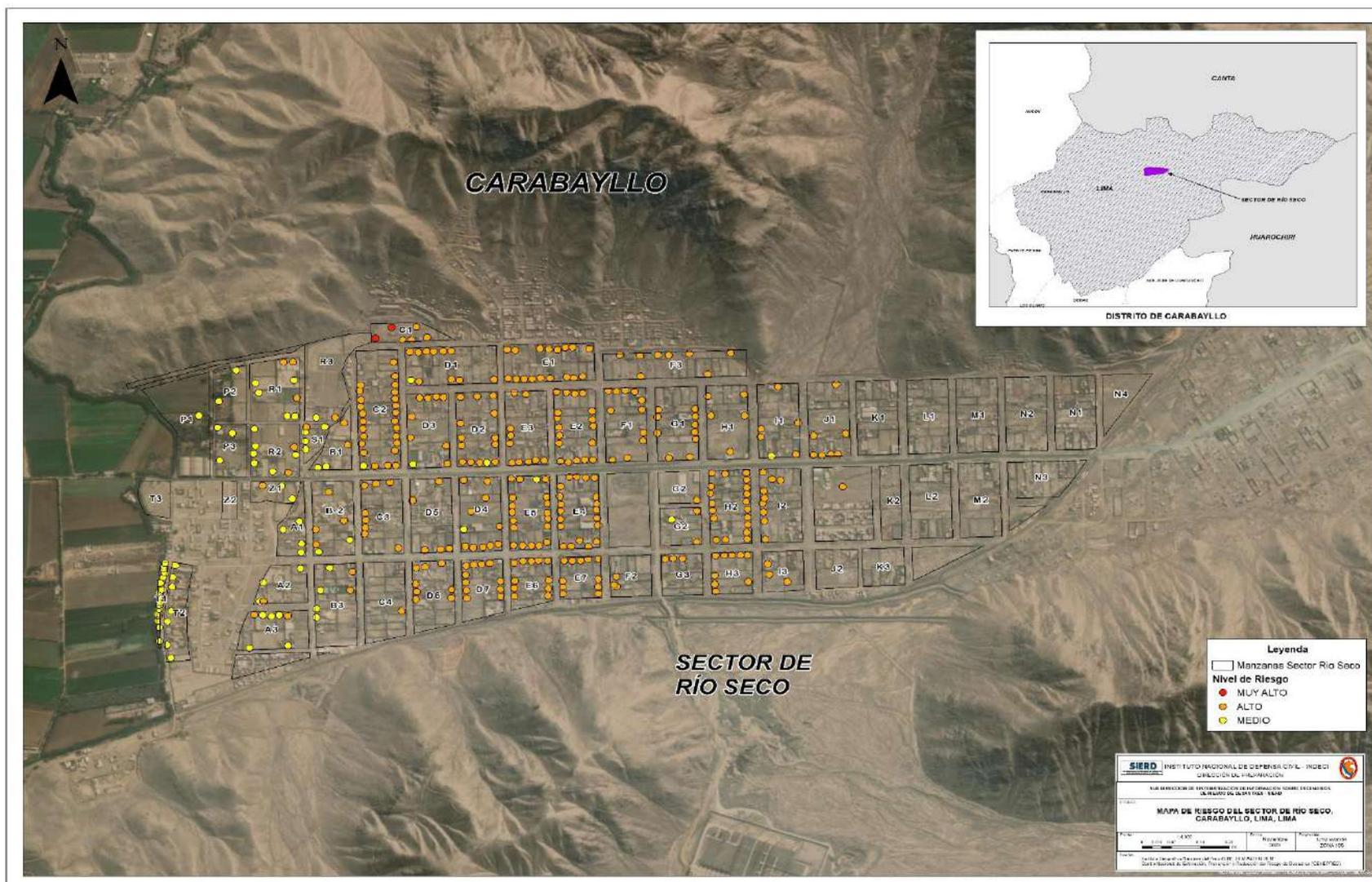
Mapa 10. Peligro del Sector Río Seco



Mapa 11. Vulnerabilidad del Sector del Río Seco



Mapa 12. Riesgo del Sector del Río Seco



## X. CONCLUSIONES

- La investigación desarrolla una metodología que aplica técnicas de clasificación e índices (teledetección) para la identificación de diversas coberturas sobre el territorio, priorizando la identificación de techos (edificación y/o vivienda) así como el procedimiento para la estimación del riesgo por peligro inminente ante movimientos en masa.
- Se elaboraron elementos cartográficos como techos (11 ha), trocha (18 ha), suelo (168 ha), ladera (58 ha), canal (3 ha) y asfaltado (8 ha) obtenidos en base al índice kappa los cuales son excelentes debido a que el valor obtenido es 0.751, de un rango que fluctúa de 0 a 1, información que sirvió de insumo para la identificación de elementos expuestos obteniéndose niveles de peligro inminente ante movimientos en masa del sector río Seco permitiendo estimar que un 80% de los lotes se encuentran expuestos a un nivel de peligro alto; asimismo, se determinó los niveles de vulnerabilidad en base a la información recabada en el trabajo de campo para 375 lotes. Producto de la matriz de doble entrada se determinó como predominante un nivel de riesgo alto para 265 lotes (70%) de la zona priorizada del sector río Seco en base a principales factores como: el 50% de la población son adultos mayores a 60 años y menores de 15 años, el material de construcción de la vivienda es estera, piedra sin barro, otro material poco resistente; así como el material predominante en techos es estera, presenta muy malo estado de conservación, la vivienda tiene un solo piso.
- La facilidad del acceso a imágenes satelitales libres o a imágenes del sistema satelital peruano gestionado por la CONIDA permite a futuro replicar la metodología mejorándola y permitiendo que el personal relacionado a la GRD transfiera los conocimientos adquiridos a través de esta investigación, así como la divulgación en las universidades públicas o privadas.
- La metodología también podría servir para la generación de cartografía temática de las diversas coberturas existentes en el territorio y su incorporación en los informes de estimación del riesgo por peligro inminente así como en los planes de desarrollo urbano relacionado a la dinámica de las ciudades o centros poblados, relacionándola de manera implícita o explícita a la gestión preventiva, correctiva y reactiva.

## XI. RECOMENDACIONES

- para mejorar el producto cartográfico y tener mayor certidumbre sería adecuado considerar el uso de imágenes RPAS cuya resolución espacial llega a milímetros y el levantamiento en campo con firmas espectrales por tipo de cobertura.
- Replicar la metodología para comparar los resultados obtenidos con las técnicas de clasificación en función del resultado de índice (análisis estadísticos) considerando las características diferenciadas del territorio.

- El Gobierno Regional o Local podrá emplear el presente estudio como referencia para la elaboración de estudios e investigaciones en otros sectores, así como elaborar planes de la gestión reactiva, para lo cual podrá pedir asesoramiento técnico a la UF-CEPIG del INDECI y a la Agencia Espacial del Perú -CONIDA.
- La Municipalidad Distrital de Carabayllo puede emplear la metodología presentada en el presente estudio; ya que contribuiría con la generación del conocimiento del riesgo para la respuesta oportuna ante la ocurrencia del peligro inminente por movimientos en masa.
- El Gobierno Regional o Local, ante un desastre de gran magnitud ocasionado por movimientos en masa debe registrar la información de los daños de manera eficiente; diferenciando impactos primarios (consecuencias directas del peligro) y secundarios (consecuencias indirectas del peligro). Esta información podría ser contrastada con el resultado del análisis de riesgo elaborado.
- Se recomienda que a través de su Subgerencia de Gestión del Riesgo de Desastres, encargada de gestionar las responsabilidades que dispone la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, lidere la réplica de la metodología aplicada en la presente investigación en otros ámbitos de su jurisdicción de ser necesario.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

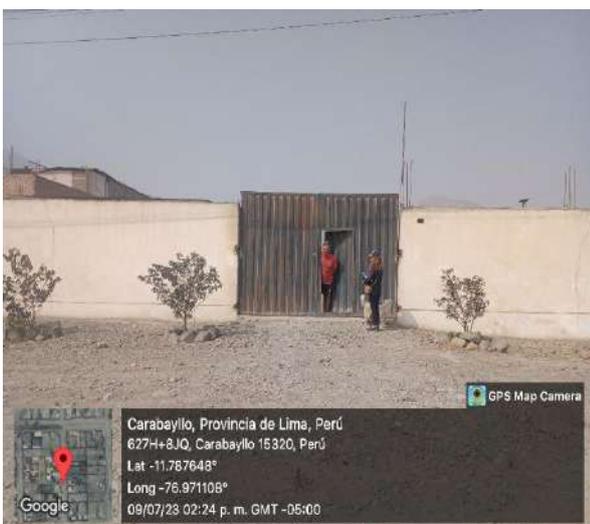
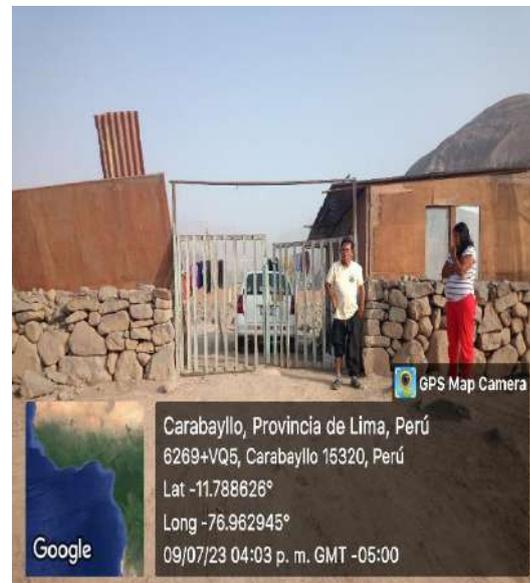
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico – CEPLAN  
<https://www.ceplan.gob.pe/informacion-sobre-zonas-y-departamentos-del-peru/>
- Comprendiendo la vulnerabilidad, el riesgo y los impactos para la resiliencia climática: Guía metodológica basada en la experiencia
- <https://www.preventionweb.net/publication/comprendiendo-la-vulnerabilidad-el-riesgo-y-los-impactos-para-la-resiliencia-climatica>
- Curvas I-D-F para el sector río seco, recuperado de  
<https://idesep.senamhi.gob.pe/dhi-idf/>
- Villacorta, S., Núñez, S., Vásquez, J., Pari, W., Ochoa, M., Benavente, C., Tarard, L., Luque, G., Seminario, M., Fidel, L., Úbeda, P. (2015). Peligros Geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-INGEMMET. Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N°59. 162 p.
- Arboit, M. Análisis multitemporal y multiespacial del índice de vegetación de diferencia normalizada y el índice de vegetación ajustado al suelo en centros urbanos forestados y oasis irrigados con climas secos
- Castellano, D. Análisis satelital de la urbanización en la cuenca del embalse San Roque (1972-2020) y su relación con aspectos geomorfológicos y geográficos

- Kawamura, M. 1996. Relation between social and environmental conditions in Colombo, Sri Lanka and the urban index estimated by satellite remote sensing data
- Quispe, A. 2021. Modelo geométrico físico matemático
- Picone, N. 2017. Comparación de imágenes satelitales Sentinel 2 y Landsat 8 en el estudio de áreas urbanas
- Poveda, Y. 2021. Métodos clasificación supervisada
- Serra, A. 2020. Comparación de algoritmos clasificación supervisada
- Viera, G. 2017. Clasificación del Cacao Opencv
- Belenguer, M. 2016. Detección de cambios anómalos mediante teledetección.
- Briceño, F. 2020. Análisis del crecimiento urbano en los Municipios de Madrid, Funza y Mosquera, en las últimas dos décadas.
- Bonifazi, G., Capobiano, G. & Serranti, S. 2018. Asbestos containing materials detection and classification by the use of hyperspectral imaging. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389417308786?via%3Dihub>
- Castro, A. 2018. Detección de edificaciones mediante operaciones algebraicas en imágenes de teledetección.
- Camacho, A., Vargas, C., Rojas, F., Castillo, S. & Arguello, H. 2015. Aplicaciones y retos del sensado remoto hiperespectral en la geología colombiana.
- Chicaiza, L. 2020. Sistema para identificar y cuantificar asbesto por medio de imágenes satelitales.
- Chuquiguanga, C. 2017. Identificación de ilegalidades urbanísticas con sistemas de información geográfica y teledetección.
- Dávalos, C. & Moran, P. 2017. Identificación y análisis del comportamiento espectral de construcciones de hormigón y características físicas en la cabecera Cantonal de pedernales mediante técnicas de teledetección y SIG.
- Espejo, A. & Chipana, S. 2018. Estimación de la cantidad de población con Geo herramientas en centros urbanos de Bolivia,
- Hermosilla, T., Ruiz, A., Recio, J. & Fernández, A. 2009. Detección automática de edificaciones mediante imágenes de alta resolución y datos Lidar para la actualización de bases de datos cartográficos en entornos urbanos.
- Jiménez, M., González, M., Escalona, M., Valdez, J. & Aguirre, C. 2011. Comparación de métodos espaciales para detectar cambios en el uso del suelo urbano.
- Lamelas, M. 2017. Identificación de edificaciones asiladas, mediante modelos digitales elaborados con el PNOA-LIDAR.
- Lineamientos para la Elaboración del Informe de Estimación del Riesgo por Peligro Inminente aprobado por Resolución Ministerial N°463-2019-PCM.
- López, E. 20014. Elaboración de un manual de operaciones para la captura de “firmas espectrales” en campo, validada en dos granjas experimentales.
- Lugo, F. 2021. Análisis multitemporal para determinar la expansión urbana en el Municipio de Soacha Cundinamarca en el periodo 2015 – 2020.
- Orjuela, D. 2016. Estudio multitemporal por perdida de la cobertura vegetal debido a la expansión urbana en la localidad de Engativa occidente de Bogota mediante imágenes de satélite 1998-2014.
- Pérez, L. 2014. Identificación de vegetación en imágenes satelitales.

- Valero, J., Dallos, C. & Lizarazo, I. 2018. Un nuevo enfoque para la clasificación de imágenes multiespectrales basado en complejos cartesianos.
- Vázquez, R. 2015. Metodología para ajustar clasificaciones supervisadas de imágenes satelitales, una contribución a la conservación del gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*)
- Comprender el análisis de distancia euclidiana, ArcGis for Desktop. 2020 Retrieved 7 October. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/understanding-euclidean-distance-analysis.htm>

## ANEXOS

### ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO





Reunión de coordinación con los pobladores del Sector Río Seco.



Levantamiento de información con el aplicativo KoboCollect



Levantamiento de información con el aplicativo KoboCollect



Estudiantes de la UNMSM en el sector de Río Seco.



Coordinación inicial con los pobladores del Sector Río Seco.



Estudiantes y docentes de la UNMSM atentos a las indicaciones