



CUT: 216018-2024

## **RESOLUCION DIRECTORAL N° 1322-2025-ANA-AAA.CF**

Huaral, 18 de noviembre de 2025

### **VISTO:**

El expediente administrativo sobre delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado, perteneciente a la cuenca Mala, se encuentra ubicada en el distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, ámbito de la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete, y;

### **CONSIDERANDO:**

Que, literal i) del numeral 1. del artículo 6 de la Ley 29338 «Ley de Recursos Hídricos», señala que la faja marginal constituye un bien natural asociado al agua. En ese sentido, el artículo 7 del mismo cuerpo legal establece que los bienes naturales asociados al agua constituyen bienes de dominio público hidráulico; por lo que, toda intervención de los particulares que afecte o altere las características de estos bienes debe ser previamente autorizado por la Autoridad Administrativa del Agua.

Que, el artículo 74 de la Ley de Recursos Hídricos señala que, *en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario de agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. El Reglamento determina su extensión.*

Que, el numeral 113.1 del artículo 113 del Reglamento de la Ley 29338, determina que: *Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales.*

Asimismo, el numeral 113.2 señala: *Las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos;*

Que, el artículo 114 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, determina los criterios para la delimitación de las fajas marginales.

Que el numeral 115.1 del Artículo 115 de la norma antes citada señala: *Está prohibido el uso de las fajas marginales para fines de asentamiento humano, agrícola u otra actividad que las afecte. La Autoridad Nacional del Agua en coordinación con los gobiernos locales y defensa Civil promoverán mecanismos de reubicación de poblaciones asentadas en fajas marginales.* Además, el numeral 115.2 señala: *La Autoridad Administrativa del Agua autoriza la ejecución de obras de defensa ribereña y la utilización de materiales ubicados en las fajas marginales necesarios para tal fin.*

Que, el artículo 120 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, menciona en el numeral 120.1 que: *En las propiedades adyacentes a las riberas, se mantendrá libre una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, camino de vigilancia u otros servicios públicos, según corresponda.* En el numeral 120.2 que: *En todos estos casos no habrá lugar e indemnización por la servidumbre, pero quienes usaren de ellas, quedan obligados, conforme con el derecho común, a indemnizar los daños que causen, tanto en las propiedades sirvientes como en los cauces públicos o en las obras hidráulicas.*

Que, mediante Resolución Jefatural 332-2016-ANA se derogó la Resolución Jefatural 300-2011-ANA y se aprobó el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales estableciendo las metodologías y criterios aplicables para la delimitación de las fajas marginales de los cauces naturales o artificiales.

Que, el Texto Único Ordenado de la Ley 30556 de Reconstrucción con Cambios, aprobado por Decreto Supremo 094-2018-PCM, en la Quinta Disposición Complementaria Final, analiza respecto a la posesión en zonas de riesgo no mitigable y zonas intangibles. Así se establece que, *la posesión debe ejercerse sobre zonas consideradas habitables. Es ilegal el ejercicio del derecho de posesión en zonas declaradas de riesgo no mitigable. Para estos fines, se considera zona de riesgo no mitigable a aquella zona donde la implementación de medidas de mitigación resulta de mayor costo y complejidad que llevar a cabo la reubicación de las viviendas y equipamiento urbano respectivo. Se comprende dentro de esta categoría la zona de muy alto riesgo no mitigable y la zona de alto riesgo no mitigable. Las zonas de riesgo no mitigable son declaradas intangibles por la autoridad competente, para lo cual se identifica el polígono respectivo y se inscribe como carga en el Catastro Urbano y Rural y en el Registro de Predios de la Superintendencia Nacional de Registros Públicos – Sunarp, de ser el caso. Las zonas de riesgo no mitigable tienen los siguientes efectos:*  
*1. La posesión en zonas declaradas de riesgo no mitigable no configura un derecho susceptible de acciones judiciales en el fuero constitucional, civil o cualquier otra. No resulta procedente demanda judicial sobre dichos predios, bajo responsabilidad.*  
*2. Son nulos de pleno derecho los contratos que se celebren respecto de predios ubicados en zonas declaradas de riesgo no mitigable, a partir de que dichos predios sean declarados como tales.*  
*3. Adolecen de nulidad los actos administrativos emitidos sobre otorgamiento de derechos en zonas declaradas de riesgo no mitigable. Las zonas declaradas de riesgo no mitigable quedan bajo administración y custodia del Gobierno Regional de la jurisdicción, el que preserva su intangibilidad, bajo responsabilidad del titular del Gobierno Regional y de aquella autoridad que se designe. El Gobierno Regional, con opinión del Gobierno Local correspondiente, se encuentra facultado a disponer la desocupación y/o demolición de toda edificación, pudiendo inclusive utilizar el mecanismo de la recuperación extrajudicial prevista en los artículos 65° al 67° de la Ley 30230; Ley que establece medidas tributarias, simplificación de procedimientos y permisos para la promoción y dinamización de la inversión en el país. Declárase como zonas intangibles los cauces de las riberas, las fajas marginales y las fajas de terreno que conforman el derecho de vía de la red vial del Sistema Nacional de Carreteras; y prohíbese expresamente la transferencia o cesión para fines de vivienda, comercio, agrícolas y otros, sean estas para posesiones informales,*

*habilitaciones urbanas, programas de vivienda o cualquier otra modalidad de ocupación poblacional.*

Que, la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza, determinó la necesidad de desarrollar la delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado, del distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, ámbito de la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete, con la finalidad de contar con un documento técnico que sustente el espacio que ocupará la faja marginal para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otro servicio.

Que, los estudios con modelamiento hidráulico para la delimitación de la faja marginal del río Mala, se encuentran desarrollados en la Memoria del «Estudio de Delimitación de la Faja Marginal de la Quebrada Corral Quemado Afluente al Río Mala 1,98 Km»; describiendo la topografía, análisis de máximas avenidas, simulación hidráulica, análisis de peligrosidad extrema, dimensionamiento de la faja marginal, alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce y propuesta de ubicación de hitos, así como la recomendación para la aprobación de la citada delimitación.

Que, con Memorando 3532-2024-ANA-AAA.CF de 2025-10-24, se hizo de conocimiento a la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete, la conclusión de los estudios básicos de delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado, del distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, requiriéndole la realización de una diligencia de verificación técnica de campo con participación del gobierno local y otras entidades administrativas; para luego emitir finalmente su opinión con arreglo a lo establecido en la Resolución Jefatural 332-2016-ANA.

Que, la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete, en función a la diligencia de verificación técnica de campo previamente programada y realizada el 2024-12-18, la cual obra en el expediente, emitió el Informe Técnico 0011-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG de fecha 02 de abril de 2025 que se anexa, concluyendo que: *(...) De la evaluación realizada, se concluye que dentro de la faja marginal no hay construcciones de ningún tipo, sea rural o de material noble; asimismo, la mayoría de los hitos se ubican en ladera de montaña a excepción del hito N. ° 01 de la margen derecha, que se ubica en el borde de un segundo camino y el hito N. ° 01 de la margen izquierda se ubica en un predio agrícola.* Para luego concluir recomendando que se continúe con el trámite.

Que, el Área Técnica de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza luego de analizar y evaluar técnicamente los actuados, emitió el Informe Técnico 0167-2025-ANA-AAA.CF/LAAO de 2025-10-15 que se anexa a la presente resolución<sup>1</sup>, precisando en el acápite **2.2 que:** se ha recopilado y analizado la información hidrológica proveniente del estudio denominado «Estudio Base de Hidrología – Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)», elaborado por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN). Dentro de dicho estudio, la quebrada Corral Quemado es identificada como uno de los principales aportantes de la cuenca del río Mala, constituyendo un elemento fundamental en el comportamiento hidrológico del sistema fluvial; y que, en cuanto a la Caracterización geomorfológica, los parámetros geomorfológicos de la quebrada Corral Quemado fueron evaluados considerando los aspectos de forma, relieve y drenaje, los cuales se detallan según los resultados obtenidos

---

<sup>1</sup> **Decreto Supremo 004-2019-JUS que aprueba el TUO de la Ley 27444 “Ley General del Procedimiento Administrativo General”**

<sup>16</sup>. Motivación del acto administrativo

6.2 Puede motivarse mediante la declaración de conformidad con los fundamentos y conclusiones de anteriores dictámenes, decisiones o informes obrantes en el expediente, a condición de que se les identifique de modo certero, y que por esta situación constituyan parte integrante del respectivo acto. Los informes, dictámenes o similares que sirvan de fundamento a la decisión, deben ser notificados al administrado juntamente con el acto administrativo

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : <CLAVE\_ACCESO>

en el estudio base. De esta manera, el análisis de las características geomorfológicas permite comprender la configuración morfométrica de la cuenca, su topografía y su red de drenaje, factores determinantes para la estimación del escurrimiento superficial y el desarrollo de eventos de avenidas máximas. Seguidamente y para un análisis más detallado, la cuenca fue discretizada en dos subunidades hidrográficas, cuyos parámetros morfométricos se presentan en la Tabla N. ° 4: Parámetros morfométricos de las subunidades de la Quebrada Corral Quemado. Respecto a la Información pluviométrica e hidrometeorológica; se tiene que, de acuerdo con el estudio hidrológico proporcionado por ANIN, se dispone de registros pluviométricos discontinuos comprendidos entre los años 1986 y 2023, correspondientes a las estaciones pluviométricas relevantes para el proyecto. El área de estudio se encuentra influenciada por una red de once (11) estaciones pluviométricas, que cuentan con series históricas representativas de precipitación diaria y máxima, las cuales resultan esenciales para la estimación de las avenidas máximas. Con el fin de mejorar la representatividad espacial y climática de los registros, se incorporaron adicionalmente las estaciones hidrometeorológicas Matucana y Langa, por su proximidad geográfica a la cuenca y su similitud climática con la cuenca del río Mala, conforme al Mapa Climático del Perú elaborado por el SENAMHI, bajo la Clasificación Climática de Warren Thornthwaite (SENAMHI, 2020). En cuanto al análisis de precipitación máxima; una vez seleccionado el modelo probabilístico de mejor ajuste para cada estación, se determinaron las precipitaciones máximas en 24 horas correspondientes a periodos de retorno de 2, 10, 25, 50, 100 y 200 años. Este proceso se realizó mediante el **análisis** estadístico de las series de precipitación utilizando el software Hyfran, que permite estimar los valores de precipitación máxima asociados a diferentes frecuencias de excedencia. Los resultados obtenidos se consolidaron en la Tabla N. ° 6: Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno. Luego; los **caudales máximos** fueron estimados a través del **modelamiento precipitación-escorrentía** implementada en el software **HEC-HMS**, considerando dos enfoques principales: **1.** Modelo integral, que incluye los aportes de las quebradas a intervenir, bajo un escenario de tormenta general sobre la Quebrada Corral Quemado. **2.** Modelos específicos, correspondientes a los puntos de interés dentro de las quebradas evaluadas. Los **caudales líquidos máximos** para distintos periodos de retorno (10, 25, 50, 100 y 200 años) se presentan en la **Tabla N.º 7: Caudales máximos estimados para la quebrada Corral Quemado.** así, de acuerdo con la normativa vigente en materia de delimitación de fajas marginales según Resolución Jefatural 332-2016-ANA y los resultados del estudio hidrológico de avenidas máximas, se recomienda considerar los caudales correspondientes al periodo de retorno de 100 años. Esta recomendación se fundamenta en la presencia de viviendas y asentamientos poblacionales localizados en las zonas colindantes y dentro de los cauces de las quebradas evaluadas, lo cual incrementa el nivel de riesgo por inundación y erosión lateral.

| <b>CUENCA</b> | <b>Caudales máximos para periodo de retorno de 100 años</b> |
|---------------|-------------------------------------------------------------|
| SU1           | 2,50 m³/s                                                   |
| Sink-1        | 2,50 m³/s                                                   |

Para luego concluir indicando que se debe establecer la delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado en ambas márgenes del cauce principal en una longitud de (1,98 Km) acuerdo a la metodología de modelamiento hidráulico, el cual cuenta con un total de 48 hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 24 hitos corresponden a la margen derecha y 24 hitos a la margen Izquierda, ubicado hidrográficamente en la cuenca del río Mala y políticamente en los distritos de Calango, provincia de Cañete y región Lima. Los detalles se presentan en el cuadro



respectivo y en los mapas incluidos en el anexo del informe. Asimismo, se recomienda a los gobiernos locales la elaboración de planes de ordenamiento territorial a mediano y largo plazo, que contemplen la reubicación de la población asentada en zonas de riesgo, considerando que los proyectos estructurales tienen una vida útil limitada. También se sugiere tener en cuenta las recomendaciones y alternativas expuestas en el informe, con el fin de proteger unidades productivas, centros poblados y prevenir posibles impactos en áreas agrícolas cercanas, vías de comunicación y otras infraestructuras.

Que, en el acápite 3.7 del citado Informe dice (...) de la quebrada Ceniza, **siendo lo correcto: de la quebrada Corral Quemado**; así como el cuadro técnico de ubicación del tramo de estudio, dice 1,90 Km y debe decir 1,98 Km.

Que; al respecto, estando al mérito de las consideraciones técnicas anteriormente expuestas y en cuyos documentos se concluye determinar su viabilidad para sustentar el espacio que ocupará la faja marginal para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otros servicios públicos con arreglo a lo establecido en la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, como en la Resolución Jefatural 332-2016-ANA que aprobó el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales, se debe se debe aprobar el «Estudio de Delimitación de la Faja Marginal de la Quebrada Corral Quemado Afluente al Río Mala 1,98 Km»; así como la delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado en ambas márgenes del cauce principal en una longitud de (1,98 Km) de acuerdo a la metodología de modelamiento hidráulico, el cual cuenta con un total de 48 hitos, 24 hitos corresponden a la margen derecha y 24 hitos a la margen izquierda, ubicado hidrográficamente en la cuenca del río Mala y políticamente en los distritos de Calango, provincia de Cañete y región Lima, con las especificaciones desarrolladas en el Informe Técnico 0167-2025-ANA-AAA.CF/LAAO de 2025-10-15.

Que, estando al Informe Legal 0322-2025-ANA-AAA-CF/JAPA de 2025-11-12, Informe Técnico 0011-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG de fecha 02 de abril de 2025, emitido por la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete e Informe Técnico 0167-2025-ANA-AAA.CF/LAAO de 2025-10-15, en aplicación a lo dispuesto por el Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo 018-2017-MINAGRI;

### **SE RESUELVE:**

**ARTICULO 1.-** Aprobar, el «Estudio de Delimitación de la Faja Marginal de la Quebrada Corral Quemado Afluente al Río Mala 1,98 Km», realizados en el distrito de Calango de la provincia de Cañete, departamento de Lima, ámbito de la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete.

**ARTICULO 2.-** Delimitar la faja marginal de la quebrada Corral Quemado en ambas márgenes del cauce principal en una longitud de (1,98 Km) de acuerdo a la metodología de modelamiento hidráulico, el cual cuenta con un total de 48 hitos georreferenciadas y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 24 hitos corresponden a la margen derecha y 24 hitos a la margen izquierda, ubicado hidrográficamente en la cuenca del río Mala y políticamente en los distritos de Calango, provincia de Cañete y región Lima, de acuerdo con las características técnicas detalladas en los cuadros siguientes:

| Ubicación del tramo de estudio - Quebrada Corral Quemado - Longitud 1,98 km |                |         |                      |         |                        |               |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|----------------------|---------|------------------------|---------------|
| Cuerpo de Agua                                                              | Sector         | Inicio  |                      | Final   |                        | Longitud (km) |
|                                                                             |                | Este    | Norte                | Este    | Norte                  |               |
| Quebrada                                                                    | Corral Quemado | 343 811 | 8 621 656            | 345 498 | 8 621 595              | 1,98          |
| N. ° HITOS                                                                  |                | 48      | Hitos Margen Derecha |         | Hitos Margen Izquierda |               |
|                                                                             |                |         | 24                   |         | 24                     |               |

#### FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN DERECHA

| PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
|-------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| HD-01 | 343 829  | 8 621 634 | HD-13 | 344 546  | 8 621 343 |
| HD-02 | 343 912  | 8 621 491 | HD-14 | 344 570  | 8 621 331 |
| HD-03 | 343 935  | 8 621 473 | HD-15 | 344 605  | 8 621 342 |
| HD-04 | 344 019  | 8 621 481 | HD-16 | 344 748  | 8 621 323 |
| HD-05 | 344 052  | 8 621 469 | HD-17 | 344 806  | 8 621 298 |
| HD-06 | 344 082  | 8 621 431 | HD-18 | 344 925  | 8 621 295 |
| HD-07 | 344 206  | 8 621 416 | HD-19 | 345 100  | 8 621 348 |
| HD-08 | 344 243  | 8 621 422 | HD-20 | 345 223  | 8 621 424 |
| HD-09 | 344 420  | 8 621 404 | HD-21 | 345 352  | 8 621 487 |
| HD-10 | 344 483  | 8 621 370 | HD-22 | 345 396  | 8 621 515 |
| HD-11 | 344 507  | 8 621 376 | HD-23 | 345 448  | 8 621 573 |
| HD-12 | 344 533  | 8 621 364 | HD-24 | 345 496  | 8 621 606 |

#### FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA

| PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
|-------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| HI-01 | 343 803  | 8 621 618 | HI-13 | 344 531  | 8 621 329 |
| HI-02 | 343 890  | 8 621 469 | HI-14 | 344 565  | 8 621 314 |
| HI-03 | 343 920  | 8 621 445 | HI-15 | 344 607  | 8 621 322 |
| HI-04 | 344 015  | 8 621 451 | HI-16 | 344 746  | 8 621 305 |
| HI-05 | 344 042  | 8 621 444 | HI-17 | 344 804  | 8 621 277 |
| HI-06 | 344 071  | 8 621 415 | HI-18 | 344 923  | 8 621 270 |
| HI-07 | 344 205  | 8 621 399 | HI-19 | 345 112  | 8 621 323 |
| HI-08 | 344 253  | 8 621 400 | HI-20 | 345 243  | 8 621 413 |
| HI-09 | 344 414  | 8 621 383 | HI-21 | 345 363  | 8 621 470 |
| HI-10 | 344 480  | 8 621 351 | HI-22 | 345 423  | 8 621 508 |
| HI-11 | 344 502  | 8 621 358 | HI-23 | 345 463  | 8 621 558 |
| HI-12 | 344 521  | 8 621 349 | HI-24 | 345 505  | 8 621 590 |

**ARTÍCULO 3.-** Se anexan el Informe Técnico 0011-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG de fecha 02 de abril de 2025, emitido por la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete e Informe Técnico 0167-2025-ANA-AAA.CF/LAAO de 2025-10-15 emitido por el Área Técnica de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza, así como mapas «Anexo 1» y la Memoria del «Estudio de Delimitación de la Faja Marginal de la Quebrada Corral Quemado Afluente al Río Mala 1,98 Km» debidamente visada como parte integrante del presente acto administrativo.

**ARTÍCULO 4.- Exhortar** a la Municipalidad Distrital de Calango y Municipalidad Provincial de Cañete a cumplir con lo establecido en el numeral 120.1 del artículo 120 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, el cual dispone que en los terrenos colindantes con las riberas debe mantenerse una franja marginal libre. Esta franja es indispensable para garantizar la protección del recurso hídrico, el uso primario del agua, el libre tránsito, la actividad pesquera, la habilitación de caminos de vigilancia y otros servicios públicos, según corresponda.

**ARTÍCULO 5.-** Notificar la presente Resolución a la Municipalidad Distrital de Calango y Municipalidad Provincial de Cañete, al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, al Organismo de Formalización de la Propiedad Informal «COFOPRI», al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres «CENEPRED», al Gobierno Regional de Lima, al Instituto Nacional de Defensa Civil, a la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales, Superintendencia Nacional De Registros Públicos «SUNARP», a la Autoridad Nacional de Infraestructura «ANIN» a fin de realizar las acciones pertinentes para su conocimiento en el desarrollo del ámbito y su preservación como dominio público hidráulico de la faja marginal delimitada; y remitir copia a la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete, conforme a Ley.

Regístrese y comuníquese,

**FIRMADO DIGITALMENTE**

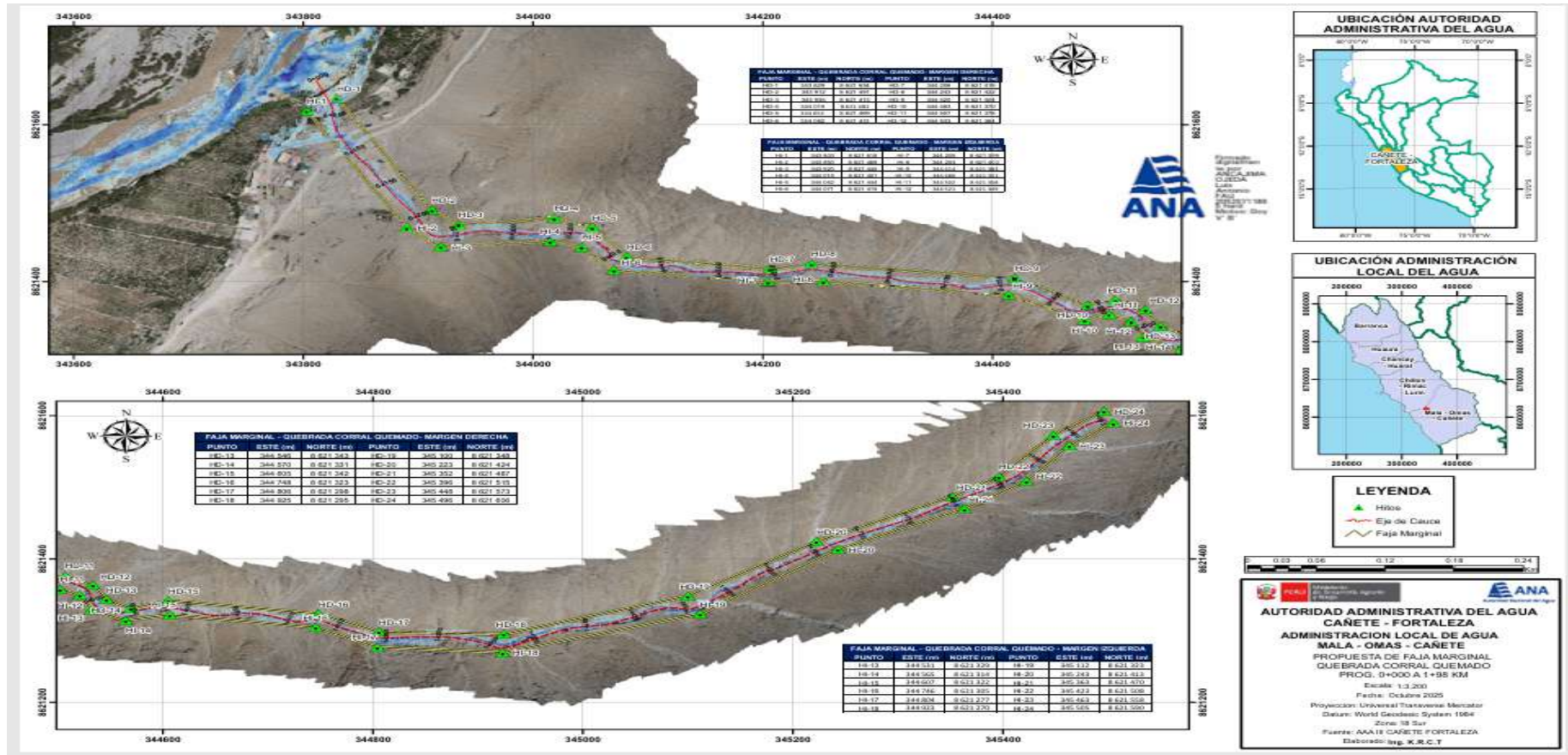
**EDILBERTO ACOSTA AGUILAR**

DIRECTOR (E)

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA - CAÑETE FORTALEZA

EAA/ppm/Javier P.

ANEXO -1



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://siged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 07F1D458

## **INFORME TÉCNICO N°001-2024-KRCT**

**A** : Abner Zavala Zavala  
: Director Autoridad Administrativa del Agua - Cañete Fortaleza

**ASUNTO** : Delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado

**REFERENCIA** : Estudios básicos para la delimitación de faja marginal de la quebrada Corral Quemado.

**FECHA** : Huaral, 23 de octubre 2024

Por medio del presente me dirijo a usted, en relación con el documento de la referencia, estudio de delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado, al respecto informo lo siguiente:

### **I. Antecedentes.**

- 1.1.** Los eventos extremos en la cuenca del río Mala son determinados por las inundaciones fluviales y pluviales durante los periodos de FEN y recientemente por el fenómeno anómalo Ciclón YAKU 2023. Este último causo estragos principalmente en la zona norte del Perú, donde las temperaturas son más altas, sin embargo, también llevo a producir.
- 1.2.** Los registros del FEN 2017 en el SENAMHI muestran que durante el mes de marzo de 2017 cerca del 50% de tiempo los caudales registrados en la estación La Capilla superaron el umbral rojo establecido por la misma entidad, esto corrobora que este evento fue uno de los más extremos soportados en la zona de interés.
- 1.3.** Durante el 26 febrero y 17 marzo del 2023 la estación hidrológica La Capilla registro caudales superiores a 110 m<sup>3</sup>/s, en términos de volumen por el río Mala incluido las zonas de inundación transitaron cerca de 240 MMC que influenciaron drásticamente en las inundaciones de este fenómeno.
- 1.4.** La Autoridad administrativa del Agua Cañete – Fortaleza en coordinación con la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), ha determinado la necesidad de desarrollar el «*Delimitación de Faja Marginal de la Quebrada Corral Quemado*», con la finalidad de contar con un documento técnico que sustenté el espacio que ocupará la faja marginal para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otro servicio.

### **II. Análisis.**

**Respecto al Informe Técnico realizado por Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza**

#### **2.1. Ubicación**

La cuenca de la quebrada Corral Quemado se encuentra ubicada en el distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N° 1. Ubicación política de la cuenca de la quebrada Corral Quemado**

| <b>Cuenca</b>           | <b>Departamento</b> | <b>Provincia</b> | <b>Distrito</b> |
|-------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Quebrada Corral Quemado | Lima                | Cañete           | Calango         |

*Fuente: Elaboración propia*



Firmado digitalmente  
por PACO NARVAEZ  
Alex Fabio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°



REPÚBLICA  
DEL PERÚ  
Firma Digital  
Firmado digitalmente por:  
CABANILLAS TAPIA KELLY DEL ROCIO  
FIR 47573291 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 23/10/2024 14:41:20-0500



## 2.2. Descripción del tramo de estudio

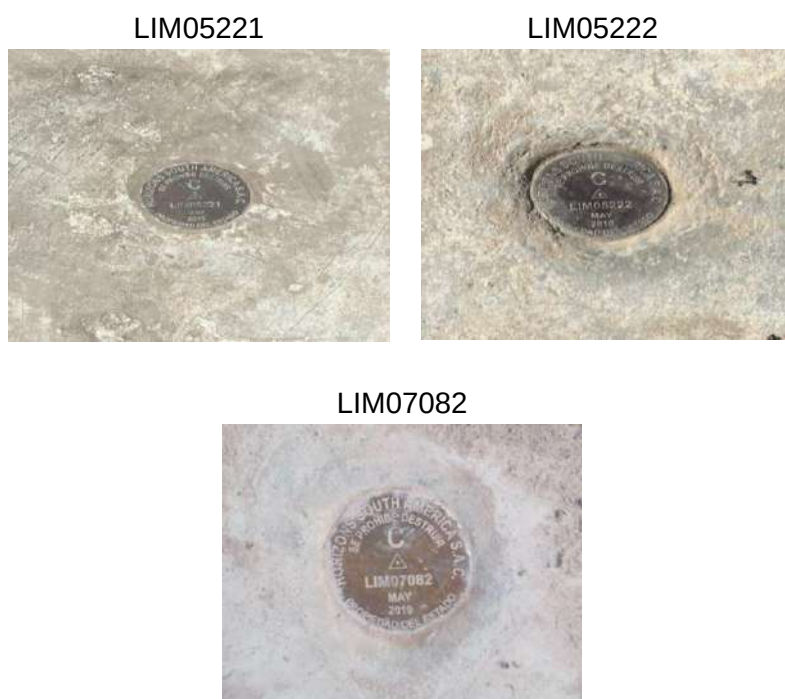
La quebrada Corral Quemado presenta una zona de transporte erosiva y depositante, con salida al río Mala, además se ubica el centro poblado Corral Quemado con 23 viviendas asentadas aproximadamente en la zona baja de la quebrada en mención, con una altitud mínima 413 msnm y máxima de 1 867 msnm, que bordean las partes altas de esta cuenca hidrográfica. La quebrada posee un área de 1,7 km<sup>2</sup> con una longitud total de 2,87 km.

## 2.3. Topografía

Se ha recopilado la información topográfica del estudio denominado: «Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala» proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), dentro del cual se detalla la verificación de los hitos de la red primaria y secundaria.

Dentro de la red primaria está compuesta de tres puntos geodésicos de orden «C», los cuales han sido certificado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con el nombre «Horizon South América S.A.C» en mayo de 2019.

**Figura 1: Punto de control de orden «C».**



*Fuente: Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala*

**Tabla 2. Puntos de control certificado.**

| PUNTO    | ESTE       | NORTE       | HAE [m]  | Cota EGM20 |
|----------|------------|-------------|----------|------------|
| LIM05221 | 324234.804 | 8605884.867 | 116.460  | 90.434     |
| LIM05222 | 342757.234 | 8620248.943 | 661.487  | 631.957    |
| LIM07082 | 368036.178 | 8657255.329 | 2716.092 | 2684.39    |

*Fuente: Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala*

De acuerdo con el estudio: «Informe de estudio base de modelo hidráulico base del río Mala» proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN) la topografía base ha sido entregada por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (Actualmente ANIN) en formato de nivel de puntos, esto como parte de los estudios básicos realizados en los PIP. Esta información fue actualizada y completada a fin de representar adecuadamente las condiciones actuales del terreno tanto para la zona del

río Mala y las principales quebradas identificadas.

Esta topografía fue generada en formato ráster en del tipo TIF para luego ser cargado al programa HEC-RAS a una resolución de píxel de 0.5 m x 0.5 m.

Para el presente estudio tomaremos solamente el tramo correspondiente a la quebrada Corral Quemado para realizar la modelación hidráulica respectiva, que servirá para la delimitación de la faja marginal.

**Figura 2: Modelo Digital de Elevación de la quebrada Corral Quemado**



*Fuente: Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala*

## 2.4. Análisis de Máximas Avenidas

Se ha recopilado la información hidrológica denominado: «Estudio base de Hidrología – Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)» proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN). Dentro de este estudio, la quebrada Corral Quemado es considerado como uno de los aportantes de la cuenca del río Mala.

Los parámetros geomorfológicos de la quebrada Corral Quemado han sido evaluados en base a los parámetros generales, forma, relieve y drenaje que se describen a continuación según los resultados obtenidos.

Las características geomorfológicas resultan relevantes para comprender el comportamiento de una cuenca en términos de su configuración, topografía y sistema de drenaje. Estos aspectos son fundamentales en el actual estudio hidrológico. Asimismo, en el estudio en mención realizaron los cálculos de las principales características geomorfológicas de la quebrada Corral Quemado:

**Tabla 4: Parámetros principales en la quebrada Corral Quemado**

| Río o Quebrada          | Área [km <sup>2</sup> ] | Perímetro [km] | Elevación media [m s.n.m.] | Elevación mínima [m s.n.m.] | Elevación máxima [m s.n.m.] | Longitud corriente máxima [km] | Pendiente corriente máxima [m/m] | Longitud corriente máxima desde el centroide [km] | Pendiente corriente máxima desde el centroide [m/m] | Pendiente media de la subcuenca [m/m] | Densidad de la red de drenaje [km/km <sup>2</sup> ] |
|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Quebrada Achique Sur    | 1.2                     | 8.2            | 3673                       | 3081                        | 4391                        | 3.27                           | 0.4012                           | 1.70                                              | 0.3045                                              | 0.5168                                | 1.168                                               |
| Quebrada Ceniza         | 12.8                    | 28.3           | 1134                       | 283                         | 2416                        | 10.06                          | 0.2124                           | 4.72                                              | 0.1337                                              | 0.4947                                | 1.062                                               |
| Quebrada Cochabamba     | 24.6                    | 31.8           | 1548                       | 415                         | 2288                        | 11.28                          | 0.1609                           | 6.76                                              | 0.1430                                              | 0.6032                                | 0.893                                               |
| Quebrada Corral Quemado | 1.7                     | 8.1            | 1246                       | 635                         | 1784                        | 2.87                           | 0.4015                           | 1.63                                              | 0.2761                                              | 0.6845                                | 0.987                                               |
| Quebrada Correviento    | 2.6                     | 10.8           | 516                        | 215                         | 901                         | 3.99                           | 0.1732                           | 2.21                                              | 0.0881                                              | 0.4327                                | 1.127                                               |
| Quebrada Huancani       | 89.9                    | 69.8           | 2059                       | 604                         | 3488                        | 26.39                          | 0.1095                           | 12.72                                             | 0.0919                                              | 0.5299                                | 0.966                                               |
| Quebrada La Capilla     | 5.5                     | 17.5           | 1184                       | 407                         | 1860                        | 6.61                           | 0.2191                           | 3.19                                              | 0.2218                                              | 0.5542                                | 1.085                                               |
| Quebrada La Vuelta      | 28.3                    | 30.7           | 1367                       | 345                         | 2419                        | 10.48                          | 0.1872                           | 5.76                                              | 0.1128                                              | 0.5802                                | 0.952                                               |
| Quebrada Millay         | 28.9                    | 39.4           | 637                        | 106                         | 1538                        | 15.79                          | 0.0908                           | 7.90                                              | 0.0439                                              | 0.4036                                | 1.054                                               |
| Quebrada P. Prieta      | 2.0                     | 10.1           | 919                        | 380                         | 1608                        | 3.78                           | 0.3255                           | 1.98                                              | 0.2178                                              | 0.5699                                | 1.249                                               |
| Quebrada Taculán        | 7.3                     | 19.8           | 3523                       | 2420                        | 4428                        | 7.28                           | 0.2772                           | 3.82                                              | 0.2556                                              | 0.5071                                | 1.092                                               |
| Quebrada Torihuasi      | 0.8                     | 6.0            | 1404                       | 738                         | 1948                        | 2.26                           | 0.5390                           | 1.28                                              | 0.4968                                              | 0.6875                                | 0.586                                               |
| Quebrada Viscas         | 16.9                    | 30.6           | 2581                       | 1414                        | 3698                        | 11.15                          | 0.2151                           | 4.57                                              | 0.1397                                              | 0.5035                                | 1.480                                               |



Fuente: Estudio Base de Hidrología: Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)

Así mismo, para realizar un análisis detallado de la cuenca en estudio, se ha trabajado con una subunidad hidrográfica. A continuación, se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 1: Parámetros morfométricos en las subunidades quebrada Corral Quemado**

| Río o Quebrada | Parámetros de forma de la cuenca |                |                             |                                                |                           |                 |
|----------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|
|                | Área (km <sup>2</sup> )          | Perímetro (km) | Long. corriente máxima (km) | Long. corriente máxima desde el centroide (km) | Coeficiente de compacidad | Factor de Forma |
| SU1            | 5,45                             | 17,87          | 6,72                        | 3,22                                           | 2,16                      | 0,12            |

| Río o Quebrada | Parámetros de relieve de la cuenca |                         |                         |                       |                        |                        |                        |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                | Elev. Máx. cuenca (msnm)           | Elev. Med cuenca (msnm) | Elev. Min cuenca (msnm) | Pendiente cauce (m/m) | Pendiente cuenca (m/m) | Elev. Min cauce (msnm) | Elev. Máx Cauce (msnm) |
| SU1            | 1867,04                            | 1140,46                 | 413,88                  | 0,22                  | 0,56                   | 413,88                 | 1864,37                |

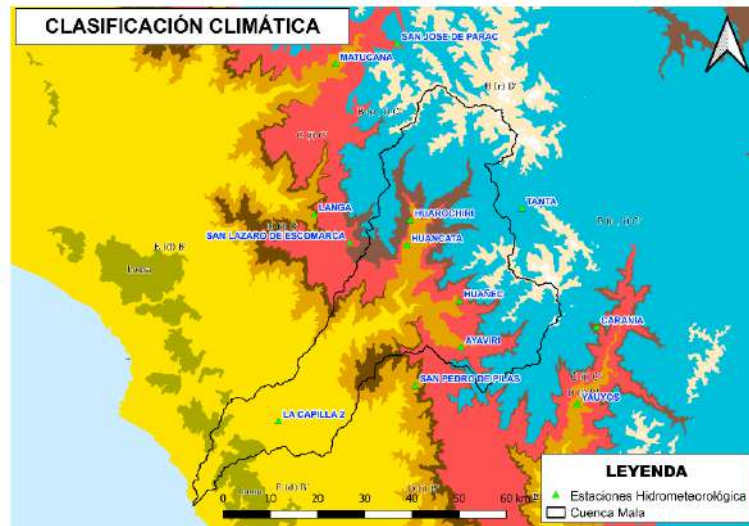
| Río o Quebrada | Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca |                 |                      |                                   |                  |            |              |              |               |         |
|----------------|------------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------------|------------------|------------|--------------|--------------|---------------|---------|
|                | Kirpich (hr)                                   | Met. Kerby (hr) | Kerby - Kirpich (Hr) | California Culverts Practice (hr) | Ven te Chow (hr) | Temez (hr) | Tournon (Hr) | Passini (Hr) | Rango Tc      | Tc (hr) |
| SU1            | 0,52                                           | 0,72            | 1,51                 | 0,52                              | 0,89             | 1,71       | 0,88         | 0,77         | [0,52 – 1,71] | 0,94    |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el estudio hidrológico proporcionado por ANIN, se cuenta con registros disponibles desde el año 1986 hasta 2023 de manera discontinua en las estaciones pluviométricas relevantes para el proyecto. La información proporcionada referente a la información pluviométrica, el área de estudio se encuentra rodeada por una red pluviométrica compuesta por once (11) estaciones que cuentan con un registro considerable de datos de precipitación, cruciales para el estudio de máximas avenidas.

Sin embargo, y de acuerdo al análisis realizado se ha optado por añadir dos estaciones hidrometeorológicas, siendo éstas Matucana y Langa, debido a la cercanía que se encuentran dichas estaciones a la cuenca hidrográfica, y además comparten la misma clasificación climática con la cuenca Mala, eso de acuerdo con el mapa climático del Perú, elaborado por el SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>), según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - SENAMHI (2020).

**Figura 3: Clasificación climática de la cuenca Mala y las estaciones hidrometeorológicas**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5: Estaciones pluviométricas seleccionadas para el análisis de máximas avenidas**

| Estación                | Este    | Norte     | Altitud | Escala | Cuenca | Registro |
|-------------------------|---------|-----------|---------|--------|--------|----------|
| Ayaviri                 | 376 427 | 8 630 933 | 3224    | Diaria | Mala   | 29,0     |
| Carania                 | 405 177 | 8 635 208 | 3840    | Diaria | Cañete | 36,0     |
| Huancata                | 365 027 | 8 652 551 | 2684    | Diaria | Mala   | 34,0     |
| Huañec                  | 376 135 | 8 640 720 | 3200    | Diaria | Mala   | 31,0     |
| Huarochiri              | 365 695 | 8 657 788 | 3120    | Diaria | Mala   | 26,0     |
| La Capilla 2            | 337 761 | 8 615 299 | 414     | Diaria | Mala   | 21,0     |
| Langa                   | 345 361 | 8 659 060 | 2863    | Diaria | Lurín  | 42,0     |
| Matucana                | 349 887 | 8 690 865 | 2417    | Diaria | Rímac  | 44,0     |
| San Jose de Parac       | 362 933 | 8 695 196 | 3829    | Diaria | Rímac  | 34,0     |
| San Lazaro de Escomarca | 352 901 | 8 653 078 | 3758    | Diaria | Lurín  | 31,0     |
| San Pedro de Pilas      | 366 802 | 8 622 847 | 2690    | Diaria | Omas   | 35,0     |
| Tanta                   | 389 369 | 8 660 339 | 4323    | Diaria | Cañete | 31,0     |
| Yauyos                  | 401 075 | 8 618 901 | 2285    | Diaria | Cañete | 30,0     |

Fuente: Elaboración propia

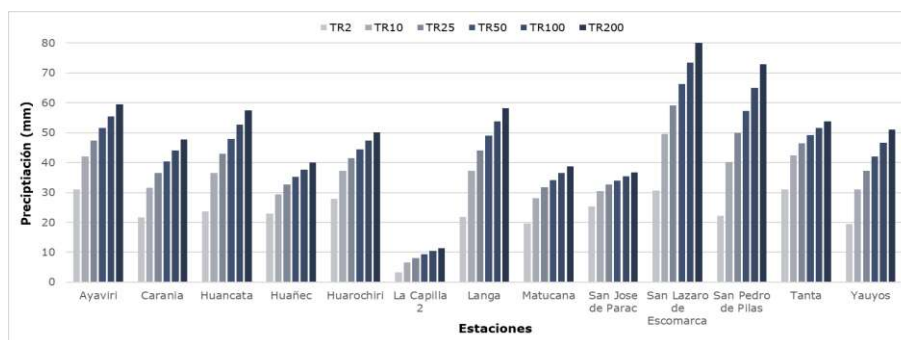
Seleccionado para cada estación el modelo probabilístico con mejor ajuste, se determinaron la precipitación máxima en 24 horas, para periodos de retorno de 2, 10, 25, 50, 100 y 200 años, en las 11 estaciones, esto se logró gracias al proceso estadístico de las series de datos realizado con el programa Hyfran que permite obtener los resultados de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno para cada estación pluviométrica analizada.

**Tabla 6: Precipitación Máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno**

| Estación                | Distribución     | Periodo de Retorno |       |       |       |       |       |
|-------------------------|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |                  | 2                  | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   |
| Ayaviri                 | Gumbel           | 31.05              | 41.94 | 47.43 | 51.49 | 55.53 | 59.55 |
| Carania                 | Gumbel           | 21.68              | 31.60 | 36.59 | 40.30 | 43.97 | 47.64 |
| Huancata                | Gumbel           | 23.60              | 36.52 | 43.02 | 47.84 | 52.63 | 57.40 |
| Huañec                  | Gumbel           | 22.88              | 29.43 | 32.73 | 35.17 | 37.60 | 40.02 |
| Huarochiri              | Lognormal        | 27.81              | 37.29 | 41.52 | 44.51 | 47.37 | 50.16 |
| La Capilla 2            | Gamma            | 3.28               | 6.55  | 8.13  | 9.27  | 10.40 | 11.40 |
| Langa                   | Gamma            | 21.91              | 37.19 | 44.14 | 49.04 | 53.72 | 58.25 |
| Matucana                | Gamma            | 19.59              | 28.09 | 31.71 | 34.20 | 36.55 | 38.79 |
| San Jose de Parac       | Lognormal        | 25.34              | 30.46 | 32.58 | 34.03 | 35.39 | 36.68 |
| San Lazaro de Escomarca | Lognormal        | 30.63              | 49.58 | 59.14 | 66.28 | 73.42 | 80.64 |
| San Pedro de Pilas      | Lognormal        | 22.23              | 40.15 | 49.86 | 57.34 | 65.03 | 72.96 |
| Tanta                   | Normal           | 30.96              | 42.36 | 46.53 | 49.22 | 51.65 | 53.86 |
| Yauyos                  | Pearson Tipo III | 19.50              | 31.08 | 37.31 | 41.95 | 46.54 | 51.10 |

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 4: Precipitaciones en diferentes periodos de retorno**



Fuente: Elaboración Propia

Los caudales han sido determinados empleando el modelamiento precipitación-escorrentía con HEC-HMS. Bajo este concepto se han determinado [1] caudal para el modelo integral del cauce principal. A continuación, se muestra el caudal para los diferentes periodos de retorno para la quebrada Corral Quemado

**Tabla 2: Caudales líquidos máximos para distintos periodos de retorno en puntos de interés**

| Quebrada | Área (km <sup>2</sup> ) | Caudales máximos para diferentes periodos de retorno (m <sup>3</sup> /s) |      |      |      |      |
|----------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
|          |                         | 10                                                                       | 25   | 50   | 100  | 200  |
| SU1      | 1,70                    | 0,60                                                                     | 1,30 | 1,90 | 2,50 | 3,10 |
| Sink-1   | 1,70                    | 0,60                                                                     | 1,30 | 1,90 | 2,50 | 3,10 |

Fuente: Elaboración propia

Bajo las disposiciones establecidas en la normativa vigente en materia de delimitación de fajas marginales y efectuado el estudio hidrológico de máximas avenidas se recomienda considerar los caudales determinados para un periodo de retorno de 100 años, porque existen viviendas y/o poblaciones asentadas próximas y en los mismos cauces de las quebradas en estudio.

**Tabla 3: Caudales máximos recomendados para delimitación de fajas marginales**

| CUENCA | Caudales máximos para periodo de retorno de 100 años |
|--------|------------------------------------------------------|
| SU1    | 2,50 m <sup>3</sup> /s                               |
| Sink-1 | 2,50 m <sup>3</sup> /s                               |

Fuente: Elaboración propia

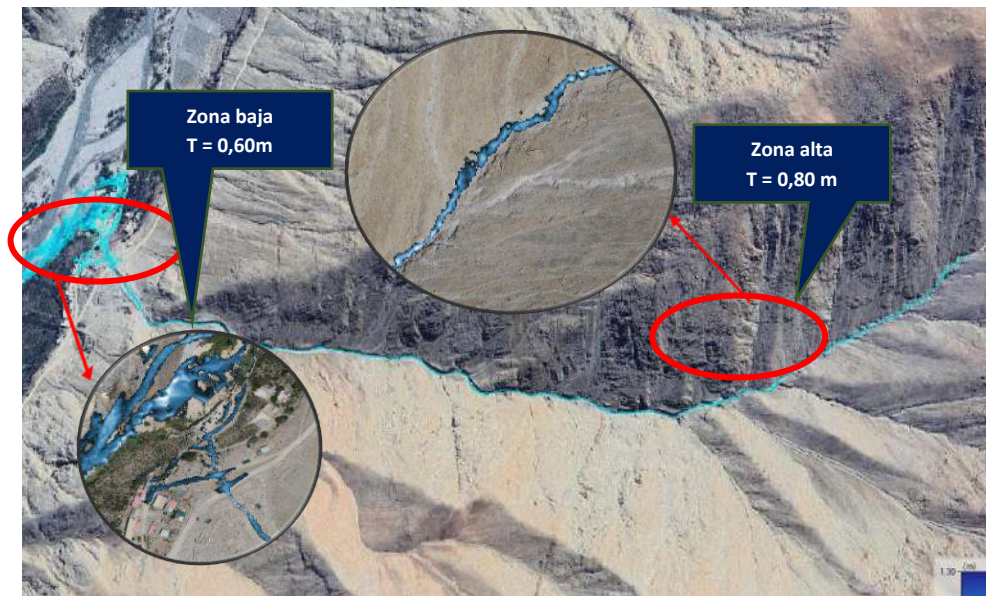
## 2.5. Simulación Hidráulica

### Identificación de tirantes

En la parte alta de la quebrada Corral Quemado se observa que el caudal de entrada es de 2,97 m<sup>3</sup>/s, con tirantes de hasta 0,80 m en la zona alta, para el periodo de retorno de 100 años. Así mismo en la zona baja alcanza un tirante de 0,60 m, con un caudal de salida de 2,98 m<sup>3</sup>/s, ubicado cerca al centro poblado de Corral Quemado.



**Figura 5: Tirantes máximos para el TR 100 años**



*Fuente: Elaboración propia*

### **Identificación de velocidades**

En la zona alta de la quebrada Corral Quemado, se muestran velocidades de hasta 5,34 m/s, debido a las altas pendientes que se originan, mientras que, en la zona baja, donde se encuentra el centro poblado de Corral Quemado, se tiene velocidades de hasta 2,38 m/s, ante una posible activación de la quebrada para el periodo de retorno de 100 años.

**Figura 6: Velocidades máximas para el TR 100 años**



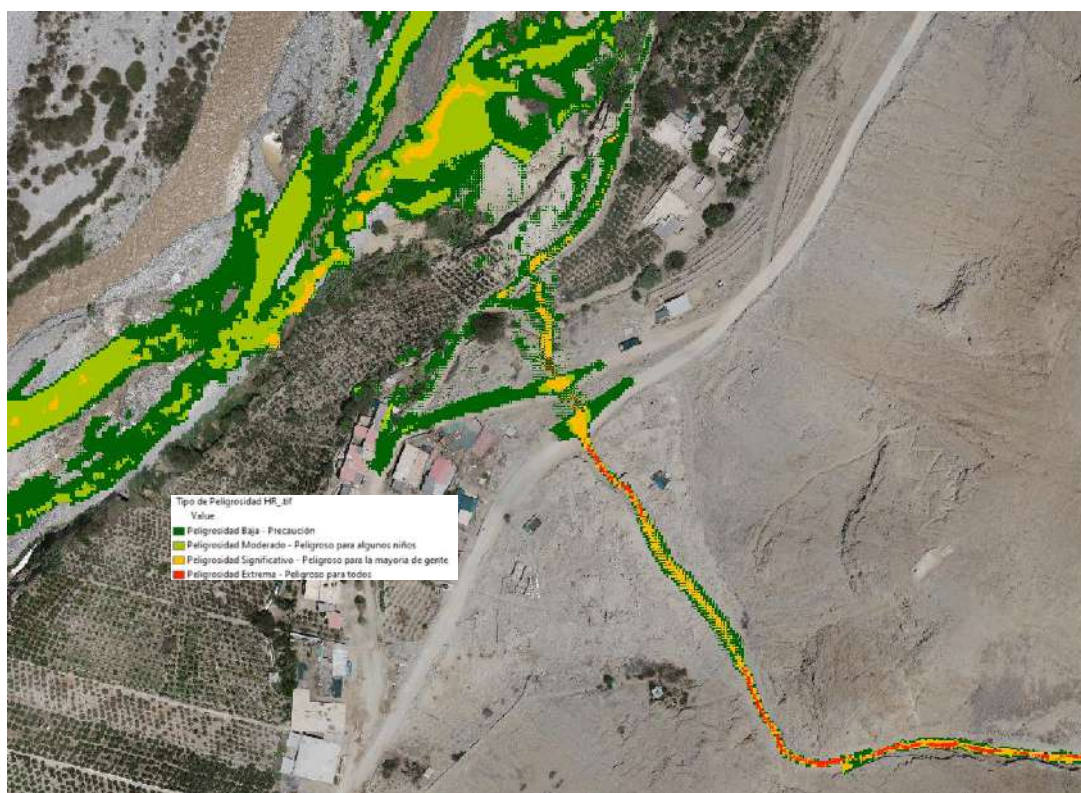
*Fuente: Elaboración propia*

## 2.6. Cálculos y niveles de riesgo

De la simulación para el escenario del periodo de retorno de 100 años se obtuvo los mapas de peligrosidad. En ese caso analizaremos las zonas de inundación que a continuación se describirá:

- Con respecto a las áreas afectadas aguas abajo, el cauce muestra un índice de peligrosidad significativo a extremo. Mientras que las zonas inundables muestran un índice de peligrosidad baja. Si bien no es peligroso para la mayoría de personas del centro poblado Corral Quemado se debería considerar como punto crítico ya que no cuenta con defensas ribereñas que pueda proteger en caso de que suceda un evento extremo.

**Figura 7: Índice de peligrosidad – Quebrada Corral Quemado**



*Fuente: Elaboración propia*

## 2.7. Dimensionamiento de la faja marginal.

Marginal existente y con vigencia, antes de la aprobación de la presente. Sobre ella se actualizarán donde sea necesario y de acuerdo con los resultados de la modelación hidráulica, los tramos correspondientes, de acuerdo con los criterios siguientes:

- a) El reglamento de fajas marginales de la ANA determina que, una vez determinado el límite superior de la ribera, se establece el ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con lo señalado en el artículo 12, por tanto, se propone un ancho mínimo de 3.0 metros para cada margen, a partir del límite de la ribera, debido a que la pendiente del tramo de la quebrada Corral Quemado y sus aportantes, su tipo de fuente es quebrada y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonado de material rocoso.



**Tabla 4. Ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con el tipo de fuente**

| Tipo de fuente                                                                                 | Ancho mínimo (m) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso     | 3                |
| Tramo de ríos con pendiente media (1 – 2%)                                                     | 4                |
| Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas                 | 6                |
| Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas                       | 10               |
| Tramos de ríos con estructuras de defensas ribereñas (Gaviones, diques, enrocados, muros, etc) | 4 <sup>1</sup>   |
| Tramos de río de selva con baja pendiente (menores a 1%)                                       | 25               |
| Lagos y lagunas                                                                                | 10               |
| <sup>1</sup> Medidos a partir del pie de talud externo                                         |                  |

Fuente: Resolución Jefatural N° 332- 2016-ANA

Cabe al aclarar de acuerdo al Artículo N° 114 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, se determinan los criterios para la delimitación de las riberas y faja marginal respectivamente como b) Espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas de los cauces y c) El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

## 2.8. Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce.

Las Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública indica algunas medidas estructurales para mitigar el impacto negativo del peligro, que se describirán a continuación:

- a) **Reforestación:** Para proteger la cuenca receptora, una de las acciones a realizar es la reforestación. Según García Najera afirma «La vegetación abarca el bosque propiamente dicho, es la más eficaz protección del suelo, ya que ésta afecta a toda la considerable profundidad a que alcanzan las raíces de los árboles»...«Además, a la protección debida a los árboles suele sumarse la de las hierbas y matorral que pueden crecer bajo aquellos; y cuando se trata de especies que no permiten el desarrollo de un subpiso, ello es debido a la abundancia de raíces ya que estas especies forman una cubierta muy tupida y espesa factores ambos que ofrecen una protección efficacísima. Para poder establecer la reforestación se requieren obras como terrazas, bancales, drenajes, albarradas, palizadas, fajinas y barreras vivas

**Figura N° 8. Alternativas de reforestación**





**b) Obras en cauce:** Paralelamente a las acciones de manejo de la cuenca receptora hay que desarrollar una serie de éstas en el cauce que tienen por objeto, aumentar la capacidad de transporte de agua del mismo, disminuir la velocidad de flujo y disipar la energía del agua. Son tan necesarias como las de conservación de la cuenca porque si no se reduce el poder erosivo del agua en los cauces, estos se profundizan y se pierde la capacidad de soporte de las laderas y se desestabilizan llegando a producir derrumbes de consideración que agravan el fenómeno torrencial. A continuación, se detalla el tipo de estructuras a realizar:

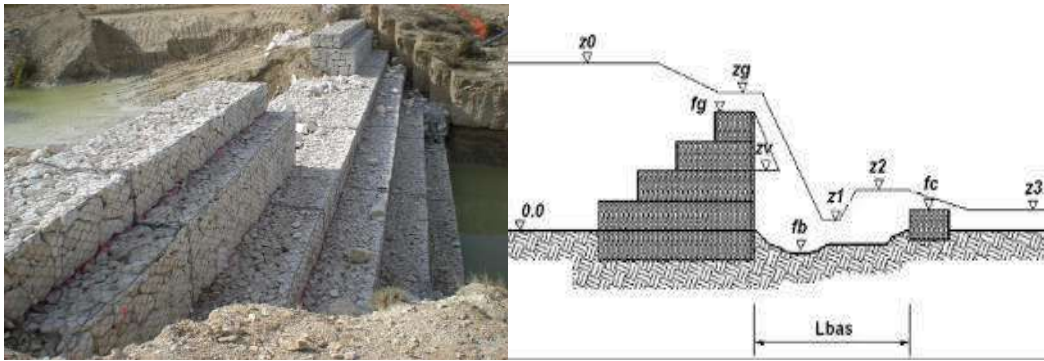
**Diques.** Son estructuras transversales a la dirección del flujo de la quebrada y tienen por objeto regular los caudales en épocas de crecimientos o promover la sedimentación aguas arriba de tal manera que se formen colchones de sedimentos y un escalonamiento a lo largo del cauce.

**Figura N° 9. Dique de retención de sólido de mampostería (a) y roca (b)**



- **Utilización de Gaviones.** La mampostería gavionada ofrece una alternativa práctica y económica especialmente: a) Cuando hay dificultades para la cimentación de una estructura rígida, b) Cuando hay disponibilidad de materiales adecuados para el relleno de los gaviones, c) Dificultad de transporte de otros materiales que no sean los gaviones vacíos y de disponibilidad de mano de obra. Las principales obras de gaviones empleadas son: presas de vertederos, graderías de disipación de energía y presas permeables. Las primeras pueden ser formadas por una o varias hileras de gaviones según sea el caso y pueden requerir paredes de acercamiento y comportamiento del talud para evitar separación por erosión.

**Figura N° 10. Dique de gavión para la corrección hidrológica**



*Fuente: Elaboración propia*

Para el caso de obras como carreteras y/o obras de derivación, las Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública indica algunas medidas estructurales para mitigar el impacto negativo del peligro, que se describirán a continuación:

### **c) Carreteras**

- Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección con el fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.
- Cuando el trazo de la carretera corta el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de la carretera con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas de las quebradas.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.
- Diseñar obras complementarias de estabilidad de taludes, como el desarrollo de especies vegetales, etc.

Considerar el diseño de obras complementarias para derivar fuera del área de influencia de las obras, los volúmenes de los deslizamientos, a través de la construcción de muros de encauzamiento.

## **2.9. Ubicación de hitos**

Los hitos quedan establecidos de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 5. Propuesta de Hitos de la faja marginal**

| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN DERECHA |          |           |       |          |           |
|----------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                    | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HD-01                                                    | 343 829  | 8 621 634 | HD-13 | 344 546  | 8 621 343 |
| HD-02                                                    | 343 912  | 8 621 491 | HD-14 | 344 570  | 8 621 331 |
| HD-03                                                    | 343 935  | 8 621 473 | HD-15 | 344 605  | 8 621 342 |
| HD-04                                                    | 344 019  | 8 621 481 | HD-16 | 344 748  | 8 621 323 |
| HD-05                                                    | 344 052  | 8 621 469 | HD-17 | 344 806  | 8 621 298 |
| HD-06                                                    | 344 082  | 8 621 431 | HD-18 | 344 925  | 8 621 295 |
| HD-07                                                    | 344 206  | 8 621 416 | HD-19 | 345 100  | 8 621 348 |
| HD-08                                                    | 344 243  | 8 621 422 | HD-20 | 345 223  | 8 621 424 |
| HD-09                                                    | 344 420  | 8 621 404 | HD-21 | 345 352  | 8 621 487 |
| HD-10                                                    | 344 483  | 8 621 370 | HD-22 | 345 396  | 8 621 515 |
| HD-11                                                    | 344 507  | 8 621 376 | HD-23 | 345 448  | 8 621 573 |
| HD-12                                                    | 344 533  | 8 621 364 | HD-24 | 345 496  | 8 621 606 |

| FAJA MARGINAL – CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA |          |           |       |          |           |
|---------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                             | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HI-01                                             | 343 803  | 8 621 618 | HI-13 | 344 531  | 8 621 329 |
| HI-02                                             | 343 890  | 8 621 469 | HI-14 | 344 565  | 8 621 314 |
| HI-03                                             | 343 920  | 8 621 445 | HI-15 | 344 607  | 8 621 322 |
| HI-04                                             | 344 015  | 8 621 451 | HI-16 | 344 746  | 8 621 305 |
| HI-05                                             | 344 042  | 8 621 444 | HI-17 | 344 804  | 8 621 277 |
| HI-06                                             | 344 071  | 8 621 415 | HI-18 | 344 923  | 8 621 270 |
| HI-07                                             | 344 205  | 8 621 399 | HI-19 | 345 112  | 8 621 323 |
| HI-08                                             | 344 253  | 8 621 400 | HI-20 | 345 243  | 8 621 413 |
| HI-09                                             | 344 414  | 8 621 383 | HI-21 | 345 363  | 8 621 470 |
| HI-10                                             | 344 480  | 8 621 351 | HI-22 | 345 423  | 8 621 508 |
| HI-11                                             | 344 502  | 8 621 358 | HI-23 | 345 463  | 8 621 558 |
| HI-12                                             | 344 521  | 8 621 349 | HI-24 | 345 505  | 8 621 590 |

Fuente: Elaboración propia

### III. Conclusiones

Del análisis, se concluye que:

- 3.1. La faja marginal se ha conformado en base a los resultados hidráulicos de inundaciones, en función a los caudales estimados en HEC-HMS, seleccionando el hidrograma de la quebrada Corral Quemado para el periodo de retorno de 100 años con cambio climático y aplicando los criterios del “Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de las Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos Naturales y Artificiales

**Tabla de caudales de las unidades hidrográficas**

| CUENCA | Caudales máximos para periodo de retorno de 100 años |
|--------|------------------------------------------------------|
| SU1    | 2,5 m³/s                                             |
| Sink-1 | 2,5 m³/s                                             |

- 3.2. De acuerdo con la información topográfica, esta ha sido entregada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), dentro de ella, se cuenta con una red geodésica primaria compuesta de tres puntos geodésicos de orden “C” los cuales han sido certificado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con el nombre “Horizon South America S.A.C” en el mayo



Firmado digitalmente  
por PACO NARVAEZ  
Alex Fabio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°



de 2019.

**Tabla de coordenadas de puntos de control del orden C**

| PUNTO    | ESTE       | NORTE       | HAE [m]  | Cota EGM20 |
|----------|------------|-------------|----------|------------|
| LIM05221 | 324234.804 | 8605884.867 | 116.460  | 90,434     |
| LIM05222 | 342757.234 | 8620248.943 | 661.487  | 631,957    |
| LIM07082 | 368036.178 | 8657255.329 | 2716.092 | 2684,39    |

- 3.3.** Establecer la delimitación de la Faja Marginal en ambas márgenes en el cauce principal cuenta con un total de 48 hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 24 hitos corresponden a la margen derecha y 24 hitos a la margen izquierda.

**Tabla de Ubicación de la zona de estudio**

| Ubicación del tramo de estudio - Quebrada Corral Quemado - Longitud 1,90 km |                |         |                      |         |                        |               |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|----------------------|---------|------------------------|---------------|
| Cuerpo de Agua                                                              | Sector         | Inicio  |                      | Final   |                        | Longitud (km) |
|                                                                             |                | Este    | Norte                | Este    | Norte                  |               |
| Quebrada                                                                    | Corral Quemado | 343 811 | 8 621 656            | 345 498 | 8 621 595              | 1,98          |
| N° HITOS                                                                    |                | 48      | Hitos Margen Derecha |         | Hitos Margen Izquierda |               |
|                                                                             |                |         | 24                   |         | 24                     |               |

**Tabla de coordenadas de los hitos propuestos**

| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN DERECHA |          |           |       |          |           |
|----------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                    | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HD-01                                                    | 343 829  | 8 621 634 | HD-13 | 344 546  | 8 621 343 |
| HD-02                                                    | 343 912  | 8 621 491 | HD-14 | 344 570  | 8 621 331 |
| HD-03                                                    | 343 935  | 8 621 473 | HD-15 | 344 605  | 8 621 342 |
| HD-04                                                    | 344 019  | 8 621 481 | HD-16 | 344 748  | 8 621 323 |
| HD-05                                                    | 344 052  | 8 621 469 | HD-17 | 344 806  | 8 621 298 |
| HD-06                                                    | 344 082  | 8 621 431 | HD-18 | 344 925  | 8 621 295 |
| HD-07                                                    | 344 206  | 8 621 416 | HD-19 | 345 100  | 8 621 348 |
| HD-08                                                    | 344 243  | 8 621 422 | HD-20 | 345 223  | 8 621 424 |
| HD-09                                                    | 344 420  | 8 621 404 | HD-21 | 345 352  | 8 621 487 |
| HD-10                                                    | 344 483  | 8 621 370 | HD-22 | 345 396  | 8 621 515 |
| HD-11                                                    | 344 507  | 8 621 376 | HD-23 | 345 448  | 8 621 573 |
| HD-12                                                    | 344 533  | 8 621 364 | HD-24 | 345 496  | 8 621 606 |

| FAJA MARGINAL – CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA |          |           |       |          |           |
|---------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                             | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HI-01                                             | 343 803  | 8 621 618 | HI-13 | 344 531  | 8 621 329 |
| HI-02                                             | 343 890  | 8 621 469 | HI-14 | 344 565  | 8 621 314 |
| HI-03                                             | 343 920  | 8 621 445 | HI-15 | 344 607  | 8 621 322 |
| HI-04                                             | 344 015  | 8 621 451 | HI-16 | 344 746  | 8 621 305 |
| HI-05                                             | 344 042  | 8 621 444 | HI-17 | 344 804  | 8 621 277 |
| HI-06                                             | 344 071  | 8 621 415 | HI-18 | 344 923  | 8 621 270 |
| HI-07                                             | 344 205  | 8 621 399 | HI-19 | 345 112  | 8 621 323 |
| HI-08                                             | 344 253  | 8 621 400 | HI-20 | 345 243  | 8 621 413 |
| HI-09                                             | 344 414  | 8 621 383 | HI-21 | 345 363  | 8 621 470 |
| HI-10                                             | 344 480  | 8 621 351 | HI-22 | 345 423  | 8 621 508 |
| HI-11                                             | 344 502  | 8 621 358 | HI-23 | 345 463  | 8 621 558 |
| HI-12                                             | 344 521  | 8 621 349 | HI-24 | 345 505  | 8 621 590 |



Firmado digitalmente  
por PACO NARVAEZ  
Alex Fabio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°

#### IV. RECOMENDACIONES

- 4.1. Se adjunta la memoria resumen del estudio topográfico e hidráulico del modelo de inundación y propuesta de delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado en donde se señala los hitos en ambas márgenes adjunto como anexo.
- 4.2. Se recomienda remitir el documento a la Administración Local del Agua Mala Omas Cañete para su opinión conjunta con la participación de los gobiernos locales y regionales, que, pueden ser descargados del siguiente enlace:  
[https://autoridadmy.sharepoint.com/personal/mramos\\_ana\\_gob\\_pe/\\_layouts/15/onedrive.aspx?ga=1&id=%2Fpersonal%2Fmramos%5Fana%5Fgob%5Fpe%2FDocuments%2FProyectos%20Arcgis%2F00%5FDelimitaci%C3%B3n%20de%20Faja%20Marginal%2FFM%5F2024%2FFM%5FCorral%5FQuemado](https://autoridadmy.sharepoint.com/personal/mramos_ana_gob_pe/_layouts/15/onedrive.aspx?ga=1&id=%2Fpersonal%2Fmramos%5Fana%5Fgob%5Fpe%2FDocuments%2FProyectos%20Arcgis%2F00%5FDelimitaci%C3%B3n%20de%20Faja%20Marginal%2FFM%5F2024%2FFM%5FCorral%5FQuemado).

Es cuanto tengo que informar.

Atentamente;

#### FIRMADO DIGITALMENTE

**KELLY DEL ROCIO CABANILLAS TAPIA**  
PROFESIONAL  
CIP 209201



REPÚBLICA  
DEL PERÚ  
Firma Digital

Firmado digitalmente por:  
CABANILLAS TAPIA KELLY DEL ROCIO  
FIR 47573291 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 23/10/2024 14:42:08-0500



Firmado digitalmente  
por PACO NARVAEZ  
Alex Fabio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CUT: 216018-2024

## **INFORME TECNICO N° 0011-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG**

**A :** **EDILBERTO ACOSTA AGUILAR**  
ADMINISTRADOR LOCAL DE AGUA  
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA MALA OMAS CAÑETE

**ASUNTO :** Evaluación Técnica realizada a la propuesta de delimitación de Faja Marginal de la Quebrada Corral Quemado, distrito de Calango

**REFERENCIA :** ACTA DE VERIFICACION TECNICA DE CAMPO N° 0001-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG

**FECHA :** San Vicente De Cañete, 02 de abril de 2025

Me es grato dirigirme a usted para informar sobre la evaluación técnica realizada a la propuesta de delimitación de Faja Marginal de la Quebrada Corral Quemado, distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, en atención al documento de la referencia.

Sobre el particular, informo a usted lo siguiente:

### **I. ANTECEDENTES**

- 1.1. Mediante Memorando N° 3532-2024-ANA-AAA.CF, de fecha 23.10.2024, la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza comunica a esta Administración Local del Agua la conclusión de los estudios básicos de delimitación de la Quebrada Corral Quemado tributario del río Mala – margen izquierda, por lo que se requiere realizar la verificación técnica de campo con participación de los gobiernos locales o regionales y del operador hidráulico; de ser el caso que exista infraestructura hidráulica instalada cerca o en la referida laguna, para hacer llegar todos los actuados y el informe técnico correspondiente de acuerdo con lo establecido en la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA.
- 1.2. Mediante Acta de Verificación Técnica de Campo N°0001-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG, de fecha 18.12.2024, se realiza la verificación técnica en la Quebrada Corral Quemado, distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima.

### **II. ANÁLISIS**

- 2.1 Mediante Acta de Verificación Técnica de Campo N°0001-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG, de fecha 18.12.2024, se realiza la verificación técnica en la Quebrada Corral Quemado, distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, se constató lo siguiente:

Firmado digitalmente por  
ACOSTA AGUILAR  
Edilberto FAU  
20520711865 hard  
Motivo: V.B  
Fecha: 02/04/2025  
17:33:59

Urb. SAN ISIDRO LABRADOR  
MZ. K SUB LOTE 14 – SAN  
VICENTE-CAÑETE (ESPALDA  
DEL COLEGIO PRIVADO ROSA  
DE SANTA MARIA)  
T: 921466810  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 9D3543E0



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

A la altura del punto de coordenadas UTM (WGS-84): 345501mE – 8621598mN se inicia el recorrido aguas debajo de la referida quebrada hasta llegar a la desembocadura al río Mala, observándose en ambas márgenes la propuesta de ubicación de todos los hitos, los cuales se describirán a continuación:

- En el punto de coordenadas UTM (WGS-84): 345501mE – 8621598mN, se observa que los hitos N° 24 en ambas márgenes se ubican en la ladera de montaña de material rocoso y arenoso; luego se realizó el recorrido aguas abajo a lo largo del cauce de la referida quebrada hasta llegar al punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343900mE – 8621485mN, observándose en todo el recorrido que desde los hitos N° 24 hasta los hitos N° 02 en ambas márgenes, se ubican en ladera de montaña de material rocoso y arenoso. Asimismo, se debe de indicar que el ancho del cauce en todo el recorrido es de aproximadamente entre 5,00 ml. a 10,00ml.
- Luego, se siguió con el recorrido aguas abajo hasta llegar a la desembocadura al río Mala, ubicado en el punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343790mE – 8621652mN, observándose que a la altura del punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343843mE – 8621574mN, hay una carretera sin asfalto que cruza el cauce de la referida quebrada y que a la altura del punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343835mE – 8621587mN, hay un camino carrozable que también cruza el mismo cauce, asimismo, se debe de indicar que en la margen derecha el hito N° 01 se ubica en el borde de un segundo camino carrozable y en la margen izquierda, el hito N° 01 se ubica en un predio agrícola; además se debe de indicar que el ancho del cauce no se puede determinar ya que no se observa rastro del mismo.

## 2.2 Se muestra las imágenes N° 001 y 002:





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado digitalmente por  
POQUIOMA GUERRA Juan Jose FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 02/04/2025 17:56:04

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



Imagen N° 001: Se observa la propuesta de ubicación de algunos hitos de la faja marginal de la Quebrada Corral Quemado en ambas márgenes.



Imagen N° 002: En la foto de la izquierda, se observa una carretera sin asfalto que cruza el cauce de la quebrada; asimismo en la foto de la derecha se observa un camino carrozable que cruza la referida quebrada.

Firmado  
digitalmente por  
ACOSTA AGUILAR  
Edilberto FAU  
20520711865 hard  
Motivo: V.B  
Fecha: 02/04/2025  
17:33:59

Urb. SAN ISIDRO LABRADOR  
MZ. K SUB LOTE 14 – SAN  
VICENTE-CAÑETE (ESPALDA  
DEL COLEGIO PRIVADO ROSA  
DE SANTA MARIA)  
T: 921466810  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico  
archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-  
PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM.  
Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través  
de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave :  
9D3543E0







PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado digitalmente por  
POQUIOMA GUERRA Juan Jose FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 02/04/2025 17:56:04

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



Imagen N° 003: Se observa el cauce de la Quebrada Corral Quemado desde varios ángulos; asimismo se observa que está totalmente seca.

- 2.3** Como es de verse, conforme a la información proporcionada en el Acta de Verificación Técnica de Campo N°0001-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG, se constató que dentro de la faja marginal no hay construcciones de ningún tipo, sea rural o de material noble; asimismo, la mayoría de los hitos se ubican en ladera de montaña a excepción del hito N° 01 de la margen derecha, que se ubica en el borde de un segundo camino y el hito N° 01 de la margen izquierda se ubica en un predio agrícola.

### III. CONCLUSIÓN

- 3.1** De la evaluación realizada, se concluye que dentro de la faja marginal no hay construcciones de ningún tipo, sea rural o de material noble; asimismo, la mayoría de los hitos se ubican en ladera de montaña a excepción del hito N° 01 de la margen derecha, que se ubica en el borde de un segundo camino y el hito N° 01 de la margen izquierda se ubica en un predio agrícola.

### IV. RECOMENDACIÓN

- 4.1.** Comunicar a la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza lo concluido en el presente informe.

Firmado  
digitalmente por  
ACOSTA AGUILAR  
Edilberto FAU  
20520711865 hard  
Motivo: V.B  
Fecha: 02/04/2025  
17:33:59

Urb. SAN ISIDRO LABRADOR  
MZ. K SUB LOTE 14 – SAN  
VICENTE-CAÑETE (ESPALDA  
DEL COLEGIO PRIVADO ROSA  
DE SANTA MARIA)  
T: 921466810  
www.gob.pe/ana  
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico  
archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-  
PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM.  
Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través  
de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave :  
9D3543E0



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Es cuanto tengo que informar a usted, para los fines que estime pertinentes.

Atentamente,

**FIRMADO DIGITALMENTE**

**JUAN JOSE POQUIOMA GUERRA**

TECNICO

ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA MALA OMAS CAÑETE

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CUT: 216018-2024

## **INFORME TECNICO N° 0167-2025-ANA-AAA.CF/LAAO**

**A :** **Edilberto Acosta Aguilar**  
Director (E)  
Autoridad Administrativa Del Agua - Cañete Fortaleza

**ASUNTO :** Delimitación de faja marginal de la quebrada quebrada Corral Quemado

**REFERENCIA :** a) Informe 001-2024-KRCT  
b) Memorando N° 3532-2024-ANA-AAA.CF  
c) Informe Técnico N° 0011-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG

**FECHA :** Huaral, 15 de octubre de 2025

Mediante el presente me dirijo a usted, en relación con el documento de la referencia a), que aborda el estudio de delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado, al respecto informo lo siguiente:

### **I. Antecedentes.**

- 1.1. Los eventos extremos en la cuenca del río Mala se han caracterizado por inundaciones fluviales y pluviales durante los periodos del Fenómeno El Niño (FEN) y, más recientemente, por el fenómeno anómalo Ciclón YAKU 2023. Este último causó estragos principalmente en la zona norte del Perú, donde las temperaturas son más altas; sin embargo, también generó impactos significativos en otras áreas.
- 1.2. Los registros del FEN 2017 en el SENAMHI muestran que durante el mes de marzo de 2017 cerca del 50% de tiempo los caudales registrados en la estación La Capilla superaron el umbral rojo establecido por la misma entidad. Esto corrobora que dicho evento fue uno de los más extremos soportados en la zona de interés.
- 1.3. Entre el 26 de febrero y el 17 de marzo de 2023, la estación hidrológica La Capilla registró caudales superiores a 110 m<sup>3</sup>/s. En términos de volumen, por el río Mala, incluyendo las zonas de inundación, transitaron cerca de 240 MMC, lo que influyó drásticamente en las inundaciones causadas por este fenómeno.
- 1.4. La Autoridad Administrativa del Agua Cañete – Fortaleza, en coordinación con la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), ha determinado la necesidad de elaborar el "Estudio de Delimitación de Faja Marginal de la Quebrada Corral Quemado". El objetivo es contar con un documento técnico que sustente el espacio necesario para la faja marginal, destinado a la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otros servicios.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## II. Análisis.

### Respecto al Informe Técnico realizado por Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza

#### 2.1. Ubicación

La quebrada Corral Quemado perteneciente a la cuenca Mala, se encuentra ubicada en el distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N° 1. Ubicación política de la cuenca de la quebrada Corral Quemado**

| Cuenca | Departamento | Provincia | Distrito |
|--------|--------------|-----------|----------|
| Mala   | Lima         | Cañete    | Calango  |

*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.2. Descripción del tramo de estudio

La quebrada Corral Quemado, parte de la cuenca del río Mala, presenta una zona de transporte erosiva y depositante, sin salida al río Mala. Además, se observa la presencia de asentamientos poblacionales en la zona baja de la quebrada en mención. Su altitud mínima es de 319 m s.n.m. y la máxima de 2 454 m s.n.m., que bordean las partes altas de esta cuenca hidrográfica.

La quebrada posee un área de 12,78 km<sup>2</sup> con un perímetro total de 28,12 km.

#### 2.3. Topografía

Se ha recopilado la información topográfica del estudio denominado: «Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala» proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN). Este estudio detalla la verificación de los hitos de la red primaria y secundaria.

La red primaria está compuesta por tres puntos geodésicos de orden «C», certificados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) bajo el nombre «Horizon South America SA.C» en mayo de 2019.

**Figura 1: Punto de control de orden «C».**

LIM05221



LIM05222



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
 Rosario - Huaral - Lima  
 T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

LIM07082



*Fuente: Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala*

**Tabla N° 2. Puntos de control certificado**

| PUNTO    | ESTE     | NORTE   | HAE [m]  | Cota EGM20 |
|----------|----------|---------|----------|------------|
| LIM05221 | 324234.8 | 8605884 | 116.469  | 90.434     |
| LIM05222 | 342757.2 | 8620249 | 661.501  | 631.957    |
| LIM07082 | 368036.2 | 8657255 | 2716.098 | 2684.39    |

*Fuente: Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala*

De acuerdo con el estudio: «Informe de estudio base de modelo hidráulico base del río Mala» proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN) la topografía base ha sido entregada por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (Actualmente ANIN) en formato de nivel de puntos, esto como parte de los estudios básicos realizados en los PIP. Esta información fue actualizada y completada a fin de representar adecuadamente las condiciones actuales del terreno tanto para la zona del río Mala y las principales quebradas identificadas.

Esta topografía fue generada en formato ráster en del tipo TIF para luego ser cargado al programa HEC-RAS a una resolución de píxel de 0.5 m x 0.5 m.

Para el presente estudio tomaremos solamente el tramo correspondiente a la quebrada Corral Quemado para realizar la modelación hidráulica respectiva, que servirá para la delimitación de la faja marginal.

**Figura 2: Modelo Digital de Elevación de la quebrada Corral Quemado**



*Fuente: Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala*



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
 Rosario - Huaral - Lima  
 T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## 2.4. Análisis de Máximas Avenidas

Se ha recopilado información hidrológica del estudio denominado "Estudio base de Hidrología – Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)", proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN).

Dentro de este estudio, la quebrada Corral Quemado es considerada uno de los principales aportantes de la cuenca del río Mala.

Los parámetros geomorfológicos de la quebrada Corral Quemado se han evaluado con base en los parámetros generales (forma, relieve y drenaje) que se describen a continuación, según los resultados obtenidos.

Las características geomorfológicas resultan relevantes para comprender el comportamiento de una cuenca en términos de su configuración, topografía y sistema de drenaje.

Estos aspectos son fundamentales en el estudio hidrológico actual. Asimismo, en el estudio mencionado se realizaron los cálculos de las principales características geomorfológicas de la quebrada Corral Quemado, mostradas en la Tabla N° 3:

**Tabla N° 3. Parámetros principales en la quebrada Corral Quemado**

| Río o Quebrada          | Área [km <sup>2</sup> ] | Perímetro [km] | Elevación media [m s.n.m.] | Elevación mínima [m s.n.m.] | Elevación máxima [m s.n.m.] | Longitud corriente máxima [km] | Pendiente corriente máxima [m/m] | Longitud corriente máxima desde el centroide [km] | Pendiente corriente máxima desde el centroide [m/m] | Pendiente media de la subcuenca [m/m] | Densidad de la red de drenaje [km/km <sup>2</sup> ] |
|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Quebrada Achique Sur    | 1.2                     | 8.2            | 3673                       | 3081                        | 4391                        | 3.27                           | 0.4012                           | 1.70                                              | 0.3045                                              | 0.5168                                | 1.168                                               |
| Quebrada Ceniza         | 12.8                    | 28.3           | 1134                       | 283                         | 2416                        | 10.06                          | 0.2124                           | 4.72                                              | 0.1337                                              | 0.4947                                | 1.062                                               |
| Quebrada Cochabamba     | 24.6                    | 31.8           | 1548                       | 415                         | 2288                        | 11.28                          | 0.1609                           | 6.76                                              | 0.1430                                              | 0.6032                                | 0.893                                               |
| Quebrada Corral Quemado | 1.7                     | 8.1            | 1246                       | 635                         | 1784                        | 2.87                           | 0.4015                           | 1.63                                              | 0.2761                                              | 0.6845                                | 0.987                                               |
| Quebrada Correviento    | 2.6                     | 10.8           | 516                        | 215                         | 901                         | 3.99                           | 0.1732                           | 2.21                                              | 0.0881                                              | 0.4327                                | 1.127                                               |
| Quebrada Huancani       | 89.9                    | 69.8           | 2059                       | 604                         | 3488                        | 26.39                          | 0.1095                           | 12.72                                             | 0.0919                                              | 0.5299                                | 0.966                                               |
| Quebrada La Capilla     | 5.5                     | 17.5           | 1184                       | 407                         | 1860                        | 6.61                           | 0.2191                           | 3.19                                              | 0.2218                                              | 0.5542                                | 1.085                                               |
| Quebrada La Vuelta      | 28.3                    | 30.7           | 1367                       | 345                         | 2419                        | 10.48                          | 0.1872                           | 5.76                                              | 0.1128                                              | 0.5802                                | 0.952                                               |
| Quebrada Millay         | 28.9                    | 39.4           | 637                        | 106                         | 1538                        | 15.79                          | 0.0908                           | 7.90                                              | 0.0439                                              | 0.4036                                | 1.054                                               |
| Quebrada P. Prieta      | 2.0                     | 10.1           | 919                        | 380                         | 1608                        | 3.78                           | 0.3255                           | 1.98                                              | 0.2178                                              | 0.5699                                | 1.249                                               |
| Quebrada Taculán        | 7.3                     | 19.8           | 3523                       | 2420                        | 4428                        | 7.28                           | 0.2772                           | 3.82                                              | 0.2556                                              | 0.5071                                | 1.092                                               |
| Quebrada Torihuasi      | 0.8                     | 6.0            | 1404                       | 738                         | 1948                        | 2.26                           | 0.5390                           | 1.28                                              | 0.4968                                              | 0.6875                                | 0.586                                               |
| Quebrada Viscas         | 16.9                    | 30.6           | 2581                       | 1414                        | 3698                        | 11.15                          | 0.2151                           | 4.57                                              | 0.1397                                              | 0.5035                                | 1.480                                               |

Fuente: Estudio Base de Hidrología: Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)

Para realizar un análisis detallado de la cuenca en estudio, se ha discretizado en dos subunidades hidrográficas. A continuación, se muestra los resultados obtenidos para cada una de las subunidades.

**Tabla N° 4. Parámetros morfométricos en las subunidades quebrada Corral Quemado**

| Río o Quebrada | Parámetros de forma de la cuenca |                |                             |                                                |                            |                 |
|----------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|
|                | Área (km <sup>2</sup> )          | Perímetro (km) | Long. corriente máxima (km) | Long. corriente máxima desde el centroide (km) | Coefficiente de compacidad | Factor de Forma |
| SU1            | 6,36                             | 19,13          | 5,66                        | 2,08                                           | 2,14                       | 0,20            |
| SU2            | 6,43                             | 16,85          | 5,74                        | 3,02                                           | 1,87                       | 0,20            |



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
 Rosario - Huaral - Lima  
 T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

| Río o Quebrada | Parámetros de relieve de la cuenca |                         |                         |                       |                        |                        |                        |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                | Elev. Máx. cuenca (msnm)           | Elev. Med cuenca (msnm) | Elev. Min cuenca (msnm) | Pendiente cauce (m/m) | Pendiente cuenca (m/m) | Elev. Min cauce (msnm) | Elev. Máx Cauce (msnm) |
| SU1            | 2454.00                            | 1666.50                 | 879.00                  | 0.28                  | 0.49                   | 879.00                 | 2452.00                |
| SU2            | 1540.00                            | 929.50                  | 319.00                  | 0.21                  | 0.50                   | 319.00                 | 1536.00                |

| Río o Quebrada | Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca |                 |                      |                                   |                  |            |              |              |             |         |
|----------------|------------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------------|------------------|------------|--------------|--------------|-------------|---------|
|                | Kirpich (hr)                                   | Met. Kerby (hr) | Kerby - Kirpich (Hr) | California Culverts Practice (hr) | Ven te Chow (hr) | Temez (hr) | Tournon (Hr) | Passini (hr) | Rango Tc    | Tc (hr) |
| SU1            |                                                |                 | 1.28                 |                                   |                  | 1.43       | 1.08         |              | [1.08-1.43] | 1.26    |
| SU2            |                                                |                 | 1.39                 |                                   |                  | 1.52       | 1.12         |              | [1.12-1.52] | 1.34    |

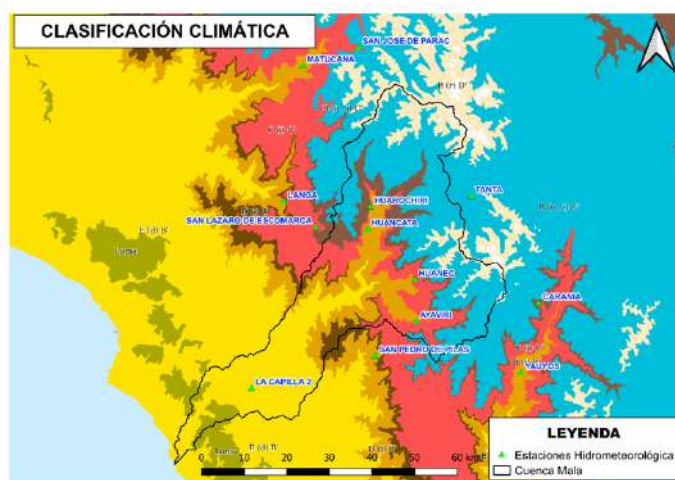
*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con el estudio hidrológico proporcionado por ANIN, se dispone de registros disponibles desde el año 1986 hasta 2023 de manera discontinua en las estaciones pluviométricas relevantes para el proyecto.

En cuanto a la información pluviométrica, el área de estudio está rodeada por una red pluviométrica compuesta por once (11) estaciones que cuentan con un registro considerable de datos de precipitación, cruciales para el estudio de máximas avenidas.

Sin embargo, y de acuerdo al análisis realizado se ha optado por añadir dos estaciones hidrometeorológicas, siendo éstas Matucana y Langa, debido a la cercanía que se encuentran dichas estaciones a la cuenca hidrográfica, y además comparten la misma clasificación climática con la cuenca Mala, eso de acuerdo con el mapa climático del Perú, elaborado por el SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>), según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - SENAMHI (2020).

**Figura 3: Clasificación climática de la cuenca Mala y las estaciones hidrometeorológicas**



*Fuente: Elaboración propia*



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Tabla N° 5. Estaciones pluviométricas seleccionadas para el análisis de máximas avenidas**

| Estacion                | Este   | Norte   | Altitud | Escala | Cuenca | Registro |
|-------------------------|--------|---------|---------|--------|--------|----------|
| Ayaviri                 | 376427 | 8630933 | 3224    | Diaria | Mala   | 29.0     |
| Carania                 | 405177 | 8635208 | 3840    | Diaria | Cañete | 36.0     |
| Huancata                | 365027 | 8652551 | 2684    | Diaria | Mala   | 34.0     |
| Huañec                  | 376135 | 8640720 | 3200    | Diaria | Mala   | 31.0     |
| Huarochiri              | 365695 | 8657788 | 3120    | Diaria | Mala   | 26.0     |
| La Capilla 2            | 337761 | 8615299 | 414     | Diaria | Mala   | 21.0     |
| Langa                   | 345361 | 8659060 | 2863    | Diaria | Lurín  | 42.0     |
| Matucana                | 349887 | 8690865 | 2417    | Diaria | Rímac  | 44.0     |
| San Jose de Parac       | 362933 | 8695196 | 3829    | Diaria | Rímac  | 34.0     |
| San Lazaro de Escomarca | 352901 | 8653078 | 3758    | Diaria | Lurín  | 31.0     |
| San Pedro de Pilas      | 366802 | 8622847 | 2690    | Diaria | Omas   | 35.0     |
| Tanta                   | 389369 | 8660339 | 4323    | Diaria | Cañete | 31.0     |
| Yauyos                  | 401075 | 8618901 | 2285    | Diaria | Cañete | 30.0     |

Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionado el modelo probabilístico con mejor ajuste para cada estación, se determinó la precipitación máxima en 24 horas para periodos de retorno de 2, 10, 25, 50, 100 y 200 años en las once estaciones. Esto se logró gracias al proceso estadístico de las series de datos realizado con el programa Hyfran, que permite obtener los resultados de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno por cada estación pluviométrica analizada.

**Tabla N° 6. Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno**

| Estación                | Distribución     | Periodo de Retorno |       |       |       |       |       |
|-------------------------|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |                  | 2                  | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   |
| Ayaviri                 | Gumbel           | 31.05              | 41.94 | 47.43 | 51.49 | 55.53 | 59.55 |
| Carania                 | Gumbel           | 21.68              | 31.60 | 36.59 | 40.30 | 43.97 | 47.64 |
| Huancata                | Gumbel           | 23.60              | 36.52 | 43.02 | 47.84 | 52.63 | 57.40 |
| Huañec                  | Gumbel           | 22.88              | 29.43 | 32.73 | 35.17 | 37.60 | 40.02 |
| Huarochiri              | Lognormal        | 27.81              | 37.29 | 41.52 | 44.51 | 47.37 | 50.16 |
| La Capilla 2            | Gamma            | 3.28               | 6.55  | 8.13  | 9.27  | 10.40 | 11.40 |
| Langa                   | Gamma            | 21.91              | 37.19 | 44.14 | 49.04 | 53.72 | 58.25 |
| Matucana                | Gamma            | 19.59              | 28.09 | 31.71 | 34.20 | 36.55 | 38.79 |
| San Jose de Parac       | Lognormal        | 25.34              | 30.46 | 32.58 | 34.03 | 35.39 | 36.68 |
| San Lazaro de Escomarca | Lognormal        | 30.63              | 49.58 | 59.14 | 66.28 | 73.42 | 80.64 |
| San Pedro de Pilas      | Lognormal        | 22.23              | 40.15 | 49.86 | 57.34 | 65.03 | 72.96 |
| Tanta                   | Normal           | 30.96              | 42.36 | 46.53 | 49.22 | 51.65 | 53.86 |
| Yauyos                  | Pearson Tipo III | 19.50              | 31.08 | 37.31 | 41.95 | 46.54 | 51.10 |

Fuente: Elaboración Propia



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A

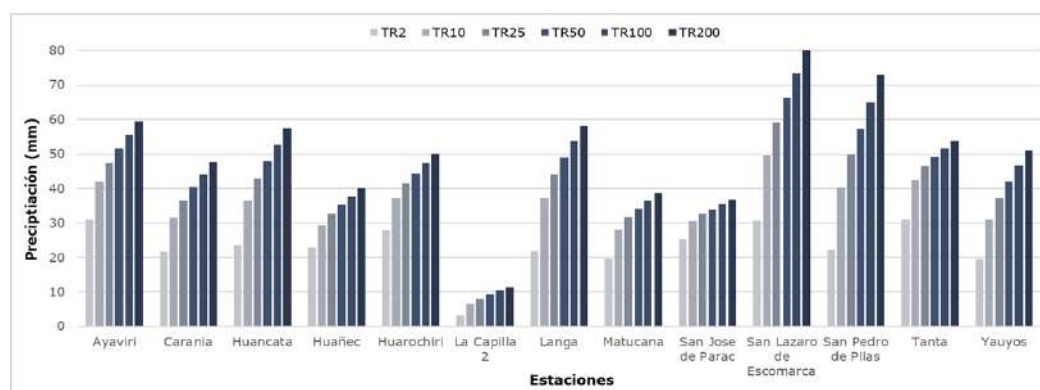


Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 4: Precipitaciones en diferentes periodos de retorno**



*Fuente: Elaboración Propia*

Los caudales se han determinado empleando el modelamiento precipitación-escurritía con HEC-HMS Bajo este concepto, se han determinado: 1) caudales para el modelo integral que incluyen también los aportantes de las quebradas a intervenir, con un escenario de tormenta general sobre la quebrada Corral Quemado; y 2) caudales para los puntos de interés en las quebradas a intervenir.

A continuación, se muestran los caudales para los diferentes periodos de retorno para la quebrada Corral Quemado en la Tabla N° 7.

**Tabla N° 7. Caudales líquidos máximos para distintos periodos de retorno**

| Quebrada      | Área (km <sup>2</sup> ) | Caudales máximos para diferentes periodos de retorno (m <sup>3</sup> /s) |      |      |      |      |
|---------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
|               |                         | 10                                                                       | 25   | 50   | 100  | 200  |
| <b>SU1</b>    | 1,70                    | 0,60                                                                     | 1,30 | 1,90 | 2,50 | 3,10 |
| <b>Sink-1</b> | 1,70                    | 0,60                                                                     | 1,30 | 1,90 | 2,50 | 3,10 |

*Fuente: Elaboración propia*

Según las disposiciones establecidas en la normativa vigente en materia de delimitación de fajas marginales y tras efectuar el estudio hidrológico de máximas avenidas, se recomienda considerar los caudales determinados para un periodo de retorno de 100 años, dado que existen viviendas y/o poblaciones asentadas próximas y en los mismos cauces de las quebradas en estudio.

**Tabla N° 8. Caudales máximos recomendados para delimitación de fajas marginales**

| CUENCA | Caudales máximos para periodo de retorno de 100 años |
|--------|------------------------------------------------------|
| SU1    | 2,50 m <sup>3</sup> /s                               |
| Sink-1 | 2,50 m <sup>3</sup> /s                               |

*Fuente: Elaboración propia*



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



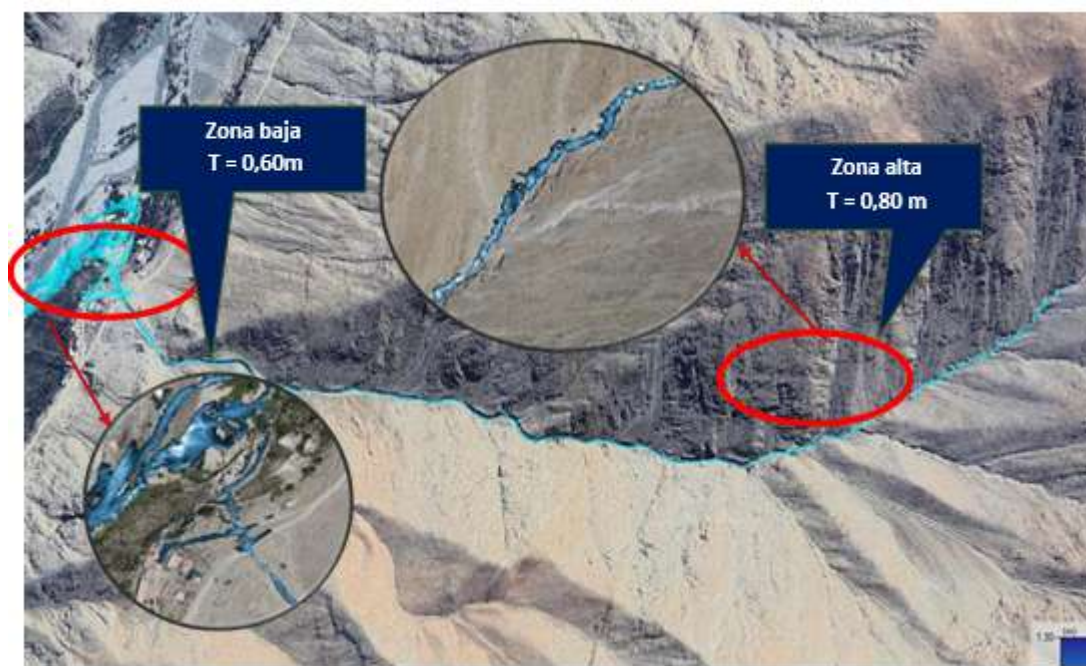
Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
 T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## 2.5. Simulación Hidráulica

### Identificación de tirantes

**Figura 5: Tirantes máximos para el TR 100**



*Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)*

### Identificación de velocidades

En la zona alta de la quebrada Corral Quemado, se muestran velocidades de hasta 5,34 m/s, debido a las altas pendientes que se originan, mientras que, en la zona baja, donde se encuentra el centro poblado de Corral Quemado, se tiene velocidades de hasta 2,38 m/s, ante una posible activación de la quebrada para el periodo de retorno de 100 años.



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 6: Velocidades máximas para el TR 100**

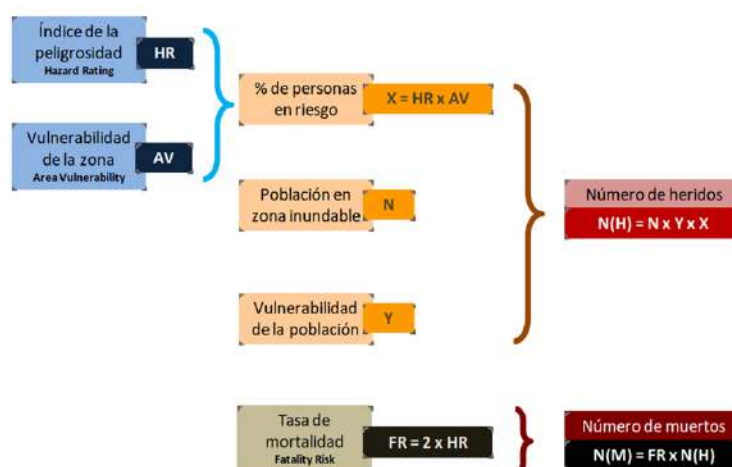


Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)

## 2.6. Índice y nivel de peligrosidad extrema.

Uno de los criterios para la delimitación de la faja marginal es el Índice de Peligrosidad (Hazard Rating - HR). Dicho índice forma parte de la metodología desarrollada por el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) del Reino Unido, organismo dependiente del gobierno británico responsable de la política y regulaciones relacionadas con el medio ambiente, la alimentación y aspectos rurales.

**Figura 7: Descripción del proceso de cálculo de heridos y muertos según la DEFRA**



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
 Rosario - Huaral - Lima  
 T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación – Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

## HR, Índice de Peligrosidad

Se trata de un índice que se rige por la siguiente ecuación que depende de tres variables:

$$HR = d (v + 0.5) + DF$$

Donde:

- v: Velocidad (m/s)
- d: Calado: (m)
- DF (Debris Flow, flujo de escombros): dependiendo de la probabilidad de que su presencia suponga una amenaza importante adicional a la propia inundación. Los valores se encuentran dentro del rango 0-1

Los valores de velocidad se pueden obtener directamente de los ráster derivados de la modelización hidráulica o mediante simplificaciones a partir del ráster de velocidades para un periodo de retorno de T=100 años, de obligada obtención para la definición de la Zona de Flujo Preferente.

La propuesta de simplificación supondría la zonificación del ráster de velocidades en tres recintos con valor fijo de velocidad:

- Los pixeles con  $v \leq 1 \text{ m/s}$  o aquellas zonas de la envolvente de T500 que quedan sin valor al extenderse fuera de la envolvente de T100, contarían con un valor fijo de  $V = 1 \text{ m/s}$ .
- Los pixeles con  $1 \text{ m/s} < v \leq 2 \text{ m/s}$  contarían con un valor fijo de  $2 \text{ m/s}$ .
- Los pixeles con  $2 \text{ m/s} \leq v$  contarían con un valor de  $3 \text{ m/s}$ .

El valor del flujo de escombros tiene como influencia en aquellos casos en que calados y velocidades sea reducidos depende del calado y el tipo de suelo según el siguiente cuadro:

**Tabla N° 9. Definición del esfuerzo cortante**

| Calado             | Cultivos | Bosques | Urbano |
|--------------------|----------|---------|--------|
| 0 – 0,25 m         | 0        | 0       | 0      |
| 0,25 – 0,75 m      | 0        | 0,5     | 1      |
| d > 0,75 y/o v > 2 | 0,5      | 1       | 1      |

Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación – Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

El índice HR ya da una idea del grado de peligrosidad en la zona inundable:



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Tabla N° 10. Valor de HR con la descripción correspondiente y el tipo de peligrosidad**

| Valor de HR | Descripción                        | Tipo de peligrosidad |
|-------------|------------------------------------|----------------------|
| 0           | Seguridad                          | Ninguno              |
| 0.- 0,75    | Precuación                         | Bajo                 |
| 0,75 – 1,5  | Peligroso para algunos (niños)     | Moderado             |
| 1,5 – 2,5   | Peligroso para la mayoría de gente | Significativo        |
| > 2,5       | Peligroso para todos               | Extremo              |

Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación –  
 Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

De la simulación para el escenario del periodo de retorno de 100 años se obtuvo los índices de peligrosidad de Hazard Rating.

Con respecto a las áreas afectadas aguas abajo, el cauce muestra un índice de peligrosidad significativo a extremo. Mientras que las zonas inundables muestran un índice de peligrosidad baja. Si bien no es peligroso para la mayoría de personas del centro poblado Corral Quemado se debería considerar como punto crítico ya que no cuenta con defensas ribereñas que pueda proteger en caso de que suceda un evento extremo.

**Figura 8: Índice de peligrosidad aguas debajo de la quebrada Corral Quemado**



Fuente: Elaboración propia



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
 Rosario - Huaral - Lima  
 T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

## 2.7. Dimensionamiento de la faja marginal.

La faja marginal existente y vigente antes de la aprobación del presente informe. Sobre ella, se actualizarán los tramos correspondientes, donde sea necesario y de acuerdo con los resultados de la modelación hidráulica, según los siguientes criterios:

- El reglamento de fajas marginales de la ANA determina que, una vez determinado el límite superior de la ribera, se establece el ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con lo señalado en el artículo 12, por tanto, se propone un ancho mínimo de 3.0 metros para cada margen, a partir del límite de la ribera, debido a que la pendiente del tramo de la quebrada Corral Quemado y sus aportantes, su tipo de fuente es quebrada y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonado de material rocoso.

**Tabla N° 11. Ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con el tipo de fuente**

| Tipo de fuente                                                                                 | Ancho mínimo (m) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso     | 3                |
| Tramo de ríos con pendiente media (1 – 2%)                                                     | 4                |
| Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas                 | 6                |
| Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas                       | 10               |
| Tramos de ríos con estructuras de defensas ribereñas (Gaviones, diques, enrocados, muros, etc) | 4 <sup>1</sup>   |
| Tramos de río de selva con baja pendiente (menores a 1%)                                       | 25               |
| Lagos y lagunas                                                                                | 10               |
| <sup>1</sup> Medidos a partir del pie de talud externo                                         |                  |

Fuente: Resolución Jefatural N° 332- 2016-ANA

Cabe aclarar que de acuerdo al Artículo N° 114 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, se determinan los criterios para la delimitación de las riberas y faja marginal respectivamente como b) Espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas de los cauces y c) El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

## 2.8. Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce.

Las Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública indica algunas medidas estructurales para mitigar el impacto negativo del peligro, que se describirán a continuación:

### a) Carreteras

- Diseñar el trazo de la carretera, del tramo paralelo al cauce del río o quebrada, lo más alejado posible del mismo.
- Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área de inundación, se debe diseñar obras de defensa ribereña paralelas al trazo de la carretera, con el fin de



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

evitar la erosión del material de la plataforma de la carretera

- En lo posible, ubicar el trazo de la carretera fuera del área transversal ocupada por los volúmenes críticos alcanzados de materiales sólidos mezclados con el agua.
- Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección con el fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.
- Cuando el trazo de la carretera corta el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de la carretera con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas de las quebradas.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.
- Diseñar obras complementarias de estabilidad de taludes, como el desarrollo de especies vegetales, etc.
- Considerar el diseño de obras complementarias para derivar fuera del área de influencia de las obras, los volúmenes de los deslizamientos, a través de la construcción de muros de encauzamiento.

## b) Puentes

- La selección de la ubicación debe ser donde se encuentre menos expuesta la obra, debe tener la menor sección transversal técnicamente posible, ubicarse en lo posible sobre cauce angosto, sobre los tramos del río donde la velocidad del flujo del agua es relativamente baja, etc.
- Considerar el diseño de obras de protección de los apoyos de los puentes contra el impacto de materiales rocosos arrastrados por los volúmenes máximos.
- En el diseño considerar la magnitud de los eventos correspondientes a huaicos, aludes o aluviones. Considerar los volúmenes alcanzados de materiales sólidos mezclados con el agua para los casos críticos y la sección transversal del puente debe permitir el tránsito de estos volúmenes.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir que la sección transversal del puente mantenga el área de diseño en forma permanente, para permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.
- En lo posible, diseñar las estructuras de protección del puente, como muros de



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

contención de la masa sólida de sedimentos y/o rocas.

**c) Obras de derivación y conducción**

- Cuando el trazo del canal o tubería sigue paralelo al cauce del río o quebrada y se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección a fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.
- El nivel topográfico de la base del canal o tubería debe estar por encima del nivel del agua que ocurre durante las máximas avenidas.
- Cuando el trazo del canal o tubería cruza el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de las obras con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas.
- Evaluar la construcción de los canales, como conductos cubiertos, en los tramos expuestos.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes, independientemente de la magnitud de estos, a fin de que la sección transversal del puente mantenga el área de diseño en forma permanente, para permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.

**d) Medidas no estructurales de reducción del riesgo**

○ **Deslizamientos de tierra y aluviones (huaicos)**

Monitoreo permanente de las condiciones meteorológicas y sistemas de alerta.

Cultivos a nivel.

Zonificación para uso de terreno.

Prevención de deforestación.

Reubicación

○ **Inundaciones**

Monitoreo permanente de las condiciones meteorológicas y sistemas de alerta.

Cultivos a nivel.

Zonificación para uso de terreno.

Prevención de deforestación.

Reubicación

Adicional a ello, de acuerdo con el libro “Presas de Corrección de Torrentes y Retención de Sedimentos” detalla algunas acciones que pueden ser considerada respecto a los problemas que presentan los torrentes, las cuales se detallan a continuación:

○ **Acciones en la cuenca:**



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Forestación, enfajinado.

Construcción de obras de drenaje.

Colocación de mallas ancladas.

Terraceado de laderas.

Estabilización de deslizamiento.

Construcción de muros y palizadas.

Construcción de traviesas en cárcavas.

○ **Acciones en la garganta:**

Construcción de presas.

Protección de márgenes.

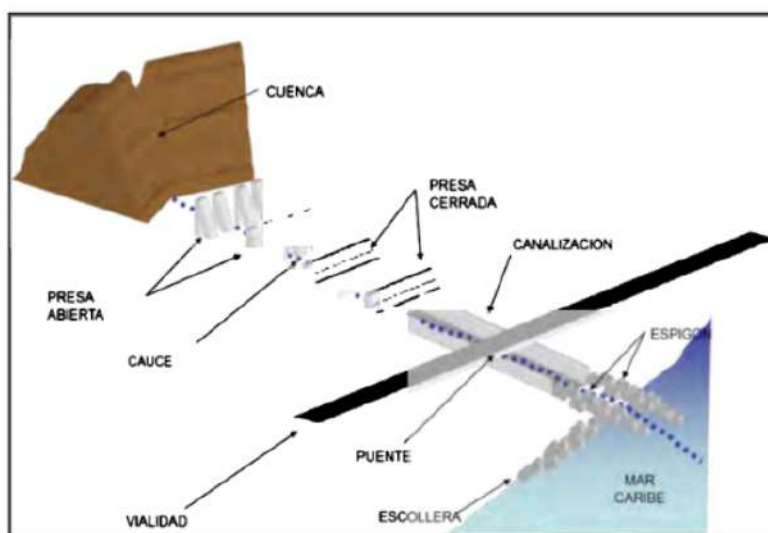
Canalización del cauce.

○ **Acciones en el cono de deyección y canal de desagüe:**

Protección de márgenes.

Canalización del cauce.

**Figura 9: Sistema de integral para el control de torrentes (Acciones correctivas en los torrentes)**



Fuente: Diseño de estructuras de corrección de torrentes y retención de sedimentos

## 2.9. Verificación Técnica de Campo



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Mediante Memorando N°3532-2024-ANA-AAA.CF de fecha 2024-10-23, se solicita a la Administración Local del Agua (ALA) Mala Omas Cañete que realice la verificación técnica de campo, por lo que mediante Oficio Múltiple N° 0025-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC la ALA Mala Omas Cañete notifica a la Municipalidad Distrital de Mala, Autoridad Nacional de Infraestructura, Junta de Usuarios del Setor Hidráulico Menor Mala a fin de que participen de la verificación técnica de campo programada para el día miércoles 18 de marzo de 2025 a las 08:30 am, teniendo como punto de encuentro la Oficina de enlace Mala.

Mediante Informe Técnico N° 0011-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG, del 2025-04-02 la ALA Mala Omas Cañete verificó en campo la ubicación de los hitos de la quebrada Ceniza constatando lo siguiente:

- En el punto de coordenadas UTM (WGS-84): 345501 mE – 8621598mN, se observa que los hitos N° 24 en ambas márgenes se ubican en la ladera de montaña de material rocoso y arenoso; luego se realizó el recorrido aguas abajo a lo largo del cauce de la referida quebrada hasta llegar al punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343900mE – 8621485mN, observándose en todo el recorrido que desde los hitos N° 24 hasta los hitos N° 02 en ambas márgenes, se ubican en ladera de montaña de material rocoso y arenoso. Asimismo, se debe de indicar que el ancho del cauce en todo el recorrido es de aproximadamente entre 5,00 ml. a 10,00 m.
- Luego, se siguió con el recorrido aguas abajo hasta llegar a la desembocadura al rio Mala, ubicado en el punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343790mE – 8621652mN, observándose que a la altura del punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343843mE – 8621574 mN, hay una carretera sin asfalto que cruza el cauce de la referida quebrada y que a la altura del punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343835mE – 8621587mN, hay un camino carrozable que también cruza el mismo cauce, asimismo, se debe de indicar que en la margen derecha el hito N° 01 se ubica en el borde de un segundo camino carrozable y en la margen izquierda, el hito N° 01 se ubica en un predio agrícola; además se debe de indicar que el ancho del cauce no se puede determinar ya que no se observa rastro del mismo.
- Conforme a la información proporcionada en el Acta de Verificación Técnica de Campo N°0001-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG, se constató que dentro de la faja marginal no hay construcciones de ningún tipo, sea rural o de material noble; asimismo, la mayoría de los hitos se ubican en ladera de montaña a excepción del hito N° 01 de la margen derecha, que se ubica en el borde de un segundo camino y el hito N° 01 de la margen izquierda se ubica en un predio agrícola.



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## 2.10. Ubicación de hitos

Los hitos quedan establecidos de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla N° 12. Ubicación de hitos de la faja marginal**

| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN DERECHA |          |           |       |          |           |
|----------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                    | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HD-01                                                    | 343 829  | 8 621 634 | HD-13 | 344 546  | 8 621 343 |
| HD-02                                                    | 343 912  | 8 621 491 | HD-14 | 344 570  | 8 621 331 |
| HD-03                                                    | 343 935  | 8 621 473 | HD-15 | 344 605  | 8 621 342 |
| HD-04                                                    | 344 019  | 8 621 481 | HD-16 | 344 748  | 8 621 323 |
| HD-05                                                    | 344 052  | 8 621 469 | HD-17 | 344 806  | 8 621 298 |
| HD-06                                                    | 344 082  | 8 621 431 | HD-18 | 344 925  | 8 621 295 |
| HD-07                                                    | 344 206  | 8 621 416 | HD-19 | 345 100  | 8 621 348 |
| HD-08                                                    | 344 243  | 8 621 422 | HD-20 | 345 223  | 8 621 424 |
| HD-09                                                    | 344 420  | 8 621 404 | HD-21 | 345 352  | 8 621 487 |
| HD-10                                                    | 344 483  | 8 621 370 | HD-22 | 345 396  | 8 621 515 |
| HD-11                                                    | 344 507  | 8 621 376 | HD-23 | 345 448  | 8 621 573 |
| HD-12                                                    | 344 533  | 8 621 364 | HD-24 | 345 496  | 8 621 606 |

| FAJA MARGINAL – QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA |          |           |       |          |           |
|------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                      | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HI-01                                                      | 343 803  | 8 621 618 | HI-13 | 344 531  | 8 621 329 |
| HI-02                                                      | 343 890  | 8 621 469 | HI-14 | 344 565  | 8 621 314 |
| HI-03                                                      | 343 920  | 8 621 445 | HI-15 | 344 607  | 8 621 322 |
| HI-04                                                      | 344 015  | 8 621 451 | HI-16 | 344 746  | 8 621 305 |
| HI-05                                                      | 344 042  | 8 621 444 | HI-17 | 344 804  | 8 621 277 |
| HI-06                                                      | 344 071  | 8 621 415 | HI-18 | 344 923  | 8 621 270 |
| HI-07                                                      | 344 205  | 8 621 399 | HI-19 | 345 112  | 8 621 323 |
| HI-08                                                      | 344 253  | 8 621 400 | HI-20 | 345 243  | 8 621 413 |
| HI-09                                                      | 344 414  | 8 621 383 | HI-21 | 345 363  | 8 621 470 |
| HI-10                                                      | 344 480  | 8 621 351 | HI-22 | 345 423  | 8 621 508 |
| HI-11                                                      | 344 502  | 8 621 358 | HI-23 | 345 463  | 8 621 558 |
| HI-12                                                      | 344 521  | 8 621 349 | HI-24 | 345 505  | 8 621 590 |

Fuente: Elaboración propia

## III. Conclusiones

Del análisis, se concluye que:

- La faja marginal se ha conformado en base a los resultados hidráulicos de inundaciones, en función a los caudales estimados en HEC-HMS, seleccionando el hidrograma de la quebrada Corral Quemado para el periodo de retorno de 100 años con cambio climático y aplicando los criterios del “Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de las Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos Naturales y Artificiales”.



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

| Cuenca | Caudales máximos para periodo de retorno de 100 años |
|--------|------------------------------------------------------|
| SU1    | 2,5 m³/s                                             |
| Sink-1 | 2,5 m³/s                                             |

3.2. De acuerdo con la información topográfica, esta ha sido entregada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), dentro de ella, se cuenta con una red geodésica primaria compuesta de tres puntos geodésicos de orden “C” los cuales han sido certificado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con el nombre “Horizon South América S.A.C” en el mes de mayo de 2019.

| Punto    | Este      | Norte     | HAE [m]   | Cota EGM20 |
|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| LIM05221 | 324 234.8 | 8 605 884 | 116,469   | 90,434     |
| LIM05222 | 342 757.2 | 8 620 249 | 661,501   | 631,957    |
| LIM07082 | 368 036.2 | 8 657 255 | 2 716,098 | 2 684,39   |

3.3. Respecto a los coeficientes de rugosidad de Manning, estos fueron utilizados de acuerdo con el “Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala” proporcionado por la ANIN. Obteniéndose lo siguiente:

| Descripción               | Manning |
|---------------------------|---------|
| Cauce Quebrada            | 0,060   |
| Grava y arena             | 0,033   |
| Suelo urbano              | 0,120   |
| Suelo desnudo             | 0,035   |
| Rocas                     | 0,028   |
| Infraestructura activa    | 0,022   |
| Vegetación densidad media | 0,050   |
| Vegetación densidad baja  | 0,035   |
| Diques de tierra          | 0,050   |

3.4. El software elegido es HEC-RAS ya que dicho software permite la modelación hidráulica de flujos hiperconcentrados, además, se ha determinado los parámetros reológicos, de acuerdo con los ensayos reológicos realizados sobre la muestra matriz de flujo para seis concentraciones volumétricas de sólidos, siendo estos: 0,20; 0,28; 0,36; 0,44; 0,52 y 0,60. Además, los valores de viscosidad y esfuerzo de cedencia obtenidos corresponden a una velocidad de corte o deformación de  $0s^{-1}$  a  $100s^{-1}$ , siendo el parámetro reológico la concentración volumétrica (CV) de 36%.

| CV (%) | Esfuerzo (Pa) | Viscosidad (Pa.s) |
|--------|---------------|-------------------|
| 36     | 56,16         | 0,4845            |

3.5. Se ha realizado la configuración del modelo estableciendo mallas zonificadas de acuerdo tomando las buenas prácticas sugeridas en los manuales de HEC-RAS y Guías de ARCC-UKDT, considerando que para ríos con comportamiento anastomosado y quebradas de fuerte pendiente se tendrán otros criterios para asegurar un modelo detallado.



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

| ELEMENTO              | Tamaño de Malla en Quebradas [m] | Área de la celda seleccionada [m <sup>2</sup> ] | Área según nota técnica [m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Zona Urbana           | 2,0                              | 4,0                                             | 2,0 a 5,0                                 |
| Cauce de quebrada     | 2,0                              | 4,0                                             | 2,0 a 30,0                                |
| Llanura de inundación | 3,0                              | 9,0                                             | 2,0 a 100,0                               |

- 3.6. Se ha realizado numéricamente el paso del flujo de lodo y detritos en la quebrada Corral Quemado utilizando el módulo de flujos hiperconcentrados con la fórmula de O'Brien teniendo en cuenta los ensayos reológicos y los parámetros calibrado de la quebrada Corral Quemado.

| Periodo de Retorno | Zona | Caudal (m <sup>3</sup> /s) | Velocidades (m/s) | Tirante (m) |
|--------------------|------|----------------------------|-------------------|-------------|
| TR 100             | Alta | 2,97                       | 5,34              | 0,80        |
|                    | Baja | 2,98                       | 2,38              | 0,60        |

- 3.7. Establecer la delimitación de la Faja Marginal de la quebrada Ceniza en ambas márgenes en el cauce principal ( 1,98 km), de acuerdo a la metodología de modelamiento hidráulico, el cauce principal cuenta con un total de cuarenta y ocho (48) hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 24 hitos corresponden a la margen derecha y 24 hitos a la margen Izquierda, ubicado hidrográficamente en la cuenca del río Mala y políticamente en los distritos de Calango, provincia de Cañete y región Lima

| Ubicación del tramo de estudio - Quebrada Corral Quemado - Longitud 1,90 km |                |         |                      |         |                        |               |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|----------------------|---------|------------------------|---------------|
| Cuerpo de Agua                                                              | Sector         | Inicio  |                      | Final   |                        | Longitud (km) |
|                                                                             |                | Este    | Norte                | Este    | Norte                  |               |
| Quebrada                                                                    | Corral Quemado | 343 811 | 8 621 656            | 345 498 | 8 621 595              | 1,98          |
| N° HITOS                                                                    |                | 48      | Hitos Margen Derecha |         | Hitos Margen Izquierda |               |
|                                                                             |                |         | 24                   |         | 24                     |               |

| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN DERECHA |          |           |       |          |           |
|----------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                    | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HD-01                                                    | 343 829  | 8 621 634 | HD-13 | 344 546  | 8 621 343 |
| HD-02                                                    | 343 912  | 8 621 491 | HD-14 | 344 570  | 8 621 331 |
| HD-03                                                    | 343 935  | 8 621 473 | HD-15 | 344 605  | 8 621 342 |
| HD-04                                                    | 344 019  | 8 621 481 | HD-16 | 344 748  | 8 621 323 |
| HD-05                                                    | 344 052  | 8 621 469 | HD-17 | 344 806  | 8 621 298 |
| HD-06                                                    | 344 082  | 8 621 431 | HD-18 | 344 925  | 8 621 295 |
| HD-07                                                    | 344 206  | 8 621 416 | HD-19 | 345 100  | 8 621 348 |
| HD-08                                                    | 344 243  | 8 621 422 | HD-20 | 345 223  | 8 621 424 |
| HD-09                                                    | 344 420  | 8 621 404 | HD-21 | 345 352  | 8 621 487 |
| HD-10                                                    | 344 483  | 8 621 370 | HD-22 | 345 396  | 8 621 515 |
| HD-11                                                    | 344 507  | 8 621 376 | HD-23 | 345 448  | 8 621 573 |
| HD-12                                                    | 344 533  | 8 621 364 | HD-24 | 345 496  | 8 621 606 |



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

| FAJA MARGINAL – QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA |          |           |       |          |           |
|------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                      | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HI-01                                                      | 343 803  | 8 621 618 | HI-13 | 344 531  | 8 621 329 |
| HI-02                                                      | 343 890  | 8 621 469 | HI-14 | 344 565  | 8 621 314 |
| HI-03                                                      | 343 920  | 8 621 445 | HI-15 | 344 607  | 8 621 322 |
| HI-04                                                      | 344 015  | 8 621 451 | HI-16 | 344 746  | 8 621 305 |
| HI-05                                                      | 344 042  | 8 621 444 | HI-17 | 344 804  | 8 621 277 |
| HI-06                                                      | 344 071  | 8 621 415 | HI-18 | 344 923  | 8 621 270 |
| HI-07                                                      | 344 205  | 8 621 399 | HI-19 | 345 112  | 8 621 323 |
| HI-08                                                      | 344 253  | 8 621 400 | HI-20 | 345 243  | 8 621 413 |
| HI-09                                                      | 344 414  | 8 621 383 | HI-21 | 345 363  | 8 621 470 |
| HI-10                                                      | 344 480  | 8 621 351 | HI-22 | 345 423  | 8 621 508 |
| HI-11                                                      | 344 502  | 8 621 358 | HI-23 | 345 463  | 8 621 558 |
| HI-12                                                      | 344 521  | 8 621 349 | HI-24 | 345 505  | 8 621 590 |

#### IV. RECOMENDACIÓN

- 4.1. La delimitación de la faja marginal se ha realizado de acuerdo con la normativa vigente. En consecuencia, se recomienda implementar un programa de sensibilización y educación y la necesidad de respetarla, en conformidad con lo establecido en el artículo 120 del reglamento de la ley de Recursos Hídricos, lo cual deberá ser coordinado con la Municipalidad Distrital de Calango, cumpliendo su autoridad fiscalizadora, y dirigido para los diferentes actores de la cuenca.
- 4.2. Realizar actividades de mantenimiento del cauce antes y después de la ocurrencia de eventos de máximas avenidas.
- 4.3. El gobierno local debe proponer planes a mediano y largo plazo para el ordenamiento territorial, que conlleve a desarrollar actividades de reubicación de la población ubicada en zonas de riesgo, dado que los proyectos estructurales tienen un tiempo de vida útil determinado.
- 4.4. La delimitación de faja marginal de la quebrada Corral Quemado fue tomando el estudio de topografía (considerando las condiciones actuales de la zona), hidrología y modelación hidráulica para el periodo de retorno de 100 años, sin embargo, si se plantea la modificación de los hitos, las condiciones de la zona en estudio deben mejorarse, mostrándose obras de protección que permita que las condiciones sean favorables y siendo demostrado técnicamente con la metodología realizada en el presente estudio.
- 4.5. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Calango, Municipalidad Provincial de Cañete, Gobierno Regional de Lima, tener en cuenta el Decreto Supremo N° 094-2018-PCM (TUO de la ley 30556), que en su Quinta disposición complementaria establece (...) declárase como zonas intangibles los cauces de las riberas, las fajas marginales y las fajas de terreno que conforman el derecho de vía de la red vial del Sistema Nacional de Carreteras; y prohíbase expresamente la transferencia o cesión para fines de vivienda, comercio, agrícolas y otros, sean estas para posesiones informales, habilitaciones urbanas, programas de vivienda o cualquier otra modalidad de ocupación poblacional, asimismo también se



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El Rosario - Huaral - Lima  
 T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

establece que las zonas declaradas de riesgo no mitigable, quedan bajo administración y custodia del Gobierno Regional de la jurisdicción, el que preserva su intangibilidad, bajo responsabilidad del titular del Gobierno Regional y de aquella autoridad que se designe. El Gobierno Regional, con opinión del Gobierno Local correspondiente, se encuentra facultado a disponer la desocupación y/o demolición de toda edificación, pudiendo inclusive utilizar el mecanismo de la recuperación extrajudicial prevista en los artículos 65 al 67 de la Ley N.º 30230.

**4.6.** Comunicar al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Municipalidad Distrital de Calango, Municipalidad Provincial de Cañete, Gobierno Regional de Lima, Organismos de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres – CENEPRED, Oficina Registral de Lima - SUNARP, Instituto Nacional de Defensa Civil, Superintendencia de Bienes Nacionales, a fin de realizar las acciones pertinentes para preservar este espacio como bien de dominio público hidráulico. Remitir copia a la Administración Local de Agua Mala Omas Cañete, conforme a ley

**4.7.** Derivar al área legal para continuar con el trámite correspondiente

Atentamente,

## **FIRMADO DIGITALMENTE**

**LUIS ANTONIO ANCAJIMA OJEDA**

PROFESIONAL

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA - CAÑETE FORTALEZA

LAAO/rfb/Karlin N.



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 24CAC47A



Av. Chancay N°408 Urb. El  
Rosario - Huaral - Lima  
T: 946051540 / 946070815  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

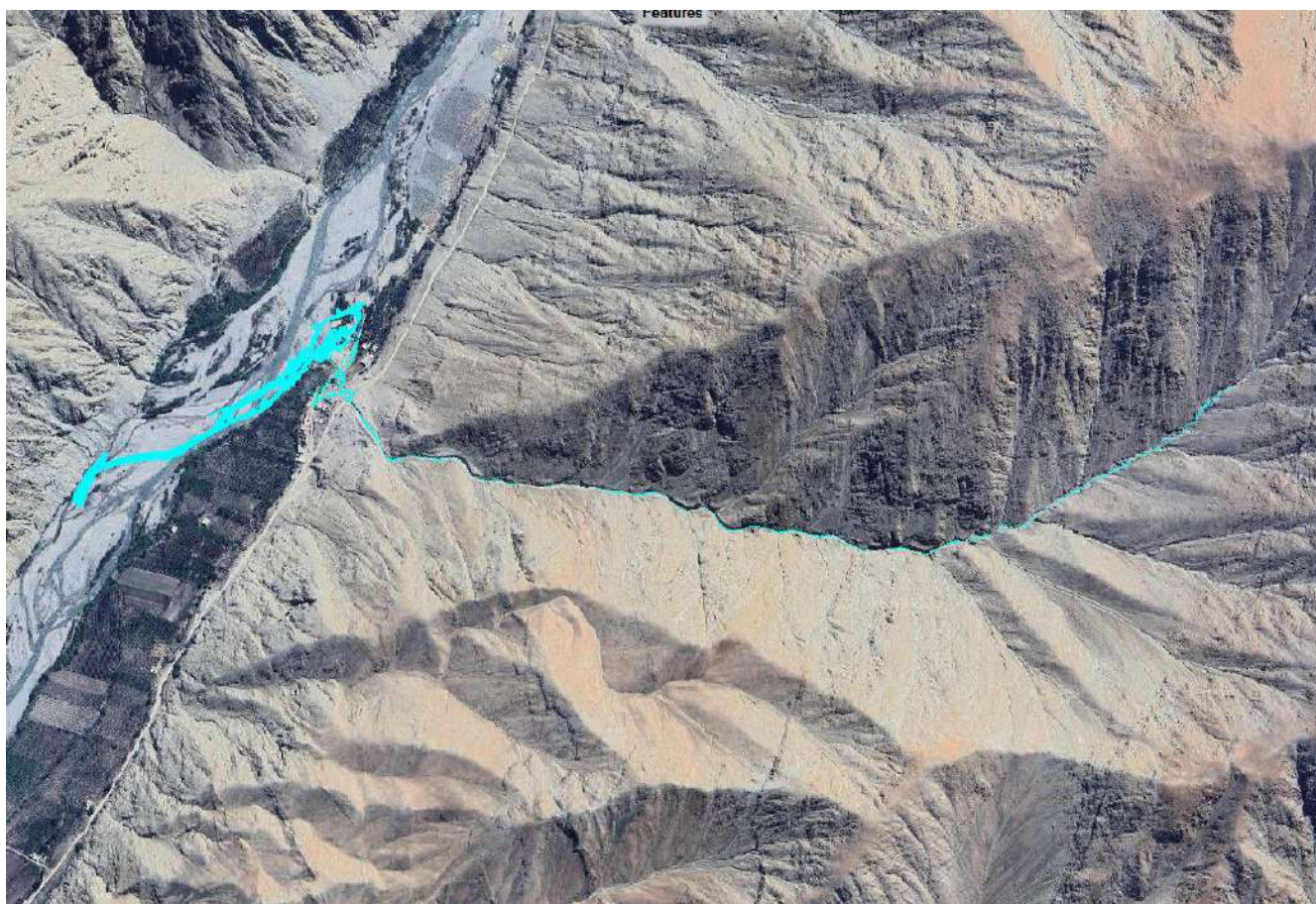


Firmado  
digitalmente por  
ANCAJIMA OJEDA  
Luis Antonio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## «ESTUDIO TÉCNICO PARA LA DELIMITACION DE FAJA MARGINAL DE LA QUEBRADA CORRAL QUEMADO, AFLUENTE AL RÍO MALA 1,98 Km»



|                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| <b>METODOLOGÍA</b> | : Modelamiento Hidráulico |
| <b>UBICACIÓN</b>   | : Distrito : Calango      |
|                    | Provincia : Cañete        |
|                    | Región : Lima             |





Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado  
digitalmente por  
ANCAJIMA OJEDA  
Luis Antonio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## CONTENIDO

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. GENERALIDADES .....                                                      | 6  |
| 1.1. Introducción.....                                                      | 6  |
| 1.2. Antecedentes .....                                                     | 6  |
| 1.3. Objetivos .....                                                        | 7  |
| 1.3.1.Objetivo general. ....                                                | 7  |
| 1.3.2.Objetivo específico. ....                                             | 7  |
| 1.4. Metas .....                                                            | 7  |
| 2. ANÁLISIS.....                                                            | 7  |
| 2.1. Ubicación Política .....                                               | 7  |
| 2.2. Ubicación Hidrográfica. ....                                           | 8  |
| 2.3. Descripción del tramo de estudio.....                                  | 9  |
| 2.4. Hidrología.....                                                        | 9  |
| 2.4.1.Parámetros geomorfológicos.....                                       | 9  |
| 2.4.2.Precipitación máxima 24 horas.....                                    | 11 |
| 2.4.3.Disponibilidad de Información.....                                    | 12 |
| 2.4.4.Análisis de datos atípicos (Outliers).....                            | 15 |
| 2.4.5.Análisis de independencia, estacionariedad y homogeneidad .....       | 21 |
| 2.4.6.Análisis de frecuencia de valores extremos.....                       | 25 |
| 2.4.7.Análisis de Frecuencia .....                                          | 25 |
| 2.4.8.Análisis de Frecuencia de Valores Extremos.....                       | 25 |
| 2.4.9.Análisis Estadístico .....                                            | 26 |
| 2.4.10. Distribución Espacial – Isoyetas de Máximas .....                   | 27 |
| 2.4.11. Análisis temporal de las tormentas .....                            | 33 |
| 2.4.12. Hietograma de diseño.....                                           | 33 |
| 2.4.13. Modelo Precipitación - Escorrentía .....                            | 35 |
| 2.4.14. Caudales asociados a diferentes periodos de retorno .....           | 39 |
| 2.4.15. Selección y sustento de período de retorno y caudal de diseño ..... | 39 |
| 2.5. Topografía. ....                                                       | 40 |
| 2.5.1.Red Geodésica .....                                                   | 40 |
| 2.5.2.Modelo Digital de Terreno .....                                       | 41 |
| 2.5.3.Eje del cauce.....                                                    | 42 |
| 2.5.4.Pendiente del cauce.....                                              | 42 |
| 2.5.5.Zonas críticas.....                                                   | 43 |
| 2.6. Simulación Hidráulica 2D.....                                          | 43 |
| 2.6.1.Descripción del modelo. ....                                          | 43 |
| 2.6.2.Configuración del modelo.....                                         | 43 |
| 2.6.3.Coeficiente de rugosidad.....                                         | 44 |
| 2.6.4.Condiciones de frontera externa.....                                  | 45 |
| 2.6.5.Condiciones de Contorno interna .....                                 | 47 |
| 2.6.6.Módulo Reológico.....                                                 | 47 |
| 2.6.7.Tiempo de cómputo.....                                                | 53 |
| 2.6.8.Resultados Generales.....                                             | 53 |
| 2.7. Índice y nivel de peligrosidad extrema.....                            | 55 |
| 2.8. Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce. ....             | 57 |
| 3. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL .....                                   | 59 |



|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Dimensionamiento de la faja marginal. ....                      | 59 |
| 3.2. Límites de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado ..... | 60 |
| 4. CONCLUSIONES. Y RECOMENDACIONES. ....                             | 62 |
| 4.1. Conclusiones.....                                               | 62 |
| 4.2. Recomendaciones.....                                            | 65 |

## TABLA

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Ubicación política de la cuenca de la quebrada Corral Quemado .....                                                       | 8  |
| Tabla 2: Codificación Pfafstetter en la que se encuentra la quebrada Corral Quemado 8                                              |    |
| Tabla 3: Parámetros principales en la quebrada Corral Quemado .....                                                                | 10 |
| Tabla 4: Parámetros morfométricos en las subunidad - Quebrada Corral Quemado ..                                                    | 10 |
| Tabla 5: Estaciones pluviométricas seleccionadas para el análisis de máximas<br>avenidas .....                                     | 11 |
| Tabla 6: Serie máximas anuales de precipitaciones máximas en 24 horas.....                                                         | 13 |
| Tabla 7: Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria (Guía de Prácticas<br>Hidrológicas – OMM). ....                   | 14 |
| Tabla 8: Serie máximas anuales de precipitaciones máximas en 24 horas corregidas                                                   | 14 |
| Tabla 9: Valores de Kn para la prueba de datos dudosos.....                                                                        | 16 |
| Tabla 10: Valor de probabilidad para las pruebas de independencia, estacionariedad y<br>homogeneidad.....                          | 23 |
| Tabla 11: Hipótesis Nula (Ho) pruebas de independencia, estacionariedad y<br>homogeneidad .....                                    | 24 |
| Tabla 12: Valor de probabilidad para las pruebas de independencia, estacionariedad y<br>homogeneidad – Estaciones corregidas ..... | 24 |
| Tabla 13: Hipótesis Nula (Ho) pruebas de independencia, estacionariedad y<br>homogeneidad corregida .....                          | 25 |
| Tabla 14: Precipitación Máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno .....                                               | 27 |
| Tabla 15: Precipitaciones máximas para la quebrada Corral Quemado .....                                                            | 33 |
| Tabla 16: Método de transformación de cada Subunidad – Qda. Corral Quemado.....                                                    | 37 |
| Tabla 17: Curva número calibrado .....                                                                                             | 38 |
| Tabla 18: Caudales líquidos máximos para distintos periodos de retorno .....                                                       | 39 |
| Tabla 19: Caudales máximos recomendados para delimitación de fajas marginales ..                                                   | 40 |
| Tabla 20: Puntos de control certificado. ....                                                                                      | 41 |
| Tabla 21: Longitud de cauce.....                                                                                                   | 42 |
| Tabla 22: Pendiente cauce – Qda. Corral Quemado.....                                                                               | 42 |
| Tabla 23: Tamaños de malla en el modelo de quebradas.....                                                                          | 44 |
| Tabla 24: Coeficientes de rugosidad de Manning empleado en la simulación hidráulica<br>de quebradas.....                           | 44 |
| Tabla 25: Listado y ubicación de calicatas en las quebradas .....                                                                  | 47 |
| Tabla 26: Parámetros reológicos de la quebrada Torihuasi .....                                                                     | 48 |
| Tabla 27: Clasificación de flujos hiperconcentrados.....                                                                           | 50 |
| Tabla 28: Concentración Volumétrica - Quebrada Corral Quemado .....                                                                | 51 |
| Tabla 29: Definición del esfuerzo cortante. ....                                                                                   | 52 |
| Tabla 30: Definición del esfuerzo cortante. ....                                                                                   | 52 |
| Tabla 31. <i>Asignación del coeficiente del flujo de escombros</i> .....                                                           | 56 |
| Tabla 32. Valor de HR con la descripción correspondiente y el tipo de peligrosidad ...                                             | 56 |
| Tabla 33. Ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con el tipo de fuente .....                                                  | 60 |
| Tabla 34. Ubicación de Hitos de la faja marginal .....                                                                             | 61 |



## IMÁGENES

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Ubicación hidrográfica de la cuenca de la quebrada Corral Quemado .....                                                    | 8  |
| Figura 2: Clasificación climática de la cuenca Mala y las estaciones<br>hidrometeorológicas .....                                    | 11 |
| Figura 3: Longitud de las estaciones meteorológicas - Precipitación máxima en 24<br>horas .....                                      | 12 |
| Figura 4: Gráfica de Outliers – Estación San Lázaro de Escomarca .....                                                               | 16 |
| Figura 5: Gráfica de Outliers – Estación Huarochirí .....                                                                            | 17 |
| Figura 6: Gráfica de Outliers – Estación Huancata .....                                                                              | 17 |
| Figura 7: Gráfica de Outliers – Estación San José de Parac .....                                                                     | 17 |
| Figura 8: Gráfica de Outliers – Estación La Capilla 2 .....                                                                          | 18 |
| Figura 9: Gráfica de Outliers – Estación Huañec .....                                                                                | 18 |
| Figura 10: Gráfica de Outliers – Estación Ayaviri .....                                                                              | 18 |
| Figura 11: Gráfica de Outliers – Estación Carania .....                                                                              | 19 |
| Figura 12: Gráfica de Outliers – Estación San Pedro de Pilas .....                                                                   | 19 |
| Figura 13: Gráfica de Outliers – Estación Tanta .....                                                                                | 20 |
| Figura 14: Gráfica de Outliers – Estación Yauyos .....                                                                               | 20 |
| Figura 15: Gráfica de Outliers – Estación Langa .....                                                                                | 20 |
| Figura 16: Gráfica de Outliers – Estación Matucana .....                                                                             | 21 |
| Figura 17: Precipitaciones en diferentes periodos de retorno .....                                                                   | 27 |
| Figura 18: Histograma de precipitación máxima sin transformación (a) y con<br>transformación logarítmica (b) - TR 100 años .....     | 28 |
| Figura 19: Análisis QQplot de precipitación máxima sin transformación (a) y con<br>transformación logarítmica (b)- TR 100 años ..... | 28 |
| Figura 20: Mapa de Voronoi de precipitación máxima – TR 100 años .....                                                               | 29 |
| Figura 21: Análisis de tendencia de la precipitación máxima – TR 100 años .....                                                      | 29 |
| Figura 22: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 10 años .....                                                                      | 30 |
| Figura 23: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 25 años .....                                                                      | 31 |
| Figura 24: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 50 años .....                                                                      | 31 |
| Figura 25: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 100 años .....                                                                     | 31 |
| Figura 26: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 200 años .....                                                                     | 32 |
| Figura 27: Isoyetas de Precipitación Máxima en 24 Horas para diferentes periodos de<br>retorno .....                                 | 32 |
| Figura 28: Precipitación acumulada en % para el Yaku 2023 (14 de marzo) .....                                                        | 33 |
| Figura 29: Distribución de la Precipitación máxima de diseño .....                                                                   | 34 |
| Figura 30: Hietograma quebrada Corral Quemado – TR100 años .....                                                                     | 34 |
| Figura 31: Esquema del modelo hidrológico – Quebrada Corral Quemado .....                                                            | 35 |
| Figura 32: Número de Curva de MINAM FAO (a) y GlobeLand30 SoilGrids (b) en<br>condiciones normales .....                             | 37 |
| Figura 33: Comparación y verificación de cobertura de suelo en la cuenca Mala .....                                                  | 38 |
| Figura 34: Modelo Meteorológico .....                                                                                                | 38 |
| Figura 35: Especificaciones de control .....                                                                                         | 39 |
| Figura 36: Hidrograma para el periodo de retorno de 100 años .....                                                                   | 40 |
| Figura 37: Punto de control de orden “C” .....                                                                                       | 40 |
| Figura 38: Modelo Digital de Elevación de la quebrada Corral Quemado .....                                                           | 41 |
| Figura 39: Eje de cauce .....                                                                                                        | 42 |
| Figura 40: Perfiles longitudinales del cauce .....                                                                                   | 43 |
| Figura 41: Tamaño de malla quebrada Corral Quemado .....                                                                             | 44 |



|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 43: Rugosidades en el modelo hidráulico.....                                                                                     | 45 |
| Figura 44: Ingreso de las condiciones de contorno .....                                                                                 | 46 |
| Figura 45: Ingreso del flujo no permanente .....                                                                                        | 46 |
| Figura 46: Hidrogramas de entrada ingresados en el software HEC-RAS – TR 100<br>años.....                                               | 47 |
| Figura 47: Parámetros definidos por el usuario de la ecuación cuadrática de O'Brien y<br>su ubicación en la interfaz no newtoniana..... | 48 |
| Figura 48: Concentración volumétrica de sólidos definida por el usuario. ....                                                           | 49 |
| Figura 50: Tipo de flujo – Quebrada Peña Prieta .....                                                                                   | 50 |
| Figura 50: Opción de volumen: De fluido a granel. ....                                                                                  | 51 |
| Figura 51: Definición del tamaño de partícula representativo.....                                                                       | 53 |
| Figura 52: Tiempo de simulación .....                                                                                                   | 53 |
| Figura 53: Tiempo de simulación .....                                                                                                   | 53 |
| Figura 54: Tirantes máximos para el TR 100 años.....                                                                                    | 54 |
| Figura 55: Velocidades máximas para el TR 100 años .....                                                                                | 54 |
| Figura 56: Descripción del proceso de cálculo de heridos y muertos según la DEFRA<br>.....                                              | 55 |
| Figura 57: Índice de peligrosidad aguas debajo de la quebrada Corral Quemado .....                                                      | 57 |





## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

La ocupación informal de las riberas y cauces de ríos y quebradas activas es una problemática que incrementa el riesgo de desastres naturales, como inundaciones o huaicos, al generar barreras artificiales que impiden el desarrollo natural de los cauces. Esta situación compromete la seguridad de infraestructuras y vidas humanas en áreas vulnerables.

La Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos (en adelante, LRH), y su reglamento, el Decreto Supremo N.º 001-2010-AG (en adelante, R-LRH), establecen la necesidad de mantener una faja marginal de terreno adyacente a los cauces, con el propósito de protegerlos y garantizar el uso primario del agua, el libre tránsito y otros servicios públicos. Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico, cuyas dimensiones son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) de acuerdo con los criterios normativos.

De acuerdo con lo establecido por el Artículo N° 74 de la Ley de Recursos Hídricos (en adelante LRH), en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesario para la protección, el uso primario de agua, el libre tránsito, la pesca, camino de vigilancia u otros servicios.

El Artículo N° 112 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos ( R-LRH ), establece que las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico, están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales, las dimensiones en una o ambos márgenes de un cuerpo de agua son fijados por la Autoridad Administrativa de Agua (en adelante AAA); de acuerdo con los criterios establecidos por el reglamento, respetando los usos y costumbres.

El Artículo 113° del R-LRH, determina que las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico, están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales; las dimensiones en una o ambos márgenes de un cuerpo de agua son fijados por la AAA, de acuerdo con los criterios establecidos por el reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos.

De acuerdo con el Artículo N°114 del R-LRH, se determinan los criterios para la delimitación faja marginal, en el inciso b) Espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas de los cauces y c) El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

### **1.2. Antecedentes**

La LRH N°29338 y su reglamento, establece que el estado dentro de la gestión prospectiva de riesgos delega a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), fomentar programas integrales de control de avenidas, desastres naturales o artificiales y prevención de daños por inundaciones o por otros impactos de agua y sus bienes asociados, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales y operativas necesarias.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Mediante Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA, de fecha 2016-12-28, La Autoridad Nacional del Agua, aprueba el reglamento de la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua naturales y artificiales.

Decreto legislativo N°1354, modifica la ley N°30556, “Ley que aprueba disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del gobierno nacional frente a desastres y que dispone la creación de la autoridad para la reconstrucción con cambios” donde se incorpora el enfoque de desarrollo urbano sostenible y saludable, donde se considera el uso del criterio de la gestión de riesgos frente al cambio climático.

Los eventos extremos en la cuenca del río Mala son determinados por las inundaciones fluviales y pluviales durante los periodos de FEN y recientemente por el fenómeno anómalo Ciclón YAKU 2023. Este último causó estragos principalmente en la zona norte del Perú, donde las temperaturas son más altas, sin embargo, también llegó a producir

Por ello, a través de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete – Fortaleza en coordinación con la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), se ha previsto realizar un estudio que comprende la delimitación de faja marginal de la quebrada Corral Quemado, con la finalidad de contar con un documento técnico que sustenté el espacio que ocupará la faja marginal para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otro servicio.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

- Delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado

#### **1.3.2. Objetivo específico.**

- Evaluar y emitir informe técnico respecto a la delimitación de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado realizada mediante el modelamiento hidráulico.
- Evaluar las características hidrológicas de la quebrada Corral Quemado.

### **1.4. Metas**

Se establece las coordenadas UTM WGS 84, que conformarán los hitos de la poligonal que define la faja marginal determinada para el estudio, en su cauce principal, cuya longitud es de 1,98 km.

## **2. ANÁLISIS**

### **2.1. Ubicación Política**

La cuenca de la quebrada Corral Quemado se encuentra ubicada en el distrito Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, tal como se muestra en la siguiente tabla.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Tabla 1: Ubicación política de la cuenca de la quebrada Corral Quemado**

| Cuenca                  | Departamento | Provincia | Distrito |
|-------------------------|--------------|-----------|----------|
| Quebrada Corral Quemado | Lima         | Cañete    | Calango  |

Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Ubicación Hidrográfica.

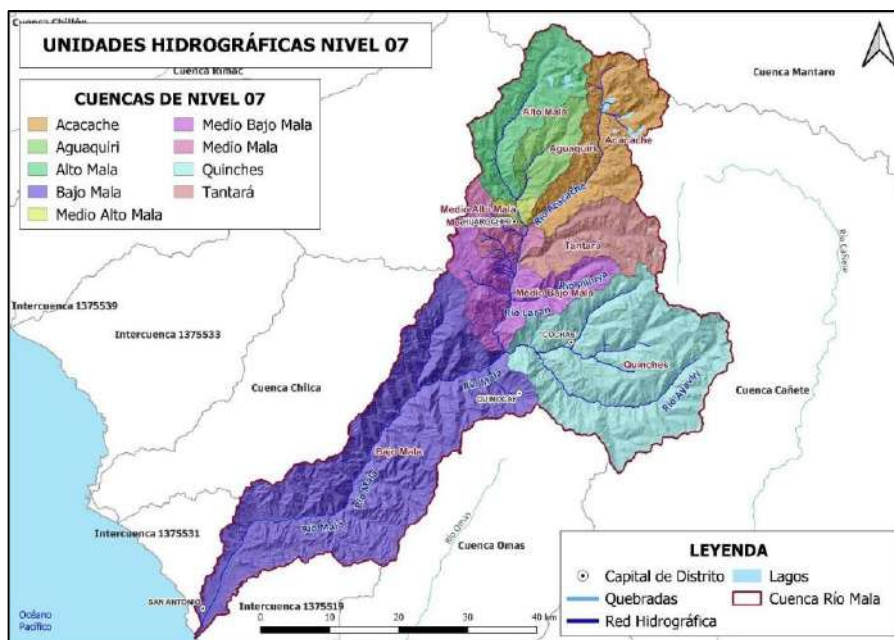
La cuenca de la quebrada Corral Quemado se encuentra dentro de la cuenca Bajo Mala; identificado con código Pfafstetter (nivel 7): UH 1375521 (Tabla 2 y figura 1). La cuenca Mala se encuentra en la vertiente del Pacífico y limita por el Norte con la Unidad Hidrográfica Lurín y Chilca, por el Este con la Unidad Hidrográfica Cañete, por el Sur con la Unidad Hidrográfica Omas e Intercuenca 1375519 y por el oeste con la Intercuenca 1375531.

**Tabla 2: Codificación Pfafstetter en la que se encuentra la quebrada Corral Quemado**

| Unidad Hidrográfica Mala |              |                                  |
|--------------------------|--------------|----------------------------------|
| Área                     |              | 2 330, 81 km <sup>2</sup>        |
| Nivel                    | Codificación | Nombre                           |
| 1                        | 1            | Región Hidrográfica del Pacífico |
| 2                        | 13           | Unidad Hidrográfica 13           |
| 3                        | 137          | Unidad Hidrográfica 137          |
| 4                        | 1375         | Unidad Hidrográfica 1375         |
| 5                        | 13755        | Unidad Hidrográfica 13755        |
| 6                        | 1374552      | Cuenca Mala                      |
| 7                        | 13745521     | Bajo Mala                        |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 1: Ubicación hidrográfica de la cuenca de la quebrada Corral Quemado**



Fuente: Estudio Base de Hidrología: Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)



### **2.3. Descripción del tramo de estudio**

La quebrada Corral Quemado presenta una zona de transporte erosiva y depositante, con salida al río Mala, además se ubica el centro poblado Corral Quemado con 23 viviendas asentadas aproximadamente en la zona baja de la quebrada en mención, con una altitud mínima 413 msnm y máxima de 1 867 msnm, que bordean las partes altas de esta cuenca hidrográfica. La quebrada posee un área de 1,7 km<sup>2</sup> con una longitud total de 2,87 km.

### **2.4. Hidrología**

Se ha recopilado la información hidrológica denominado: «Estudio base de Hidrología – Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)” proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN)». Dentro de este estudio, la quebrada Corral Quemado es considerado como uno de los aportantes de la cuenca río Mala.

#### **2.4.1. Parámetros geomorfológicos.**

Los parámetros geomorfológicos de la quebrada Corral Quemado han sido evaluados en base a los parámetros generales, forma, relieve y drenaje que se describen a continuación según los resultados obtenidos.

- Coeficiente de compacidad: Se adapta la clasificación de la “FAO – 1985” que indica Redonda a oval redonda (1.0 -1.25: Alta respuesta de la cuenca ante un evento), Oval redonda a oval oblonga (1.25-1.50: moderada respuesta de la cuenca) y Oval oblonga a rectangular oblonga (>1.5: baja respuesta de la cuenca).
- El factor de forma es un índice que permite establecer la tendencia morfológica general en función de la longitud axial de la cuenca y de su ancho promedio. Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero; mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor forma tiende a uno.
- La razón de elongación es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que de la cuenca y la longitud de esta, fue propuesta por Schumm (1956), valores inferiores a 1 implicarán formas alargadas, cuanto menor sea más alargada será la forma de la cuenca.
- Una densidad de red de drenaje alta indica que hay una gran cantidad de canales o ríos en proporción al área de la cuenca. Esto puede ser indicativo de una cuenca con una topografía más erosionada, donde hay una mayor cantidad de canales pequeños o arroyos que contribuyen al flujo de agua. Por otro lado, una densidad de red de drenaje baja significa que hay menos canales en comparación con el área de la cuenca. Esto podría indicar una topografía más plana o menos erosionada, donde los canales son menos numerosos o más grandes. Valores con 0.5 km/km<sup>2</sup> indican una red de drenaje baja y valores de 3.5 km/km<sup>2</sup> cuencas excepcionalmente bien drenadas.





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Las características geomorfológicas resultan relevantes para comprender el comportamiento de una cuenca en términos de su configuración, topografía y sistema de drenaje. Estos aspectos son fundamentales en el actual estudio hidrológico. Asimismo, en el estudio en mención realizaron los cálculos de las principales características geomorfológicas de la quebrada Corral Quemado:

**Tabla 3: Parámetros principales en la quebrada Corral Quemado**

| Río o Quebrada                 | Área [km <sup>2</sup> ] | Perímetro [km] | Elevación media [m s.n.m.] | Elevación mínima [m s.n.m.] | Elevación máxima [m s.n.m.] | Longitud corriente máxima [km] | Pendiente corriente máxima [m/m] | Longitud corriente máxima desde el centroide [km] | Pendiente corriente máxima desde el centroide [m/m] | Pendiente media de la subcuenca [m/m] | Densidad de la red de drenaje [km/km <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Quebrada Achique Sur           | 1.2                     | 8.2            | 3673                       | 3081                        | 4391                        | 3.27                           | 0.4012                           | 1.70                                              | 0.3045                                              | 0.5168                                | 1.168                                               |
| Quebrada Ceniza                | 12.8                    | 28.3           | 1134                       | 283                         | 2416                        | 10.06                          | 0.2124                           | 4.72                                              | 0.1337                                              | 0.4947                                | 1.062                                               |
| Quebrada Cochabamba            | 24.6                    | 31.8           | 1548                       | 415                         | 2288                        | 11.28                          | 0.1609                           | 6.76                                              | 0.1430                                              | 0.6032                                | 0.893                                               |
| <b>Quebrada Corral Quemado</b> | <b>1.7</b>              | <b>8.1</b>     | <b>1246</b>                | <b>635</b>                  | <b>1764</b>                 | <b>2.87</b>                    | <b>0.4015</b>                    | <b>1.63</b>                                       | <b>0.2761</b>                                       | <b>0.6845</b>                         | <b>0.987</b>                                        |
| Quebrada Correviento           | 2.6                     | 10.8           | 516                        | 215                         | 901                         | 3.99                           | 0.1732                           | 2.21                                              | 0.0881                                              | 0.4327                                | 1.127                                               |
| Quebrada Huancani              | 89.9                    | 69.8           | 2059                       | 604                         | 3488                        | 26.39                          | 0.1095                           | 12.72                                             | 0.0919                                              | 0.5299                                | 0.966                                               |
| Quebrada La Capilla            | 5.5                     | 17.5           | 1184                       | 407                         | 1860                        | 6.61                           | 0.2191                           | 3.19                                              | 0.2218                                              | 0.5542                                | 1.085                                               |
| Quebrada La Vuelta             | 28.3                    | 30.7           | 1367                       | 345                         | 2419                        | 10.48                          | 0.1872                           | 5.76                                              | 0.1128                                              | 0.5802                                | 0.952                                               |
| Quebrada Millay                | 28.9                    | 39.4           | 637                        | 106                         | 1538                        | 15.79                          | 0.0908                           | 7.90                                              | 0.0439                                              | 0.4036                                | 1.054                                               |
| Quebrada P. Prieta             | 2.0                     | 10.1           | 919                        | 380                         | 1608                        | 3.78                           | 0.3255                           | 1.98                                              | 0.2178                                              | 0.5699                                | 1.249                                               |
| Quebrada Taculán               | 7.3                     | 19.8           | 3523                       | 2420                        | 4428                        | 7.28                           | 0.2772                           | 3.82                                              | 0.2556                                              | 0.5071                                | 1.092                                               |
| Quebrada Torihuasi             | 0.8                     | 6.0            | 1404                       | 738                         | 1948                        | 2.26                           | 0.5390                           | 1.28                                              | 0.4968                                              | 0.6875                                | 0.586                                               |
| Quebrada Viscas                | 16.9                    | 30.6           | 2581                       | 1414                        | 3698                        | 11.15                          | 0.2151                           | 4.57                                              | 0.1397                                              | 0.5035                                | 1.480                                               |

Fuente: Estudio Base de Hidrología: Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)

Así mismo, para realizar un análisis detallado de la cuenca en estudio, se ha trabajado con una subunidad hidrográfica. A continuación, se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 4: Parámetros morfométricos en las subunidad - Quebrada Corral Quemado**

| Río o Quebrada | Parámetros de forma de la cuenca |                |                             |                                                |                           |                 |
|----------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|
|                | Área (km <sup>2</sup> )          | Perímetro (km) | Long. corriente máxima (km) | Long. corriente máxima desde el centroide (km) | Coeficiente de compacidad | Factor de Forma |
| SU1            | 5,45                             | 17,87          | 6,72                        | 3,22                                           | 2,16                      | 0,12            |

| Río o Quebrada | Parámetros de relieve de la cuenca |                         |                         |                       |                        |                        |                         |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
|                | Elev. Máx. cuenca (msnm)           | Elev. Med cuenca (msnm) | Elev. Min cuenca (msnm) | Pendiente cauce (m/m) | Pendiente cuenca (m/m) | Elev. Min cauce (msnm) | Elev. Máx. Cauce (msnm) |
| SU1            | 1867,04                            | 1140,46                 | 413,88                  | 0,22                  | 0,56                   | 413,88                 | 1864,37                 |

| Río o Quebrada | Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca |                 |                      |                                   |                  |            |              |              |               |         |
|----------------|------------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------------|------------------|------------|--------------|--------------|---------------|---------|
|                | Kirpich (hr)                                   | Met. Kerby (hr) | Kerby - Kirpich (Hr) | California Culverts Practice (hr) | Ven te Chow (hr) | Temez (hr) | Tournon (Hr) | Passini (Hr) | Rango Tc      | Tc (hr) |
| SU1            | 0,52                                           | 0,72            | 1,51                 | 0,52                              | 0,89             | 1,71       | 0,88         | 0,77         | [0,52 – 1,71] | 0,94    |

Fuente: Elaboración propia

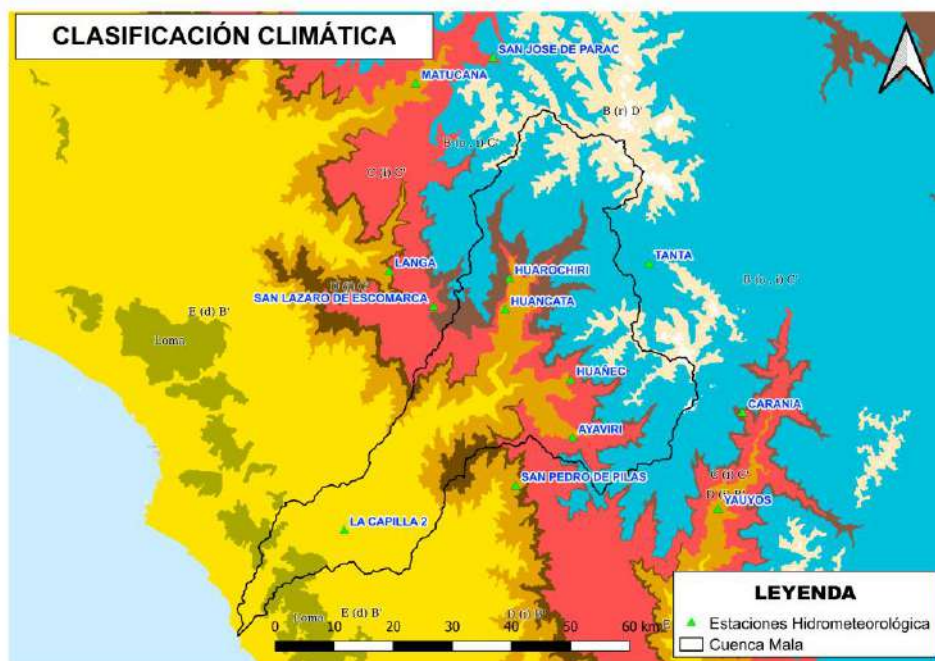


## 2.4.2. Precipitación máxima 24 horas

De acuerdo con el estudio hidrológico proporcionado por ANIN, se cuenta con registros disponibles desde el año 1986 hasta 2023 de manera discontinua en las estaciones pluviométricas relevantes para el proyecto. La información proporcionada referente a la información pluviométrica, el área de estudio se encuentra rodeada por una red pluviométrica compuesta por once (11) estaciones que cuentan con un registro considerable de datos de precipitación, cruciales para el estudio de máximas avenidas.

Sin embargo, y de acuerdo al análisis realizado se ha optado por añadir dos estaciones hidrometeorológicas, siendo éstas Matucana y Langa, debido a la cercanía que se encuentran dichas estaciones a la cuenca hidrográfica, y además comparten la misma clasificación climática con la cuenca Mala, eso te de acuerdo con el mapa climático del Perú, elaborado por el SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>), según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - SENAMHI (2020).

**Figura 2: Clasificación climática de la cuenca Mala y las estaciones hidrometeorológicas**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5: Estaciones pluviométricas seleccionadas para el análisis de máximas avenidas**

| Estación     | Este    | Norte     | Altitud | Escala | Cuenca | Registro |
|--------------|---------|-----------|---------|--------|--------|----------|
| Ayaviri      | 376 427 | 8 630 933 | 3224    | Diaria | Mala   | 29,0     |
| Carania      | 405 177 | 8 635 208 | 3840    | Diaria | Cañete | 36,0     |
| Huancata     | 365 027 | 8 652 551 | 2684    | Diaria | Mala   | 34,0     |
| Huáñec       | 376 135 | 8 640 720 | 3200    | Diaria | Mala   | 31,0     |
| Huarochiri   | 365 695 | 8 657 788 | 3120    | Diaria | Mala   | 26,0     |
| La Capilla 2 | 337 761 | 8 615 299 | 414     | Diaria | Mala   | 21,0     |



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

| Estación                | Este    | Norte     | Altitud | Escala | Cuenca | Registro |
|-------------------------|---------|-----------|---------|--------|--------|----------|
| Langa                   | 345 361 | 8 659 060 | 2863    | Diaria | Lurín  | 42,0     |
| Matucana                | 349 887 | 8 690 865 | 2417    | Diaria | Rímac  | 44,0     |
| San Jose de Parac       | 362 933 | 8 695 196 | 3829    | Diaria | Rímac  | 34,0     |
| San Lazaro de Escomarca | 352 901 | 8 653 078 | 3758    | Diaria | Lurín  | 31,0     |
| San Pedro de Pilas      | 366 802 | 8 622 847 | 2690    | Diaria | Omas   | 35,0     |
| Tanta                   | 389 369 | 8 660 339 | 4323    | Diaria | Cañete | 31,0     |
| Yauyos                  | 401 075 | 8 618 901 | 2285    | Diaria | Cañete | 30,0     |

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.3. Disponibilidad de Información

De acuerdo con la información de precipitación máximas de 24 horas proporcionado por ANIN, se cuenta con registros disponibles desde el año 1986 hasta 2023 de manera discontinua en las estaciones pluviométricas relevantes para este estudio. Se puede apreciar que la mayoría de ellas tiene una longitud de registro suficiente (mayor a 20 años), así mismo para las estaciones de Langa y Matucana, esta fue recopilada de la base del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos de La Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), las cuales fueron descargadas de los siguientes enlaces: <https://snirh.ana.gob.pe/ANDREA/> y <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>, respectivamente. La tabla 37 muestra los períodos de disponibilidad de datos.

Figura 3: Longitud de las estaciones meteorológicas - Precipitación máxima en 24 horas

| ESTACIÓN / AÑO          | 1980                                            | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Long. Datos |  |      |
|-------------------------|-------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|--|------|
| AYAVIRI                 |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 29.0 |
| CARANIA                 |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 36.0 |
| HUANCATA                |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 34.0 |
| HUAÑEC                  |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 31.0 |
| HUAROCHIRÍ              |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 26.0 |
| LA CAPILLA 2            |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 21.0 |
| LANGA                   |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 42.0 |
| MATUCANA                |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 44.0 |
| SAN JOSÉ DE PARAC       |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 34.0 |
| SAN LÁZARO DE ESCOMARCA |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 31.0 |
| SAN PEDRO DE PILAS      |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 35.0 |
| TANTA                   |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 31.0 |
| YAUYOS                  |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  | 30.0 |
|                         | Información de SENAMHI proporcionado por ANIN   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  |      |
|                         | Información recopilado en SNIRH - ANA v SENAMHI |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  |      |

Información de SENAMHI proporcionado por ANIN  
Información recopilado en SNIRH - ANA y SENAMHI

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se muestra el resumen de los registros históricos de precipitación máxima en 24 horas para todas las estaciones utilizadas.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Tabla 6: Serie máximas anuales de precipitaciones máximas en 24 horas**

| Año  | SAN LÁZARO<br>DE<br>ESCOMARCA | HUAROCHIRÍ | HUANCATA | SAN JOSÉ DE<br>PARAC | LA CAPILLA 2 | HUAÑEC | AYAVIRI | CARANIA | SAN PEDRO DE<br>PILAS | TANTA | YAUYOS | LANGA | MATUCANA |
|------|-------------------------------|------------|----------|----------------------|--------------|--------|---------|---------|-----------------------|-------|--------|-------|----------|
| 1980 |                               |            |          |                      |              |        |         |         |                       |       |        | 18,2  | 8,8      |
| 1981 |                               |            |          |                      |              |        |         |         |                       |       |        | 42,5  | 12,5     |
| 1982 |                               |            |          |                      |              |        |         |         |                       |       |        | 20    | 9,5      |
| 1983 |                               |            |          |                      |              |        |         |         |                       |       |        | 7,3   | 25       |
| 1984 |                               |            |          |                      |              |        |         |         |                       |       |        | 9,2   | 21,5     |
| 1985 |                               |            |          |                      |              |        |         |         |                       |       |        | 18,2  | 19,8     |
| 1986 |                               |            |          |                      |              |        |         | 20      | 16,0                  |       |        | 12,2  | 27,2     |
| 1987 |                               |            |          |                      |              |        |         | 20,9    | 21,9                  |       |        | 13,2  | 20,9     |
| 1988 |                               |            |          |                      |              |        |         | 33,1    | 17,7                  |       |        | 15    | 12,3     |
| 1989 |                               |            |          |                      |              |        |         | 24,4    | 15,5                  |       |        | 13,2  | 10,7     |
| 1990 | 15                            |            | 12,5     | 14,6                 |              |        | 25,6    | 26      | 12,4                  |       |        | 8,9   | 10,6     |
| 1991 | 10,1                          |            | 6,9      | 18,4                 |              |        | 27,4    | 12,4    | 18,5                  | 11,5  |        | 6,3   | 17,6     |
| 1992 | 10                            |            | 10,5     | 12,4                 |              |        | 29,9    | 15,1    | 10,5                  | 16,0  |        | 4,2   | 30,5     |
| 1993 | 12,6                          | 16,2       | 12       | 19,7                 |              | 20,6   | 29,7    | 16      | 44,0                  | 41,6  | 17,3   | 26,8  | 30,3     |
| 1994 | 21                            | 16         | 12       | 25,4                 |              | 15     | 30,2    | 14,1    | 19,0                  | 26,4  | 31,5   | 29,9  | 15,5     |
| 1995 | 15                            | 22,3       | 15,3     | 28,8                 |              | 20     | 30,2    | 13,5    | 23,4                  | 27,0  | 12,2   | 23,9  | 22,3     |
| 1996 | 26                            |            | 20,3     | 17,8                 | 4,2          | 19,3   | 24,6    | 16,1    | 12,8                  | 31,7  | 24,3   | 13,2  | 13,6     |
| 1997 | 43                            | 22,5       | 33       | 18,1                 |              | 15,6   | 46,2    | 14,6    | 15,2                  | 27,4  | 18,8   | 31,3  | 9,5      |
| 1998 | 12                            | 38,6       | 25,3     | 18,8                 | 3,8          | 20,3   | 32,4    | 14,1    | 30,1                  | 41,8  | 14,7   | 23,5  | 21,9     |
| 1999 | 16,5                          | 28,7       | 17,7     | 28,4                 | 1,2          | 18,2   | 23,1    | 15,6    | 24,7                  | 24,5  | 19,9   | 31,4  | 19,8     |
| 2000 | 11,8                          | 29,4       | 16,3     | 28,9                 |              | 7,3    | 35,4    | 27      | 11,2                  | 28,9  | 12,9   | 14,8  | 14,3     |
| 2001 | 34,6                          | 24,8       | 19,6     | 23,5                 | 2,5          | 9,4    | 24      | 14,9    | 15,3                  | 22,7  | 13,3   | 29,5  | 16,2     |
| 2002 | 25,5                          | 20,7       | 20,1     | 19,9                 | 4,9          | 13,3   | 28,7    | 17,7    | 23,5                  | 28,2  | 11,6   | 20,6  | 15,7     |
| 2003 | 25,2                          | 25,1       | 18,4     | 26,6                 | 1,7          | 15,2   | 18,2    | 18,9    | 13,1                  | 28,0  | 14,4   | 22,4  | 19,5     |
| 2004 | 27,5                          | 30         | 19,2     | 18,1                 | 2,6          | 14,3   | 29,2    | 21,4    | 8,7                   | 32,9  | 14,2   | 18,3  | 18       |
| 2005 | 34,9                          | 18,6       | 19,3     | 23,4                 | 1            | 16,4   | 21      | 20,5    | 9,7                   | 22,0  | 13,6   | 11,5  | 21,5     |
| 2006 | 74                            | 22,8       | 25       | 23,6                 | 3,8          | 17,5   |         | 30,1    | 32,1                  | 29,5  | 20,6   | 27,4  | 14,3     |
| 2007 | 22                            | 28,2       | 17       | 24,4                 | 1,7          | 23,8   |         | 23,4    | 15,7                  | 33,6  | 19,8   | 18,3  | 16,6     |
| 2008 | 21,5                          | 23,6       | 40,3     | 23,5                 | 1,9          | 20,8   |         | 21,9    | 27,7                  | 27,8  | 19,9   | 26,1  | 16,5     |
| 2009 | 21,5                          | 38,5       | 24       | 22,7                 | 4            | 20,2   |         | 20,5    | 26,1                  | 33,0  | 15,1   | 34,4  | 23,1     |
| 2010 | 32,3                          | 29,3       | 17       | 25,2                 | 4,3          | 19,3   |         | 20,3    | 42,2                  | 32,5  | 18,0   | 46,9  | 17       |
| 2011 | 13,2                          | 22         | 12,2     | 27,1                 | 1            | 22,8   | 20      | 24,8    | 10,0                  | 23,3  | 23,2   | 18,1  | 14,5     |
| 2012 | 27,8                          | 24,3       | 26,5     | 21,5                 | 9,2          | 22,8   | 40,2    | 22,5    | 40,5                  | 28,7  | 33,0   | 19,2  | 19,8     |
| 2013 | 30,4                          | 22,5       | 14       | 22,1                 | 1            | 22,1   | 24,3    | 18,1    | 23,5                  | 38,6  | 21,7   | 20,1  | 21,3     |
| 2014 | 43,8                          | 20,4       | 15,5     | 20,5                 | 3,4          | 22,3   | 25,5    | 20,3    | 22,3                  | 25,3  | 28,0   | 15,6  | 12,2     |
| 2015 | 35,8                          | 26,9       | 24,7     | 19,5                 | 4,5          | 21,5   | 27,8    | 18,7    | 23,9                  | 33,2  | 13,2   | 19,7  | 21,3     |
| 2016 | 24,2                          | 18,8       | 48,5     | 21,5                 | 3,2          | 20,5   | 35,2    | 16,8    | 14,4                  | 31,0  | 17,7   | 11    | 16,4     |
| 2017 | 32,4                          | 30,2       | 38,7     | 22                   | 5,3          | 32,4   | 36,1    | 38,5    | 25,4                  | 38,6  | 25,0   | 26,9  | 22,8     |
| 2018 | 34,7                          | 33         | 20       | 25,2                 | 1            | 24,5   | 21,3    | 23,8    | 13,2                  | 17,3  | 13,0   | 12,3  | 21,2     |
| 2019 | 25,9                          | 22,8       | 17,1     | 21,4                 |              | 22,4   | 29,4    | 19,2    | 45,2                  | 15,6  | 21,3   | 25,4  | 21,5     |
| 2020 |                               |            | 28,1     | 19,1                 |              | 19,8   | 27,9    |         | 38,5                  | 14,4  |        | 13,1  | 20       |
| 2021 |                               |            | 23,4     | 21,3                 |              | 26,7   | 24,1    |         |                       |       | 15,4   |       | 11,5     |
| 2022 |                               |            | 20,2     | 26,1                 |              | 15,5   | 24,3    | 8,8     |                       | 16,4  | 19,2   |       | 16       |
| 2023 | 32,6                          |            | 34,5     | 22,3                 |              | 15,6   | 34,2    | 10,5    |                       |       | 27     | 33,4  | 14,4     |

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los datos de precipitaciones obtenidos del SENAMHI, se efectuó la corrección de los valores multiplicándolos por un factor de seguridad de 1,13





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

de acuerdo con la recomendación que realiza la Organización Meteorológica Mundial (OMM N° 168, 2011), que toma en consideración lo referido en el párrafo precedente, y considerando que los datos adquiridos de SENAMHI provienen de una (01) observación por día, se ha aplicado un factor de ajuste de 1,13.

**Tabla 7: Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria (Guía de Prácticas Hidrológicas – OMM).**

| Número de observaciones /día | 1    | 2    | 3-4  | 5-8  | 9-24 | > 24 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Factor de ajuste             | 1,13 | 1,04 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 1,00 |

Fuente: Guía de Practicas Hidrológicas Volumen II. OMM-N° 168

Según lo indicado anteriormente, los valores de precipitaciones corregidos para las estaciones consideradas en el análisis de precipitaciones se muestran en la tabla 40

**Tabla 8: Serie máximas anuales de precipitaciones máximas en 24 horas corregidas**

| Año  | SAN LÁZARO DE ESCOMARCA | HUAROCHIRÍ | HUANCATA | SAN JOSÉ DE PARAC | LA CAPILLA 2 | HUAÑEC | AYAVIRI | CARANIA | SAN PEDRO DE PILAS | TANTA | YAUYS | LANGA | MATUCANA |
|------|-------------------------|------------|----------|-------------------|--------------|--------|---------|---------|--------------------|-------|-------|-------|----------|
| 1980 |                         |            |          |                   |              |        |         |         |                    |       |       | 20,57 | 9,94     |
| 1981 |                         |            |          |                   |              |        |         |         |                    |       |       | 48,03 | 14,13    |
| 1982 |                         |            |          |                   |              |        |         |         |                    |       |       | 22,60 | 10,74    |
| 1983 |                         |            |          |                   |              |        |         |         |                    |       |       | 8,25  | 28,25    |
| 1984 |                         |            |          |                   |              |        |         |         |                    |       |       | 10,40 | 24,30    |
| 1985 |                         |            |          |                   |              |        |         |         |                    |       |       | 20,57 | 22,37    |
| 1986 |                         |            |          |                   |              |        |         | 22,60   | 18,08              |       |       | 13,79 | 30,74    |
| 1987 |                         |            |          |                   |              |        |         | 23,62   | 24,75              |       |       | 14,92 | 23,62    |
| 1988 |                         |            |          |                   |              |        |         | 37,40   | 20,00              |       |       | 16,95 | 13,90    |
| 1989 |                         |            |          |                   |              |        |         | 27,57   | 17,52              |       |       | 14,92 | 12,09    |
| 1990 | 16,95                   |            | 14,13    | 16,50             |              |        | 28,93   | 29,38   | 14,01              |       |       | 10,06 | 11,98    |
| 1991 | 11,41                   |            | 7,80     | 20,79             |              |        | 30,96   | 14,01   | 20,91              | 13,00 |       | 7,12  | 19,89    |
| 1992 | 11,30                   |            | 11,87    | 14,01             |              |        | 33,79   | 17,06   | 11,87              | 18,08 |       | 4,75  | 34,47    |
| 1993 | 14,24                   | 18,31      | 13,56    | 22,26             |              | 23,28  | 33,56   | 18,08   | 49,72              | 47,01 | 19,55 | 30,28 | 34,24    |
| 1994 | 23,73                   | 18,08      | 13,56    | 28,70             |              | 16,95  | 34,13   | 15,93   | 21,47              | 29,83 | 35,60 | 33,79 | 17,52    |
| 1995 | 16,95                   | 25,20      | 17,29    | 32,54             |              | 22,60  | 34,13   | 15,26   | 26,44              | 30,51 | 13,79 | 27,01 | 25,20    |
| 1996 | 29,38                   |            | 22,94    | 20,11             | 4.75         | 21,81  | 27,80   | 18,19   | 14,46              | 35,82 | 27,46 | 14,92 | 15,37    |
| 1997 | 48,59                   | 25,43      | 37,29    | 20,45             |              | 17,63  | 52,21   | 16,50   | 17,18              | 30,96 | 21,24 | 35,37 | 10,74    |
| 1998 | 13,56                   | 43,62      | 28,59    | 21,24             | 4.29         | 22,94  | 36,61   | 15,93   | 34,01              | 47,23 | 16,61 | 26,56 | 24,75    |
| 1999 | 18,65                   | 32,43      | 20,00    | 32,09             | 1.36         | 20,57  | 26,10   | 17,63   | 27,91              | 27,69 | 22,49 | 35,48 | 22,37    |
| 2000 | 13,33                   | 33,22      | 18,42    | 32,66             |              | 8,25   | 40,00   | 30,51   | 12,66              | 32,66 | 14,58 | 16,72 | 16,16    |
| 2001 | 39,10                   | 28,02      | 22,15    | 26,56             | 2.83         | 10,62  | 27,12   | 16,84   | 17,29              | 25,65 | 15,03 | 33,34 | 18,31    |
| 2002 | 28,82                   | 23,39      | 22,71    | 22,49             | 5.54         | 15,03  | 32,43   | 20,00   | 26,56              | 31,87 | 13,11 | 23,28 | 17,74    |
| 2003 | 28,48                   | 28,36      | 20,79    | 30,06             | 1.92         | 17,18  | 20,57   | 21,36   | 14,80              | 31,64 | 16,27 | 25,31 | 22,04    |



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

| Año  | SAN LÁZARO<br>DE<br>ESCOMARCA | HUAROCHIRÍ | HUANCATA | SAN JOSÉ DE<br>PARAC | LA CAPILLA 2 | HUAÑEC | AYAVIRI | CARANIA | SAN PEDRO<br>DE PILAS | TANTA | YAUYS | LANGA | MATUCANA |
|------|-------------------------------|------------|----------|----------------------|--------------|--------|---------|---------|-----------------------|-------|-------|-------|----------|
| 2004 | 31,08                         | 33,90      | 21,70    | 20,45                | 2,94         | 16,16  | 33,00   | 24,18   | 9,83                  | 37,18 | 16,05 | 20,68 | 20,34    |
| 2005 | 39,44                         | 21,02      | 21,81    | 26,44                | 1,13         | 18,53  | 23,73   | 23,17   | 10,96                 | 24,86 | 15,37 | 13,00 | 24,30    |
| 2006 | 83,62                         | 25,76      | 28,25    | 26,67                | 4,29         | 19,78  |         | 34,01   | 36,27                 | 33,34 | 23,28 | 30,96 | 16,16    |
| 2007 | 24,86                         | 31,87      | 19,21    | 27,57                | 1,92         | 26,89  |         | 26,44   | 17,74                 | 37,97 | 22,37 | 20,68 | 18,76    |
| 2008 | 24,30                         | 26,67      | 45,54    | 26,56                | 2,15         | 23,50  |         | 24,75   | 31,30                 | 31,41 | 22,49 | 29,49 | 18,65    |
| 2009 | 24,30                         | 43,51      | 27,12    | 25,65                | 4,52         | 22,83  |         | 23,17   | 29,49                 | 37,29 | 17,06 | 38,87 | 26,10    |
| 2010 | 36,50                         | 33,1       | 19,21    | 28,48                | 4,86         | 21,81  |         | 22,94   | 47,69                 | 36,73 | 20,34 | 53,00 | 19,21    |
| 2011 | 14,92                         | 24,86      | 13,79    | 30,62                | 1,13         | 25,76  | 22,60   | 28,02   | 11,30                 | 26,33 | 26,22 | 20,45 | 16,39    |
| 2012 | 31,41                         | 27,46      | 29,95    | 24,30                | 10,40        | 25,76  | 45,43   | 25,43   | 45,77                 | 32,43 | 37,29 | 21,70 | 22,37    |
| 2013 | 34,35                         | 25,43      | 15,82    | 24,97                | 1,13         | 24,97  | 27,46   | 20,45   | 26,56                 | 43,62 | 24,52 | 22,71 | 24,07    |
| 2014 | 49,49                         | 23,05      | 17,52    | 23,17                | 3,84         | 25,20  | 28,82   | 22,94   | 25,20                 | 28,59 | 31,64 | 17,63 | 13,79    |
| 2015 | 40,45                         | 30,40      | 27,91    | 22,04                | 5,09         | 24,30  | 31,41   | 21,13   | 27,01                 | 37,52 | 14,92 | 22,26 | 24,07    |
| 2016 | 27,35                         | 21,24      | 54,81    | 24,30                | 3,62         | 23,17  | 39,78   | 18,98   | 16,27                 | 35,03 | 20,00 | 12,43 | 18,53    |
| 2017 | 36,61                         | 34,13      | 43,73    | 24,86                | 5,99         | 36,61  | 40,79   | 43,51   | 28,70                 | 43,62 | 28,25 | 30,40 | 25,76    |
| 2018 | 39,21                         | 37,29      | 22,60    | 28,48                | 1,13         | 27,69  | 24,07   | 26,89   | 14,92                 | 19,55 | 14,69 | 13,90 | 23,96    |
| 2019 | 29,27                         | 25,76      | 19,32    | 24,18                |              | 25,31  | 33,22   | 21,70   | 51,08                 | 17,63 | 24,07 | 28,70 | 24,30    |
| 2020 |                               |            | 31,75    | 21,58                |              | 22,37  | 31,53   |         | 43,51                 | 16,27 |       | 14,80 | 22,60    |
| 2021 |                               |            | 26,44    | 24,07                |              | 30,17  | 27,23   |         |                       |       | 17,40 |       | 13,00    |
| 2022 |                               |            | 22,83    | 29,49                |              | 17,52  | 27,46   | 9,94    |                       | 18,53 | 21,70 |       | 18,08    |
| 2023 | 36,84                         |            | 38,99    | 25,20                |              | 17,63  | 38,65   | 11,87   |                       |       | 30,51 | 37,74 | 16,27    |

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.4. Análisis de datos atípicos (Outliers)

Un valor atípico es un dato que es considerablemente diferente a los otros datos de la muestra. Con frecuencia, los valores atípicos en un conjunto de datos pueden alertar a los estadísticos sobre las anomalías experimentales o los errores en las mediciones tomadas, y debido a esto puede que los descarten del conjunto de datos.

Para este análisis se utilizó el Método del “Bulletin 17B” (Interagency Advisory Committee on Water Data, 1982) para la detección de “Outliers” en series anuales. Esta metodología fue desarrollada para el análisis de frecuencia de avenidas en Estados Unidos, aunque puede también utilizarse para el análisis de frecuencia de precipitación. Los “Outliers” son datos que se alejan significativamente de la tendencia de la información de la muestra y que dan lugar a cuestionar su procedencia en términos de que pueden pertenecer a una población diferente. Esta metodología consiste en calcular umbrales que definan “Outliers” altos y bajos mediante la siguiente ecuación:

$$Y_H = \bar{Y} + K_n s_Y$$

$$Y_L = \bar{Y} - K_n s_Y$$

Donde

$Y_H$ : Límite superior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

$Y_L$ : Límite inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

$\bar{Y}$ : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

$s_Y$  : Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones registradas.

$K_n$ : Valor tabulado para una muestra de tamaño  $n$  (ver Tabla 9).

**Tabla 9: Valores de  $K_n$  para la prueba de datos dudosos**

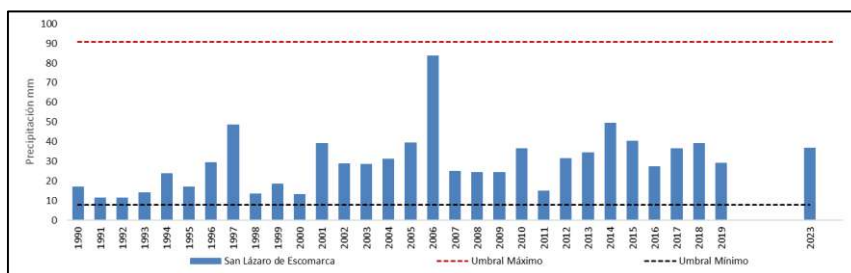
| Sample size | $K_n$ value | Sample size | $K_n$ value | Sample size | $K_n$ value | Sample size | $K_n$ value |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10          | 2.036       | 45          | 2.727       | 80          | 2.940       | 115         | 3.064       |
| 11          | 2.068       | 46          | 2.736       | 81          | 2.945       | 116         | 3.067       |
| 12          | 2.134       | 47          | 2.744       | 82          | 2.949       | 117         | 3.070       |
| 13          | 2.175       | 48          | 2.753       | 83          | 2.953       | 118         | 3.073       |
| 14          | 2.213       | 49          | 2.760       | 84          | 2.957       | 119         | 3.075       |
| 15          | 2.247       | 50          | 2.768       | 85          | 2.961       | 120         | 3.078       |
| 16          | 2.279       | 51          | 2.775       | 86          | 2.966       | 121         | 3.081       |
| 17          | 2.309       | 52          | 2.783       | 87          | 2.970       | 122         | 3.083       |
| 18          | 2.335       | 53          | 2.790       | 88          | 2.973       | 123         | 3.086       |
| 19          | 2.361       | 54          | 2.798       | 89          | 2.977       | 124         | 3.089       |
| 20          | 2.385       | 55          | 2.804       | 90          | 2.981       | 125         | 3.092       |
| 21          | 2.408       | 56          | 2.811       | 91          | 2.984       | 126         | 3.095       |
| 22          | 2.429       | 57          | 2.818       | 92          | 2.989       | 127         | 3.097       |
| 23          | 2.448       | 58          | 2.824       | 93          | 2.993       | 128         | 3.100       |
| 24          | 2.467       | 59          | 2.831       | 94          | 2.996       | 129         | 3.102       |
| 25          | 2.486       | 60          | 2.837       | 95          | 3.000       | 130         | 3.104       |
| 26          | 2.502       | 61          | 2.842       | 96          | 3.003       | 131         | 3.107       |
| 27          | 2.519       | 62          | 2.849       | 97          | 3.006       | 132         | 3.109       |
| 28          | 2.534       | 63          | 2.854       | 98          | 3.011       | 133         | 3.112       |
| 29          | 2.549       | 64          | 2.860       | 99          | 3.014       | 134         | 3.114       |
| 30          | 2.563       | 65          | 2.866       | 100         | 3.017       | 135         | 3.116       |
| 31          | 2.577       | 66          | 2.871       | 101         | 3.021       | 136         | 3.119       |
| 32          | 2.591       | 67          | 2.877       | 102         | 3.024       | 137         | 3.122       |
| 33          | 2.604       | 68          | 2.883       | 103         | 3.027       | 138         | 3.124       |
| 34          | 2.616       | 69          | 2.888       | 104         | 3.030       | 139         | 3.126       |
| 35          | 2.628       | 70          | 2.893       | 105         | 3.033       | 140         | 3.129       |
| 36          | 2.639       | 71          | 2.897       | 106         | 3.037       | 141         | 3.131       |
| 37          | 2.650       | 72          | 2.903       | 107         | 3.040       | 142         | 3.133       |
| 38          | 2.661       | 73          | 2.908       | 108         | 3.043       | 143         | 3.135       |
| 39          | 2.671       | 74          | 2.912       | 109         | 3.046       | 144         | 3.138       |
| 40          | 2.682       | 75          | 2.917       | 110         | 3.049       | 145         | 3.140       |
| 41          | 2.692       | 76          | 2.922       | 111         | 3.052       | 146         | 3.142       |
| 42          | 2.700       | 77          | 2.927       | 112         | 3.055       | 147         | 3.144       |
| 43          | 2.710       | 78          | 2.931       | 113         | 3.058       | 148         | 3.146       |
| 44          | 2.719       | 79          | 2.935       | 114         | 3.061       | 149         | 3.148       |

Fuente: *Bolletín B17 - Guide for Determining Flood Flow Frequency*

Una vez concluido el análisis de datos dudosos en las series de precipitación diaria que superan los umbrales establecidos de las estaciones pluviométricas, se obtienen los resultados y gráficas que se muestran desde la figura 4 hasta la figura 16

- En la estación San Lázaro de Escomarca, se cuenta con una serie de 31 años de registro, que cubre desde el año 1990 hasta 2023, presentando el año 2020, 2021 y 2022 sin información. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.

**Figura 4: Gráfica de Outliers – Estación San Lázaro de Escomarca**



Fuente: *Elaboración Propia*

- En la estación Huarochirí, se cuenta con una serie de 26 años de registro, que cubre desde el año 1993 hasta 2019, con algunos años sin información. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

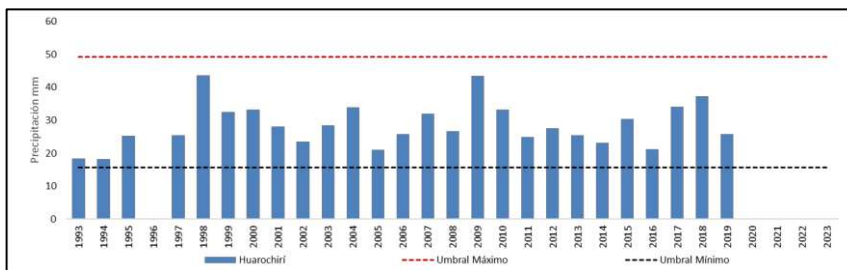


Firmado digitalmente por ANCAJIMA OJEDA Luis Antonio FAU 20520711865 hard Motivo: Doy V° B°



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

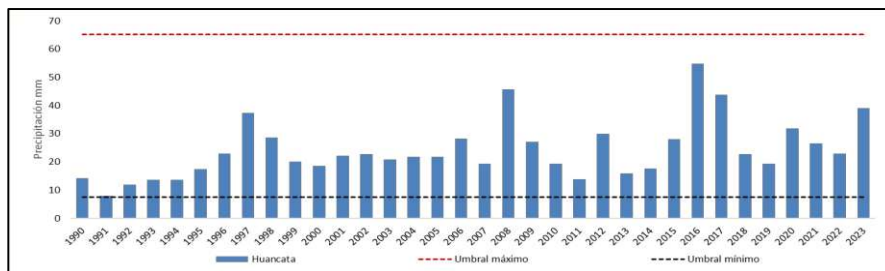
**Figura 5: Gráfica de Outliers – Estación Huarochiri**



Fuente: Elaboración Propia

- En la estación Huancata, se cuenta con una serie de 34 años de registro, que cubre desde el año 1990 hasta 2023. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.

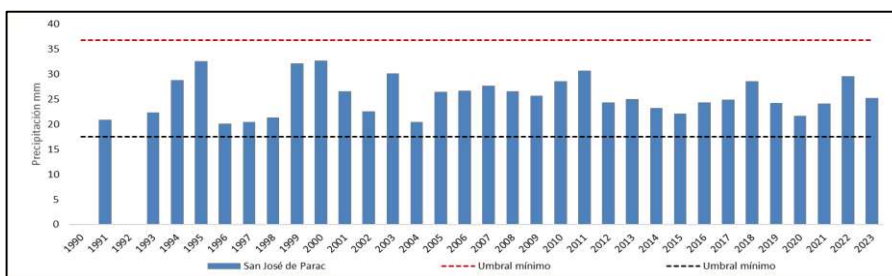
**Figura 6: Gráfica de Outliers – Estación Huancata**



Fuente: Elaboración Propia

- En la estación San José de Parac, se cuenta con una serie de 34 años de registro, que cubre desde el año 1990 hasta 2023. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que las precipitaciones máximas de los años 1990 y 1992 se encuentran por debajo del umbral inferior, por lo que se procedió a retirar esos datos.

**Figura 7: Gráfica de Outliers – Estación San José de Parac**



Fuente: Elaboración Propia

- En la estación La Capilla 2, se cuenta con una serie de 21 años de registro, que cubre desde el año 1996 hasta 2018 con algunos años sin información. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los



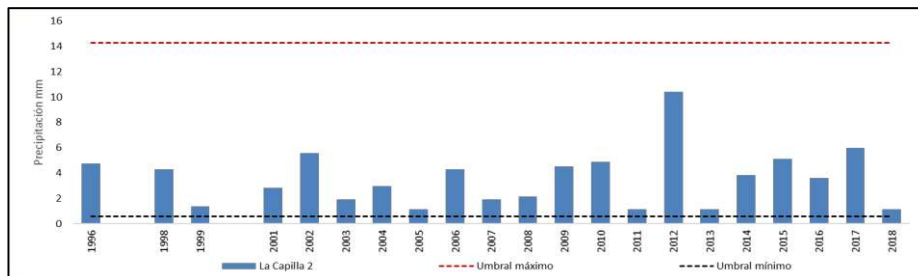


“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.

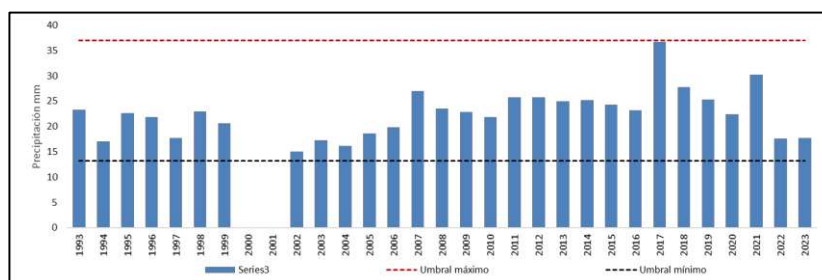
**Figura 8: Gráfica de Outliers – Estación La Capilla 2**



Fuente: Elaboración Propia

- En la estación Huañec, se cuenta con una serie de 31 años de registro, que cubre desde el año 1993 hasta 2023. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que las precipitaciones máximas de los años 2000 y 2001 se encuentran por debajo del umbral inferior, por lo que se procedió a retirar esos datos.

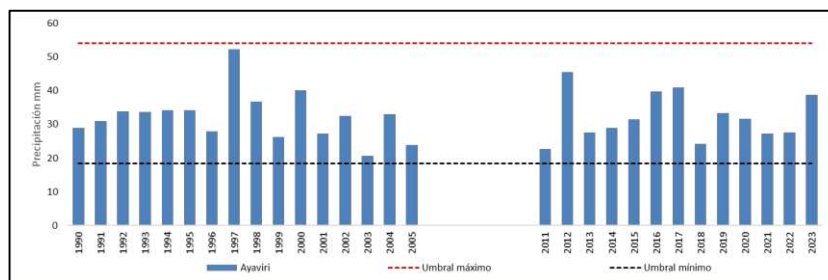
**Figura 9: Gráfica de Outliers – Estación Huañec**



Fuente: Elaboración Propia

- En la estación Ayaviri, se cuenta con una serie de 29 años de registro, que cubre desde el año 1990 hasta 2023 con algunos años sin información. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.

**Figura 10: Gráfica de Outliers – Estación Ayaviri**

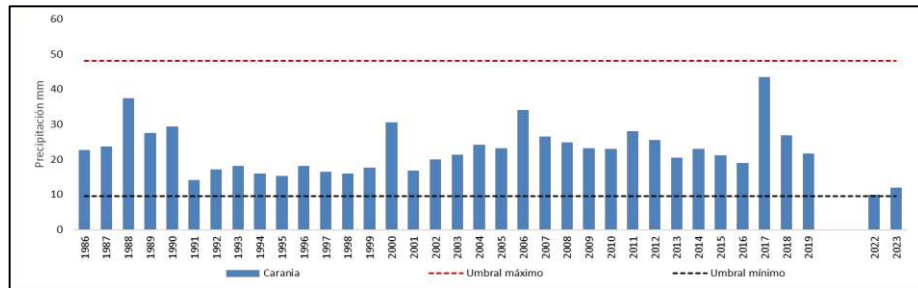


Fuente: Elaboración Propia

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

- En la estación Carania, se cuenta con una serie de 36 años de registro, que cubre desde el año 1986 hasta 2023 con algunos años sin información. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.

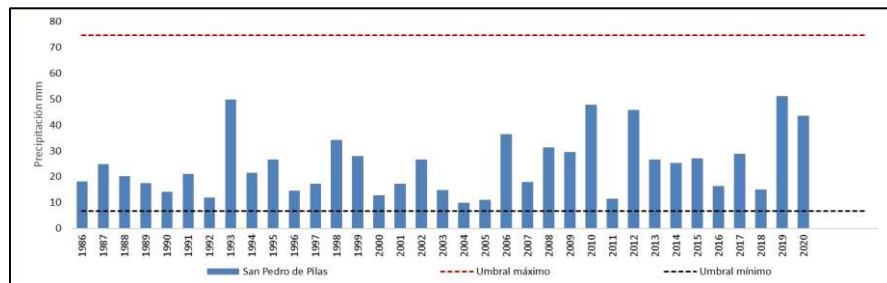
**Figura 11: Gráfica de Outliers – Estación Carania**



*Fuente: Elaboración Propia*

- En la estación San Pedro de Pilas, se cuenta con una serie de 35 años de registro, que cubre desde el año 1986 hasta 2020. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.

**Figura 12: Gráfica de Outliers – Estación San Pedro de Pilas**



*Fuente: Elaboración Propia*

- En la estación Tanta, se cuenta con una serie de 31 años de registro, que cubre desde el año 1991 hasta 2022, con algunos años sin información. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

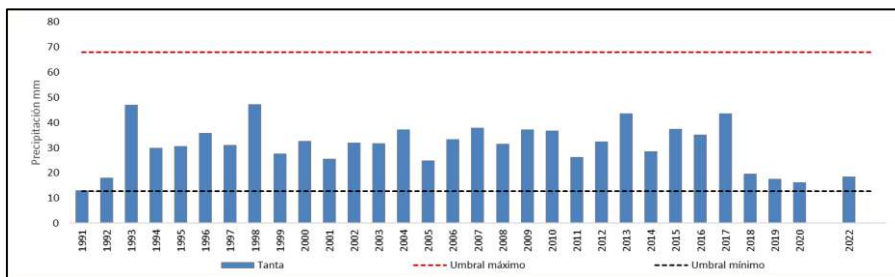


Firmado digitalmente por ANCAJIMA OJEDA Luis Antonio FAU 20520711865 hard Motivo: Doy V° B°



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

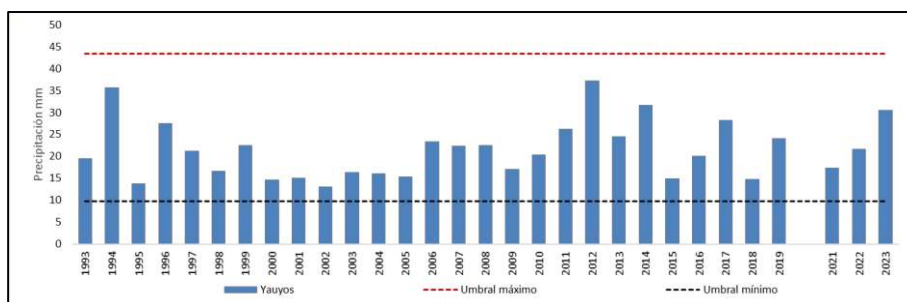
Figura 13: Gráfica de Outliers – Estación Tanta



Fuente: Elaboración Propia

- En la estación Yauyos, se cuenta con una serie de 30 años de registro, que cubre desde el año 1993 hasta 2023, sin información en el año 2022. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.

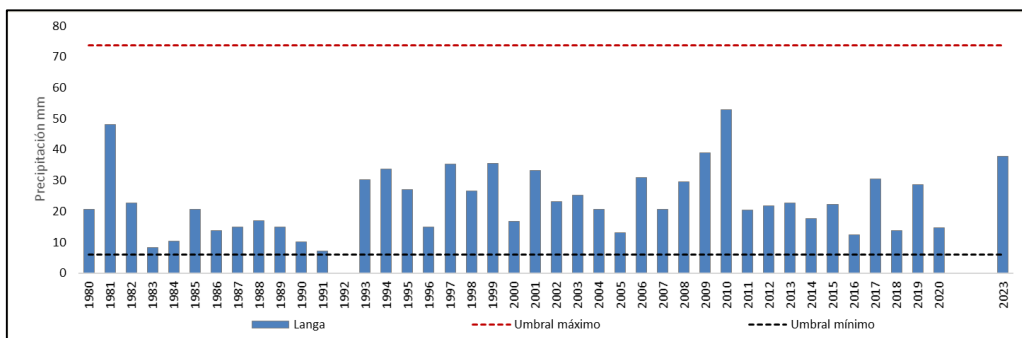
Figura 14: Gráfica de Outliers – Estación Yauyos



Fuente: Elaboración Propia

- En la estación Langa, se cuenta con una serie de 42 años de registro, que cubre desde el año 1980 hasta 2023, con algunos años sin información. Tras realizar el análisis de datos atípicos se obtuvo como resultado, que la precipitación máxima del año 1992 se encuentra por debajo del umbral inferior, por lo que se procedió a retirar esos datos.

Figura 15: Gráfica de Outliers – Estación Langa



Fuente: Elaboración Propia

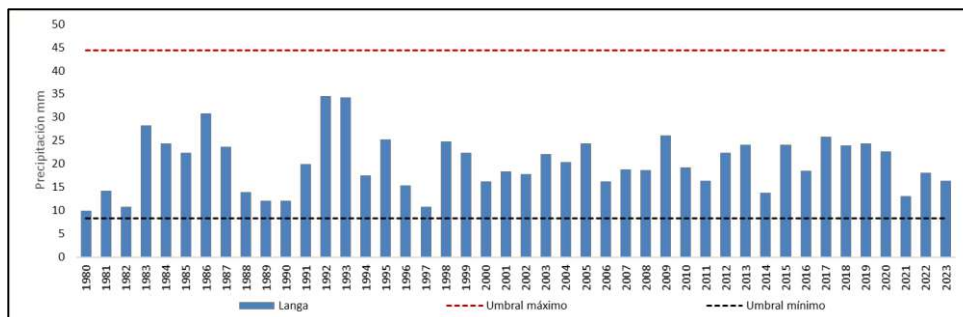
- En la estación Matucana, se cuenta con una serie de 44 años de registro, que cubre desde el año 1980 hasta 2023. Tras realizar el análisis de datos

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

atípicos se obtuvo como resultado, que todos los valores de precipitaciones máximas se encuentran entre los umbrales superior e inferior, por lo que se confirma que la serie no presenta datos atípicos.

**Figura 16: Gráfica de Outliers – Estación Matucana**



*Fuente: Elaboración Propia*

#### **2.4.5. Análisis de independencia, estacionariedad y homogeneidad**

Castro, L. M., y Carvajal Escobar, Y. (2010) menciona que para la planeación y diseño de muchos proyectos relacionados con el agua es necesario el uso de información hidroclimatológica proveniente de eventos hidrometeorológicos gobernados por las leyes del azar.

Aunque con los años la recolección de información hidroclimatológica (IH) ha ido mejorando, aún muchos de los registros en los que se basa la meteorología aplicada son deficientes tanto en calidad como en cantidad, observándose series con falta de información, con cambios, tendencias y datos atípicos, circunstancias que tergiversan los resultados obtenidos de la modelación o simulación

Para el uso correcto de la información hidroclimatológica en la ingeniería de los recursos hídricos, ésta debe cumplir con el supuesto de estacionalidad, consistencia y homogeneidad, sin dejar aparte, en algunos casos, la independencia entre las observaciones.

El análisis exploratorio de los datos (EDA) por medio gráfico se realiza con el fin de comprobar tendencias y cambios en la serie de tiempo por medio visual. Es considerado como el primer análisis a realizar antes de cualquier análisis confirmatorio (cuantitativo) y, más aún, antes de utilizar la información hidroclimatológica para modelos y simulaciones.

El uso de la información sin previa evaluación de su estructura, consistencia, homogeneidad, etc., constituye un enfoque de caja negra que incrementa el grado de incertidumbre sobre la validez de los resultados obtenidos (Lobo, 2004).

#### **Prueba de independencia, estacionariedad y homogeneidad**

Como se mencionó anteriormente, antes de proceder al ajuste de una muestra con una distribución estadística, se debe verificar si los datos son independientes e idénticamente distribuidos (iid). Softwares como HYFRAN-PLUS y RStudio se encuentran disponibles pruebas estadísticas





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado  
digitalmente por  
ANCAJIMA OJEDA  
Luis Antonio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

para verificar las hipótesis de independencia, estacionariedad y homogeneidad. Esas son las tres pruebas de hipótesis siguientes:

1. Test de independencia (Wald-Wolfowitz)
2. Test de estacionariedad (Kendall)
3. Test de homogeneidad por periodo cronológico (Wilcoxon)

### Test de Independencia

El análisis estadístico requiere que la muestra esté compuesta por datos aleatorios e independientes entre sí. Para ello, se busca que la probabilidad de ocurrencia de uno (cualquiera de ellos), no dependa de la ocurrencia de los datos que le preceden y que tampoco este influya en los datos que le siguen o datos futuros.

Una de las pruebas estadísticas de independencia es la de secuencias de una muestra de Wald-Wolfowitz en la cual las hipótesis a contrastar son las siguientes:

- $H_0$ : El proceso que genera el conjunto de datos numéricos es aleatorio.
- $H_1$ : El proceso que genera el conjunto de datos numéricos no es aleatorio.

En esta prueba se compara cada valor observado con la media de muestra. Se le asigna a cada dato un término E o F (éxito o fracaso) dependiendo de si el valor es superior o inferior a la media de la muestra. Para realizar esta prueba se utilizó el lenguaje de programación R en el entorno RStudio empleando el paquete Trend.

### Test de Estacionariedad

La Prueba de estacionariedad se refiere a que las propiedades de la serie no varían con respecto al tiempo, significa que su variación (la forma en la que cambia) no cambia en función del tiempo prediciendo que las características estadísticas de nuestra serie de tiempo serán las mismas en el futuro como en el pasado.

La importancia de esta prueba radica en que en una serie de tiempo podemos obtener información significativa como media, varianza y autocorrelaciones (correlaciones entre distintos valores de la serie de tiempo); dichos valores son útiles para describir el comportamiento futuro únicamente si la serie es estacionaria. Por ejemplo, si hay presencia de tendencia positiva, la media y varianza muestral aumentarán y se subestimarán a la media y varianza en periodos posteriores. Y si la media y varianza no están bien definidas, tampoco lo estarán las autocorrelaciones.

La prueba estadística de estacionariedad de Kendall permite verificar que la serie de datos no presenta una tendencia temporal. La prueba consiste básicamente en la comparación entre los valores que componen una misma serie temporal, en orden secuencial (Silva, 2007). Entre las técnicas existentes para realizar análisis de tendencias, la metodología propuesta por



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Kendall es la recomendada por la Organización Mundial de Meteorología (OMM). Al igual que lo indicado en el ítem anterior esta prueba fue realizado empleando el lenguaje de programación R en el entorno RStudio, mediante el paquete Trend.

Una de las pruebas estadísticas de estacionariedad es la de Mann-Kendall en la cual las hipótesis a contrastar son las siguientes:

- $H_0$ : Los datos provienen de una población con realizaciones independientes y están distribuidos de manera idéntica.
- $H_1$ : Los datos no provienen de una población con realizaciones independientes y están distribuidos de manera idéntica.

### Test de homogeneidad

La prueba de homogeneidad por períodos cronológicos de Wilcoxon permite verificar si el promedio de un primer subconjunto muestral es significativamente diferente del de un segundo subconjunto muestral.

El primer subconjunto se compone de observaciones que comienzan con el primer año y terminan con un año de corte. El segundo subconjunto se compone desde el año siguiente al año de corte hasta el final de las observaciones. El año de corte se especifica al presionar el botón “Subdividir muestra”

Para estas pruebas se utilizó el software Hyfran. Los resultados obtenidos a las series de Precipitación máxima de las 13 estaciones se muestran en la Tabla 10 y Tabla 11, se observa que la estación San Lázaro de Escomarca rechaza las pruebas de estacionariedad y homogeneidad, mientras que las estaciones La Capilla 2 y Carania no cumplen con la prueba de independencia, respectivamente, así mismo, las estación Huancata no cumple con la prueba de independencia y estacionariedad; por último, la estación Huañec no cumple con ninguna de las tres pruebas estadística.

Al respecto, corregiremos aquellas estaciones que no cumplen con las pruebas de independencia, estacionariedad y homogeneidad, esto debido a que para el uso correcto de la información hidroclimatológica en la ingeniería de los recursos hídricos, ésta debe cumplir con el supuesto de estacionalidad, consistencia y homogeneidad (Castro, L. M., y Carvajal Escobar, Y.-2010).

**Tabla 10: Valor de probabilidad para las pruebas de independencia, estacionariedad y homogeneidad**

| N° | Estación                | Test de Independencia (Wald - Wolfowitz) | Test de Estacionariedad (Kendall) | Test de Homogeneidad (Wilcoxon) |
|----|-------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1  | San Lázaro De Escomarca | 0.1350                                   | 0.0014                            | 0.0208                          |
| 2  | Huarochirí              | 0.2700                                   | 0.4020                            | 0.9790                          |
| 3  | Huancata                | 0.0263                                   | 0.0025                            | 0.0501                          |
| 4  | San José De Parac       | 0.3880                                   | 0.9610                            | 0.6904                          |
| 5  | La Capilla 2            | 0.0294                                   | 0.8330                            | 0.9690                          |
| 6  | Huañec                  | 0.0228                                   | 0.0269                            | 0.0035                          |



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

| N° | Estación           | Test de Independencia (Wald - Wolfowitz) | Test de Estacionariedad (Kendall) | Test de Homogeneidad (Wilcoxon) |
|----|--------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 7  | Ayaviri            | 0.3730                                   | 0.7216                            | 0.2133                          |
| 8  | Carania            | 0.0357                                   | 0.6433                            | 0.2367                          |
| 9  | San Pedro De Pilas | 0.6440                                   | 0.1150                            | 0.4210                          |
| 10 | Tanta              | 0.1170                                   | 0.9860                            | 0.9460                          |
| 11 | Yauyos             | 0.8710                                   | 0.1810                            | 0.3010                          |
| 12 | Langa              | 0.3610                                   | 0.2250                            | 0.7350                          |
| 13 | Matucana           | 0.0612                                   | 0.6270                            | 0.5801                          |

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 11: Hipótesis Nula (Ho) pruebas de independencia, estacionariedad y homogeneidad**

| Estación                | Test de Independencia (Wald - Wolfowitz) | Test de Estacionariedad (Kendall) | Test de Homogeneidad (Wilcoxon) | Corrección      |
|-------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| San Lázaro De Escomarca | Aceptado                                 | <b>Corregir</b>                   | <b>Corregir</b>                 | <b>Corregir</b> |
| Huarocharí              | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir     |
| Huancata                | <b>Corregir</b>                          | <b>Corregir</b>                   | Aceptado                        | <b>Corregir</b> |
| San José De Parac       | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir     |
| La Capilla 2            | <b>Corregir</b>                          | Aceptado                          | Aceptado                        | <b>Corregir</b> |
| Huañec                  | <b>Corregir</b>                          | <b>Corregir</b>                   | <b>Corregir</b>                 | <b>Corregir</b> |
| Ayaviri                 | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir     |
| Carania                 | <b>Corregir</b>                          | Aceptado                          | Aceptado                        | <b>Corregir</b> |
| San Pedro De Pilas      | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir     |
| Tanta                   | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir     |
| Yauyos                  | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir     |
| Langa                   | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir     |

Fuente: Elaboración Propia

### Remoción de datos inconsistentes

Castro, L. M., y Carvajal Escobar, Y. (2010) detalla lo siguiente: “Cuando el análisis exploratorio de datos muestre que las series son inconsistentes, con tendencias, cambios, etc., se hará necesario la remoción de esa parte de la serie”; por lo tanto, removeremos parte de la serie, tomando en cuenta los datos menores, hasta cumplir con las pruebas de independencia, estacionariedad y homogeneidad.

Se utilizó el software Hyfran, se tuvo como resultado que las 5 estaciones corregidas para el análisis de máximas avenidas se ajustan a las tres pruebas corregidas, estando aptos para el análisis de frecuencia de valores extremos.

**Tabla 12: Valor de probabilidad para las pruebas de independencia, estacionariedad y homogeneidad – Estaciones corregidas**

| N° | Estación                | Años removidos               | Test de Independencia (Wald - Wolfowitz) | Test de Estacionariedad (Kendall) | Test de Homogeneidad (Wilcoxon) |
|----|-------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1  | San Lázaro De Escomarca | 1991, 1992, 1993, 1998, 2000 | 0.8294                                   | 0.0641                            | 0.2756                          |
| 2  | Huancata                | 1991, 1992 y 1993            | 0.1508                                   | 0.0507                            | 0.0935                          |
| 3  | La Capilla 2            | 2018                         | 0.0938                                   | 0.4360                            | 0.5400                          |

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

|   |         |                         |        |        |        |
|---|---------|-------------------------|--------|--------|--------|
| 4 | Huañec  | 1994, 2002, 2003 y 2004 | 0.1554 | 0.1909 | 0.0507 |
| 5 | Carania | 2022                    | 0.0851 | 0.3413 | 0.6585 |

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 13: Hipótesis Nula (Ho) pruebas de independencia, estacionariedad y homogeneidad corregida**

| Estación                | Test de Independencia (Wald - Wolfowitz) | Test de Estacionariedad (Kendall) | Test de Homogeneidad (Wilcoxon) | Corrección  |
|-------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------|
| San Lázaro De Escomarca | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir |
| Huancata                | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir |
| La Capilla 2            | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir |
| Huañec                  | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir |
| Carania                 | Aceptado                                 | Aceptado                          | Aceptado                        | No Corregir |

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.4.6. Análisis de frecuencia de valores extremos

En el área de la hidrología, no es posible predecir con suficiente precisión y anticipación muchos eventos extremos para la toma oportuna de acciones ante su posible eventualidad utilizando únicamente información determinística. Es por ello por lo que se hace necesario adoptar un enfoque probabilístico que permita considerar los impactos de estos fenómenos en la toma de decisiones. Si se asume que las ocurrencias son temporalmente independientes, es decir, que el tiempo y la magnitud de un evento no guardan relación con los eventos anteriores, entonces se puede recurrir al análisis de frecuencias para describir la probabilidad de cualquier suceso o combinación de estos durante el intervalo de tiempo requerido para tomar una decisión.

#### 2.4.7. Análisis de Frecuencia

La finalidad del análisis de frecuencias es estimar las precipitaciones, intensidades o caudales máximos, dependiendo del objeto en estudio, aplicándolos a distintos periodos de retorno. Esto se logra empleando los modelos probabilísticos especializados en valores extremos, que puede ser de naturaleza discreta o continua.

#### 2.4.8. Análisis de Frecuencia de Valores Extremos

El análisis de frecuencia de valores extremos nos permite estimar el caudal de diseño en la cuenca Lurín. La serie que abarca toda la información disponible es denominada serie de duración completa. La serie anual máxima se obtiene eligiendo el valor máximo de cada año.

Una vez seleccionada la serie con la que se va a realizar el análisis de frecuencia, se ordenan los valores de menor a mayor, prescindiendo del año de ocurrencia. A través del tiempo se han desarrollado fórmulas para determinar posiciones de trazado. De todas las fórmulas propuestas la que mejor aceptación ha tenido hasta el momento es la de Weibull.





### **Criterio empírico de Weibull:**

$$P(x > X) = \frac{m}{n + 1}$$

Donde:

$P(x > X)$ : Probabilidad Observada acumulada de que cualquier evento  $x$  será mayor que le evento  $X$ .

$m$ : Número de orden de la sucesión decreciente y  $n$ : Tamaño o longitud de la muestra.

## **2.4.9. Análisis Estadístico**

### **Métodos de Distribución de Probabilidades**

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes:

- Distribución Normal
- Distribución Lognormal 2 parámetros
- Distribución Gamma
- Distribución Pearson tipo III
- Distribución log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel

### **Pruebas de Bondad de Ajuste**

Luego de la prueba de bondad de ajuste mediante el Criterio de Información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés) y el Criterio de Información Bayesiano (BIC por sus siglas en inglés) como índices de bondad de ajuste que han sido determinados empleando el software Hyfran+, mismo con el que se desarrolla el análisis estadístico de las precipitaciones máximas.

Seleccionado para cada estación el modelo probabilístico con mejor ajuste, se determinaron la precipitación máxima en 24 horas, para periodos de retorno de 2, 10, 25, 50, 100 y 200 años, en las 11 estaciones, esto se logró gracias al proceso estadístico de las series de datos realizado con el programa Hyfran que permite obtener los resultados de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno para cada estación pluviométrica analizada.

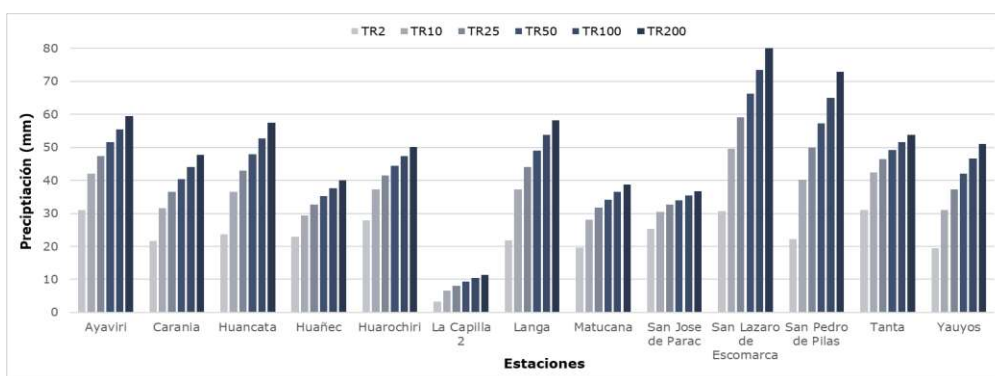
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Tabla 14: Precipitación Máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno**

| Estación                | Distribución     | Periodo de Retorno |       |       |       |       |       |
|-------------------------|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |                  | 2                  | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   |
| Ayaviri                 | Gumbel           | 31.05              | 41.94 | 47.43 | 51.49 | 55.53 | 59.55 |
| Carania                 | Gumbel           | 21.68              | 31.60 | 36.59 | 40.30 | 43.97 | 47.64 |
| Huancata                | Gumbel           | 23.60              | 36.52 | 43.02 | 47.84 | 52.63 | 57.40 |
| Huañec                  | Gumbel           | 22.88              | 29.43 | 32.73 | 35.17 | 37.60 | 40.02 |
| Huarochari              | Lognormal        | 27.81              | 37.29 | 41.52 | 44.51 | 47.37 | 50.16 |
| La Capilla 2            | Gamma            | 3.28               | 6.55  | 8.13  | 9.27  | 10.40 | 11.40 |
| Langa                   | Gamma            | 21.91              | 37.19 | 44.14 | 49.04 | 53.72 | 58.25 |
| Matucana                | Gamma            | 19.59              | 28.09 | 31.71 | 34.20 | 36.55 | 38.79 |
| San Jose de Parac       | Lognormal        | 25.34              | 30.46 | 32.58 | 34.03 | 35.39 | 36.68 |
| San Lazaro de Escomarca | Lognormal        | 30.63              | 49.58 | 59.14 | 66.28 | 73.42 | 80.64 |
| San Pedro de Pilas      | Lognormal        | 22.23              | 40.15 | 49.86 | 57.34 | 65.03 | 72.96 |
| Tanta                   | Normal           | 30.96              | 42.36 | 46.53 | 49.22 | 51.65 | 53.86 |
| Yauyos                  | Pearson Tipo III | 19.50              | 31.08 | 37.31 | 41.95 | 46.54 | 51.10 |

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 17: Precipitaciones en diferentes periodos de retorno**



Fuente: Elaboración Propia

#### 2.4.10. Distribución Espacial – Isoyetas de Máximas

Este método es el más exacto para determinar el valor de las precipitaciones máximas en cada una de las subunidades hidrográficas.

Para realizar este análisis es necesario contar con la ubicación georreferenciada de las estaciones seleccionadas con el valor de precipitación para cada periodo de retorno, lo cual hemos detallado en el ítem 2.4.9

Se ha usado el software ARC MAP 10.8.2 aplicando los métodos de distribución espacial de isoyetas máximas mediante las interpolaciones IDW y Kriging usando la extensión Geostatistical Analyst.

Para la selección de la mejor interpolación se tiene en cuenta los siguientes criterios:

- Realizar el análisis de exploración de datos para los diferentes periodos de retorno, el cual, permitirá obtener la información sobre los datos a evaluar y seleccionar el método y los parámetros más apropiados para el modelo de interpolación (IDW o Kriging ordinario) para así, producir un mapa de cuantiles, debiendo examinar la distribución de los datos de entrada ya que este método particular supone que los datos se distribuyen normalmente, sin embargo, si los datos no se distribuyen normalmente, debe incluir una transformación de datos como parte del modelo de interpolación. Las herramientas por utilizar en este proceso son las siguientes:

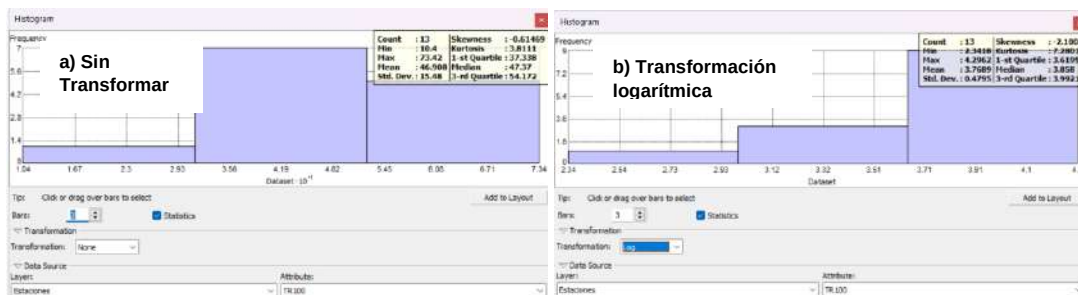
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

- **Histograma:** Examina la distribución y las estadísticas resumidas de un conjunto de datos.
- **Gráfico QQ normal y Gráfico QQ general:** Evalúa si un conjunto de datos tiene una distribución normal y explora si dos conjuntos de datos tienen distribuciones similares, respectivamente.
- **Mapas de Voronoi:** Examina visualmente la variabilidad espacial y la estacionariedad de un conjunto de datos.
- **Análisis de tendencias:** Visualiza y examina tendencias espaciales en un conjunto de datos.

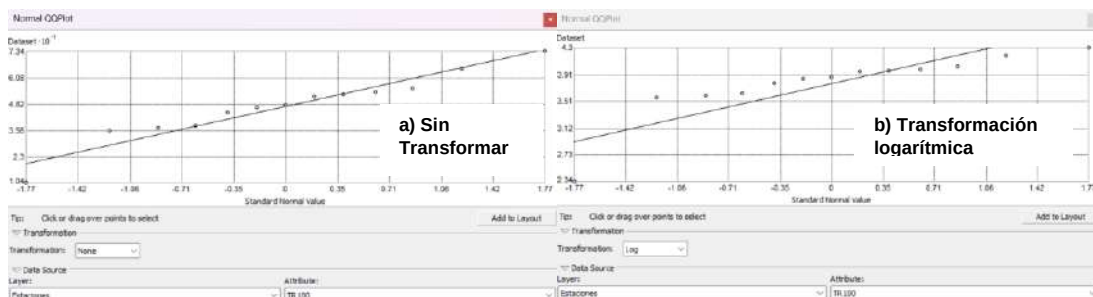
Desde la figura 18 hasta la figura 21 se muestra el análisis exploratorio de datos para el periodo de retorno de 100 años.

**Figura 18: Histograma de precipitación máxima sin transformación (a) y con transformación logarítmica (b) - TR 100 años**



Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)

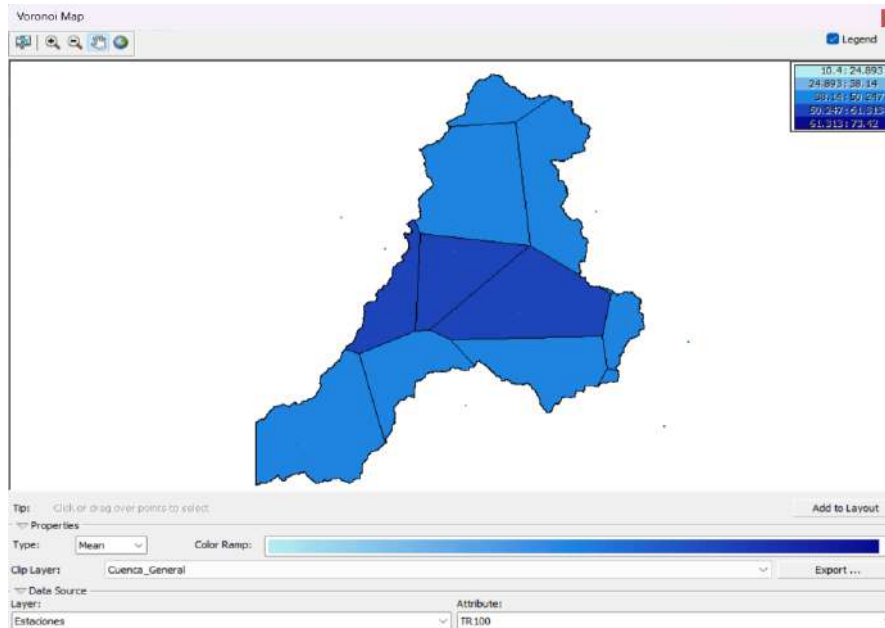
**Figura 19: Análisis QQplot de precipitación máxima sin transformación (a) y con transformación logarítmica (b)- TR 100 años**



Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)

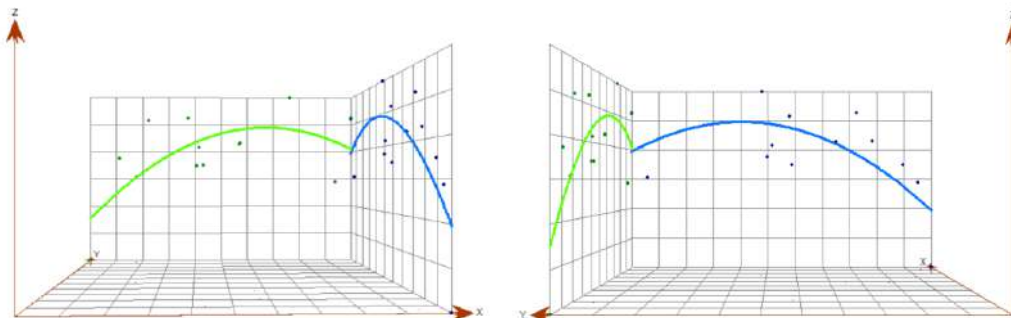
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 20: Mapa de Voronoi de precipitación máxima – TR 100 años**



Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)

**Figura 21: Análisis de tendencia de la precipitación máxima – TR 100 años**



Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)

- b) Realizar la interpolación IDW y Kriging para los diferentes periodos de retorno y comparar ambos métodos mediante una validación cruzada, tomando en cuenta lo siguiente:

**Mean Error:** Diferencia media entre los valores medidos y los previstos.

$$\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{z}(s_i) - z(s_i))}{n}$$

**Root Mean Square Error:** Indica la precisión con la que el modelo predice los valores medidos. Cuanto menor sea este error, mejor.

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{z}(s_i) - z(s_i))^2}{n}}$$

**Average Standard Error:** Media de los errores estándar de predicción.





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \hat{\sigma}^2(s_i)}{n}}$$

**Mean Standardized Error:** Media de los errores estandarizados. Este valor debe ser próximo a 0.

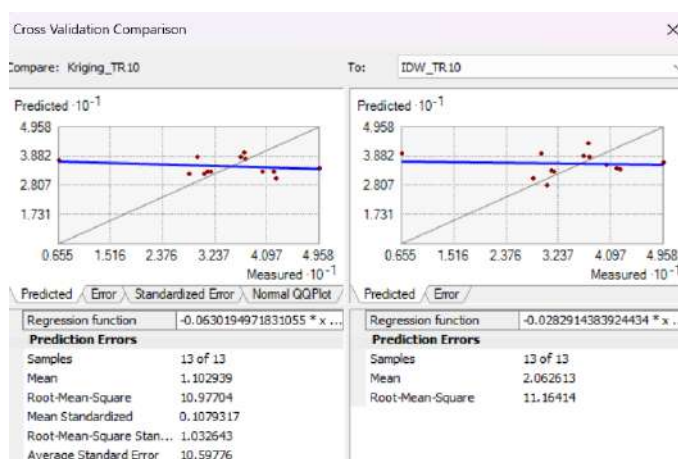
$$\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\hat{z}(s_i) - z(s_i)}{\hat{\sigma}(s_i)} \right)}{n}$$

**Root Mean Square Standardized Error:** Debería ser cercano a 1 si los errores estándar de predicción son válidos. Si el error medio cuadrático estandarizado es mayor que 1, está subestimando la variabilidad de sus predicciones. Si el error medio cuadrático estandarizado es inferior a 1, se está sobrestimando la variabilidad de las predicciones.

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\hat{z}(s_i) - z(s_i)}{\hat{\sigma}(s_i)} \right)^2}{n}}$$

Desde la figura 22 hasta la figura 26, se observa la comparación de los métodos de interpolación IDW y Kriging para los diferentes periodos de retorno mediante validación cruzada, en el cual, se muestra que el método Kriging tiene un error medio y error medio cuadrático menor que IDW, además de mostrar una media estandarizada cercana a 0 y error medio cuadrático estandarizado cercano 1, teniendo así un mejor ajuste espacial de las precipitaciones en diferentes periodos de retorno.

**Figura 22: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 10 años**

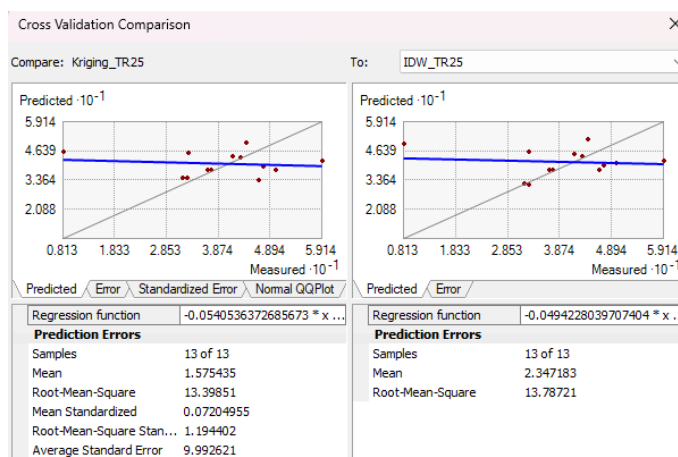


Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)



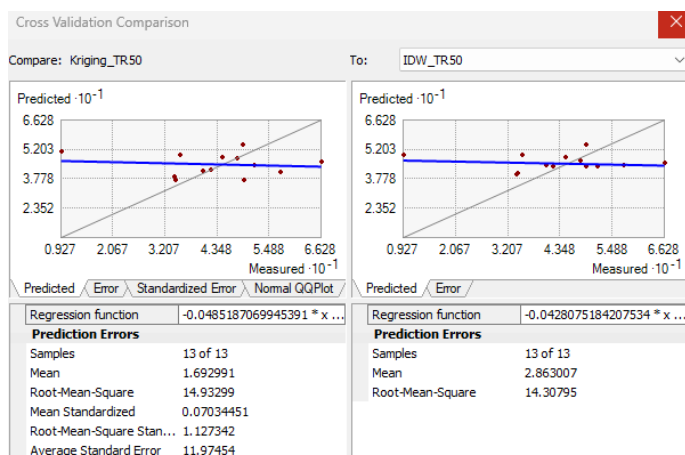
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 23: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 25 años**



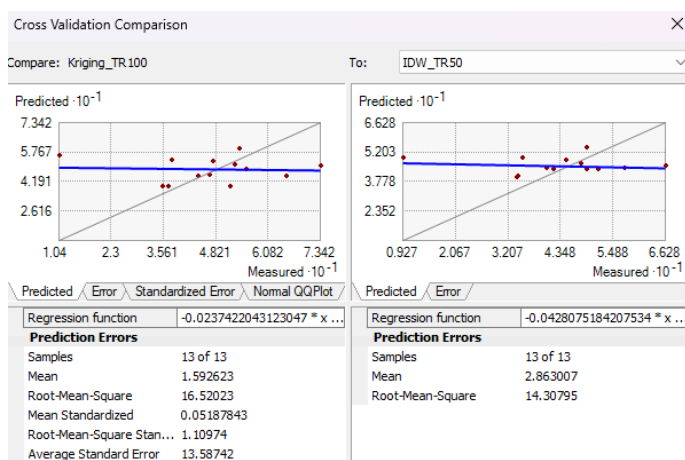
Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)

**Figura 24: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 50 años**



Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)

**Figura 25: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 100 años**

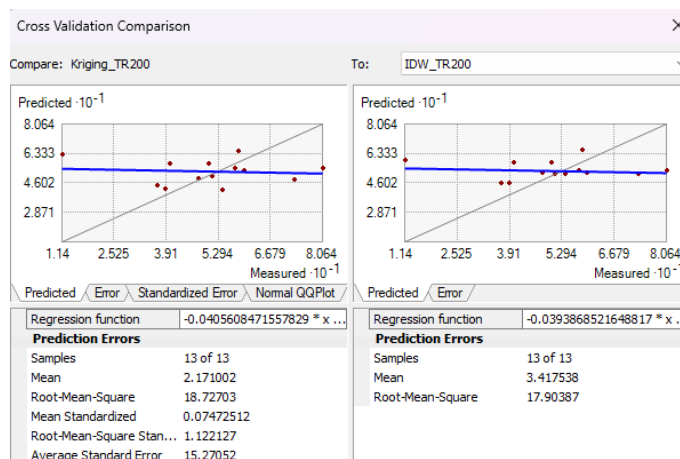


Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

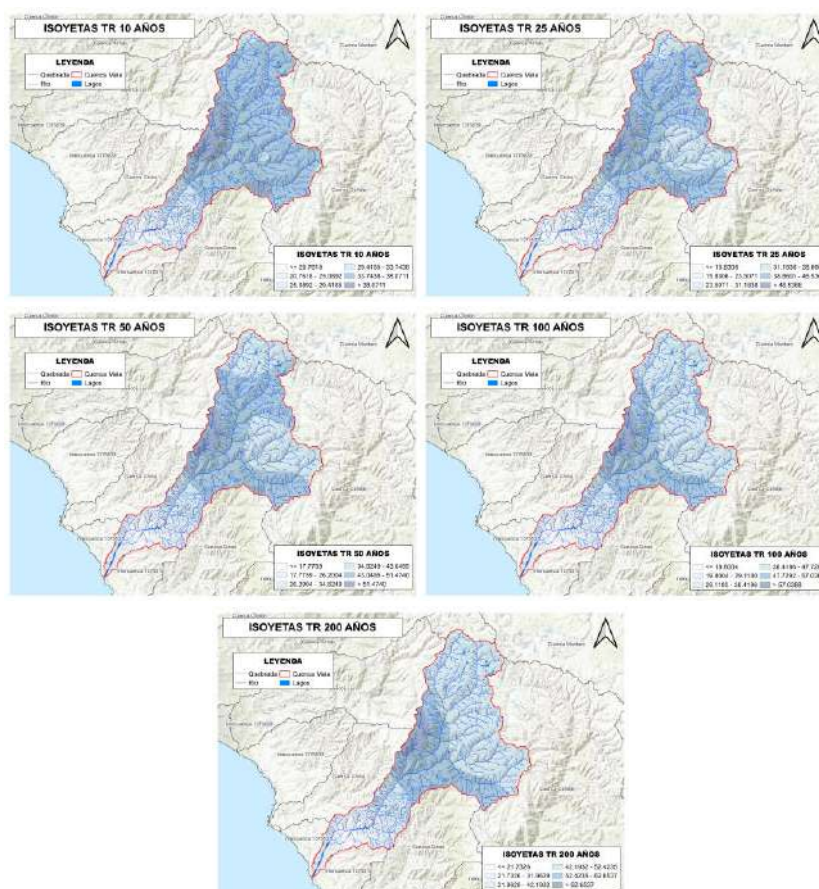
**Figura 26: Validación Cruzada IDW vs Kriging – TR 200 años**



Fuente: elaboración propia (Resultados software ArcGIS 10.8.2)

Hecho el análisis de validación cruzada, en la figura 27 se muestra la representación de las precipitaciones máximas en diferentes periodos para la cuenca Mala.

**Figura 27: Isoyetas de Precipitación Máxima en 24 Horas para diferentes periodos de retorno**



Fuente: Elaboración propia



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Luego de definir la interpolación de mejor distribución espacial, se determina la precipitación máxima para cada periodo de retorno para la quebrada Torihuasi.

**Tabla 15: Precipitaciones máximas para la quebrada Corral Quemado**

| Quebrada       | TR10  | TR25  | TR50  | TR100 | TR200 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Corral Quemado | 17,94 | 23,12 | 27,04 | 30,37 | 33,64 |

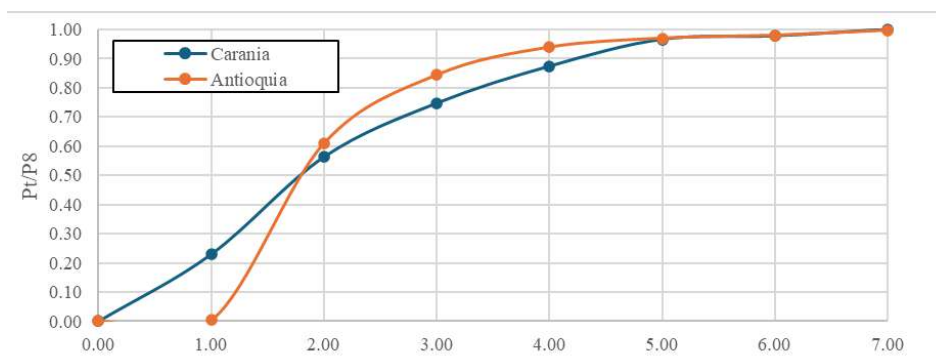
Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.11. Análisis temporal de las tormentas

El estudio base de hidrología – Entrega de las defensas ribereñas del río Mala (Paquete R-09) detalla que no se dispone de estaciones automáticas en la cuenca del río Mala. Sin embargo, se cuenta con alguna serie de datos en las cuencas adyacentes y que para evaluar la distribución temporal de la tormenta se tuvieron en cuenta los registros de las estaciones automáticas de Antioquía y Carania, específicamente para los eventos máximos producidos durante el YAKU 2023, debido a que dichas estaciones no se encontraban en operación durante el FEN 2017.

En base al evento registrado el 14 de marzo del 2023, la duración de la tormenta tiene un rango de duración de 8 horas, siendo la segunda y tercera hora donde se producen las altas intensidades (Figura 28).

**Figura 28: Precipitación acumulada en % para el Yaku 2023 (14 de marzo)**



Fuente: Elaboración Propia

En base al evento registrado el 14 de marzo del 2023 en las estaciones meteorológicas mencionadas, se observa que cerca del 50% de la lámina de agua precipitada se presentó durante las tres primeras horas, y el 50% restante durante las siguientes cuatro horas; esta información se ha asumido como representativa en el ámbito de estudio y ha permitido obtener la distribución de una tormenta de precipitación tipo, la misma que servirá de base para diseñar los hietogramas para la precipitación diaria.

#### 2.4.12. Hietograma de diseño

Las precipitaciones usadas en el presente estudio corresponden a las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno obtenidas en el Ítem 2.4.10





Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado  
digitalmente por  
ANCAJIMA OJEDA  
Luis Antonio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°

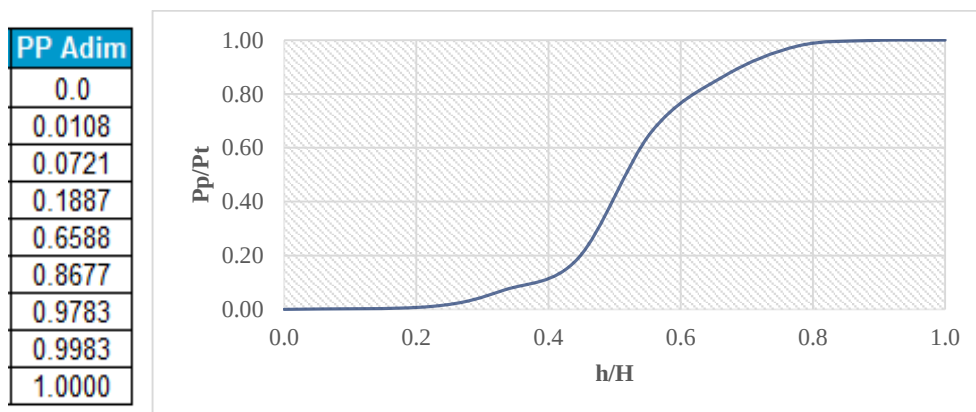


“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Una alternativa de modelación meteorológica es asumir comportamientos de la tormenta, esto lo diseñó el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS), antiguo Servicio de Conservación de Suelos (SCS) y propone cuatro patrones adimensionales de lluvia acumulada o curva masa, para un periodo de 24 horas (Tipo I, Tipo IA, Tipo II y Tipo III), otra alternativa es asumir que la duración de la tormenta es similar al tiempo de concentración de la cuenca en análisis, sin embargo, lo recomendable es contar con información del comportamiento de tormentas en el ámbito de estudio, logrando resultados más confiables y reduciendo la incertidumbre de los resultados.

Con el fin de dar solidez a los resultados hidrológicos, se ha optado por determinar el comportamiento de las tormentas en base a información histórica existente en el ámbito de estudio. Por lo tanto, los hietogramas de diseño se construyeron promediando los registros horarios de las estaciones Carania y Antioquía, identificado en el evento extraordinario ocurrido el 14 de marzo de 2023 para una duración de 8 horas.

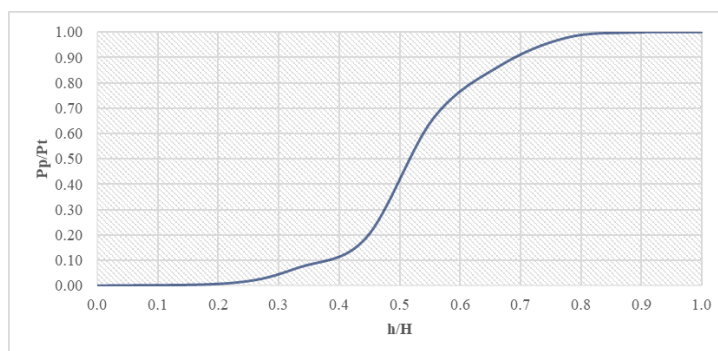
**Figura 29: Distribución de la Precipitación máxima de diseño**



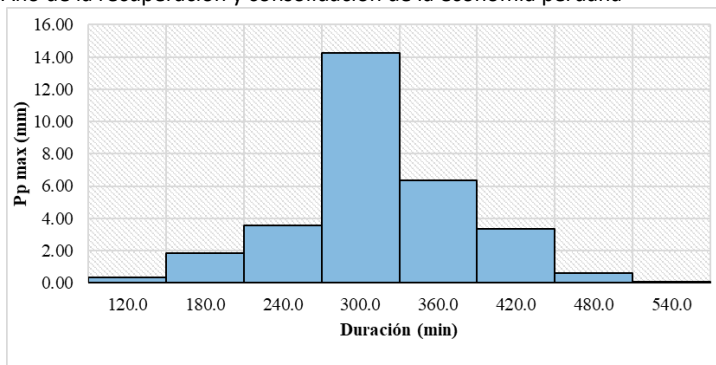
*Fuente: Elaboración Propia*

Definido el proceso de obtención de los hietogramas de diseño se generó los hietogramas para cada subcuenca a analizar.

**Figura 30: Hietograma quebrada Corral Quemado – TR100 años**



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



Fuente: Elaboración Propia

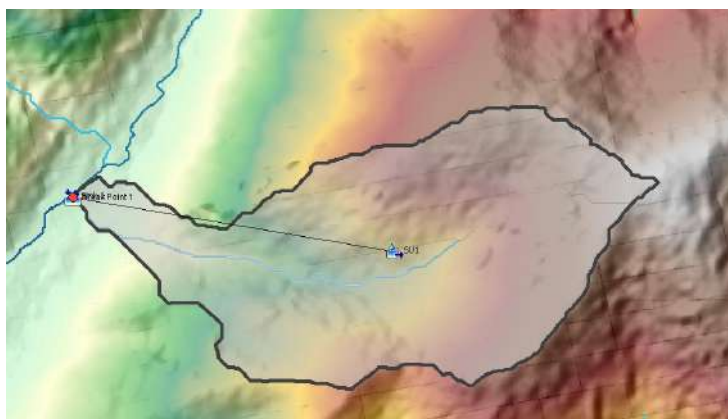
#### 2.4.13. Modelo Precipitación - Escorrentía

U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System es un software diseñado para simular procesos de precipitación - escorrentía en sistemas hidrológicos. El programa posee un completo entorno de trabajo integrado: base de datos, utilidades de entrada de datos, simulación y herramientas interactivas de consulta de resultados.

##### Esquema del modelo hidrológico

Utilizando las herramientas de desarrollo de HEC-HMS se ha trabajado en 1 subcuenca, que sería el área total de la quebrada Corral Quemado. La discretización se realiza partiendo del Modelo Digital de Elevación LandViewer de 5 m.

**Figura 31: Esquema del modelo hidrológico – Quebrada Corral Quemado**



Fuente: Elaboración propia

##### Modelo de transformación:

Dentro de los métodos que contempla el programa para transformar la lluvia en escurrimiento, se describen a continuación los más abordados por la literatura y aplicables a la información disponible y las dimensiones de la cuenca:

- Hidrograma Unitario (HU) de Clark.
- Hidrograma Unitario de Snyder.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

- Hidrograma Unitario (HU) del SCS.

El presente estudio ha usado el método de hidrograma unitario SCS, debido a que de acuerdo con el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones dicho método es aplicable para cuencas menores a 30 km<sup>2</sup>.

**a) Transformación de hidrograma unitario SCS:** El método del hidrograma unitario del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) define un hidrograma unitario curvilíneo al establecer primero el porcentaje de la escorrentía unitaria que ocurre antes del caudal máximo. Entonces se puede ajustar un hidrograma unitario triangular al hidrograma unitario curvilíneo para que se pueda calcular la base de tiempo total del hidrograma unitario. Los parámetros que inciden en la transformación hidrograma unitario SCS son los siguientes:

- **Factor de tasa pico (PRF):** es un factor aplicado a las ordenadas del hidrograma unitario adimensional SCS que altera la forma del hidrograma mientras mantiene el volumen total de escorrentía. Esta definición corresponde a un factor de tasa pico de 484 que incorpora el porcentaje de escorrentía unitaria antes del pico, la base de tiempo total calculada y las conversiones de unidades al aplicar las ecuaciones dentro del sistema de unidades habitual de EE. UU. Al cambiar el porcentaje de escorrentía unitaria antes del pico, se pueden calcular hidrogramas unitarios alternos para cuencas hidrográficas con topografía variable y otras condiciones que afectan la escorrentía. Se ha encontrado que las cuencas hidrográficas planas generalmente tienen una PRF más baja que puede ser tan pequeña como 100. Las cuencas hidrográficas más empinadas tienen una PRF más grande que puede llegar hasta 600. Para la modelación hidrológica en la cuenca Lurín tomaremos el valor predeterminado PRF de 484
- **Tiempo de retardo:** Este tiempo es un parámetro que describe el tiempo de respuesta hidrológica de la cuenca, representando el tiempo en que se presenta el pico de caudal ante un evento de duración determinada. Este parámetro se obtiene usualmente a través de la calibración de la cuenca. Sin embargo, para cuencas no instrumentadas se pueden usar relaciones en función del tiempo de concentración de la cuenca.

$$TLag = 0.60 * Tc$$

Donde:

$TLag$  = Tiempo de retardo en minutos

$Tc$  = Tiempo de concentración en minutos

En la siguiente tabla se muestra el método de transformación para cada una de las subcuencas



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Tabla 16. Método de transformación de cada Subunidad – Qda. Corral Quemado**

| Subunidad | Área (km <sup>2</sup> ) | Long. corriente máxima (km) | Tc (hr) | Tc (minutos) | Tipo de hietograma | Tlag SCS |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|---------|--------------|--------------------|----------|
| SU1       | 5,45                    | 6,72                        | 0,94    | 56,41        | SCS                | 33,85    |

Fuente: Elaboración propia

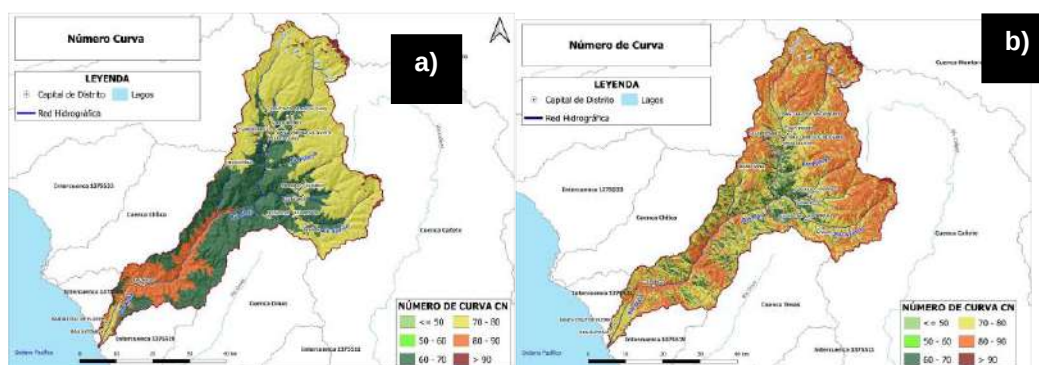
### Modelo de perdidas

Dentro de los métodos posibles que presenta el programa para determinar las pérdidas por infiltración los más utilizados internacionalmente y que la bibliografía aborda con mayor claridad, posibilitando obtener sus parámetros de manera aproximada, se describen a continuación:

- Método de déficit y tasa constante.
- Método de Green y Ampt.
- Método de pérdida inicial y tasa constante.
- Método número de curva del SCS.

En el estudio base de hidrología – Entrega de las defensas ribereñas del río Mala (Paquete R-09) elaboraron el mapa de cobertura vegetal con información del geoservidor del Ministerio del ambiente y mapa de suelo de la FAO, adicional a ello elaboraron un mapa adicional de número de curva con información actualizada hasta el año 2023, empleando GlobeLand30 para el uso de uso de suelo y SoilGrids para el tipo de suelo, reclasificando de acuerdo con la metodología del documento “Generación del Mapa Temático de Curva Número (CN)” realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

**Figura 32: Número de Curva de MINAM FAO (a) y GlobeLand30 SoilGrids (b) en condiciones normales**



Fuente: Estudio Base de Hidrología: Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)

Para la selección de la curva, el estudio hidrológico comparó ambas metodologías mencionadas líneas arriba, y de acuerdo a su evaluación se adoptó el número de curva por el método GlobalLand30-SoilGrid ya que presenta una mejor discretización y variabilidad espacial, esto debido principalmente a la calidad de los insumos para su determinación como son





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

el uso de suelo con resolución de 30m y los grupos hidrológicos de resolución de 250m, además de obtener valores mayores a la metodología de MINAM-FAO y ser contrastado y verificado con las visitas de campo.

**Figura 33: Comparación y verificación de cobertura de suelo en la cuenca Mala**



Fuente: Estudio Base de Hidrología: Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)

De acuerdo con el estudio hidrológico la curva número calibrado para la quebrada Corral Quemado se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 17. Curva número calibrado**

| Subunidad           | Curva Número |
|---------------------|--------------|
| Qda. Corral Quemado | 87,6         |

Fuente: Estudio Base de Hidrología: Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Mala (Paquete R-09)

### **Modelo meteorológico**

Son uno de los componentes principales de un proyecto. El propósito principal es preparar las condiciones meteorológicas de contorno para las subcuencas. Se puede utilizar con muchos modelos de cuenca diferentes, sin embargo, los resultados calculados por el Modelo meteorológico se compararán con las subcuencas en los Modelos de cuencas utilizando el nombre de la subcuenca. Si las subcuencas en diferentes modelos de cuenca tienen el mismo nombre, ambas recibirán las mismas condiciones de contorno del modelo meteorológico. Es necesario nombrar cuidadosamente las subcuencas para que se calculen las condiciones de contorno correctas para cada una.

**Figura 34: Modelo Meteorológico**

| Met Name: Met 100 |       |
|-------------------|-------|
| Subbasin Name     | Gage  |
| SU1               | TR100 |

Fuente: Software HEC-HMS

### **Modelo de control**

Se define el inicio y final de simulación, y el intervalo de tiempo en la cual se obtendrá resultados, en el presente estudio se considera un tiempo de simulación de 8 horas, este valor se asume en función a la duración de la tormenta y la duración del flujo se rezago en la cuenca y cauces. Para nuestro caso hacer una simulación durante 24 horas es suficiente para ver los hidrogramas completos en los cauces y cuencas. La configuración que se hizo en el HEC-HMS se muestra en la figura siguiente:

**Figura 35: Especificaciones de control**

**Name: Control 1**

Description:

\*Start Date (ddMMYYYY)

\*Start Time (HH:mm)

\*End Date (ddMMYYYY)

\*End Time (HH:mm)

Time Interval:

Fuente: Software HEC-HMS

#### 2.4.14. Caudales asociados a diferentes periodos de retorno

Los caudales han sido determinados empleando el modelamiento precipitación-escorrentía con HEC-HMS. Bajo este concepto se han determinado [1] caudal para el modelo integral del cauce principal. A continuación, se muestra el caudal para los diferentes periodos de retorno para la quebrada Corral Quemado.

**Tabla 18. Caudales líquidos máximos para distintos periodos de retorno**

| Quebrada | Área (km²) | Caudales máximos para diferentes periodos de retorno (m³/s) |      |      |      |      |
|----------|------------|-------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
|          |            | 10                                                          | 25   | 50   | 100  | 200  |
| SU1      | 1,70       | 0,60                                                        | 1,30 | 1,90 | 2,50 | 3,10 |
| Sink-1   | 1,70       | 0,60                                                        | 1,30 | 1,90 | 2,50 | 3,10 |

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.15. Selección y sustento de período de retorno y caudal de diseño

De la evaluación hidrológica realizada en la quebrada Corral Quemado, se han obtenido caudales para distintos periodos de retorno (10, 25, 50, 100, y 200 años). Para el propósito final del presente estudio, que es la delimitación de fajas marginales. Consultada la normativa vigente, como es la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA, que aprueba el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales. Se tiene que: *“La determinación de los caudales máximos se establece de acuerdo con los siguientes criterios:*

*En cauces naturales de agua colindantes a terrenos agrícolas: periodo de retorno de 50 años.*

*En cauces naturales de agua colindantes a asentamientos poblacionales: periodo de retorno de 100 años.”*

Bajo las disposiciones establecidas en la normativa vigente en materia de delimitación de fajas marginales y efectuado el estudio hidrológico de máximas avenidas se recomienda considerar los caudales determinados para un periodo de retorno de 100 años, porque existen viviendas y/o poblaciones asentadas próximas y en los mismos cauces de las quebradas en estudio.

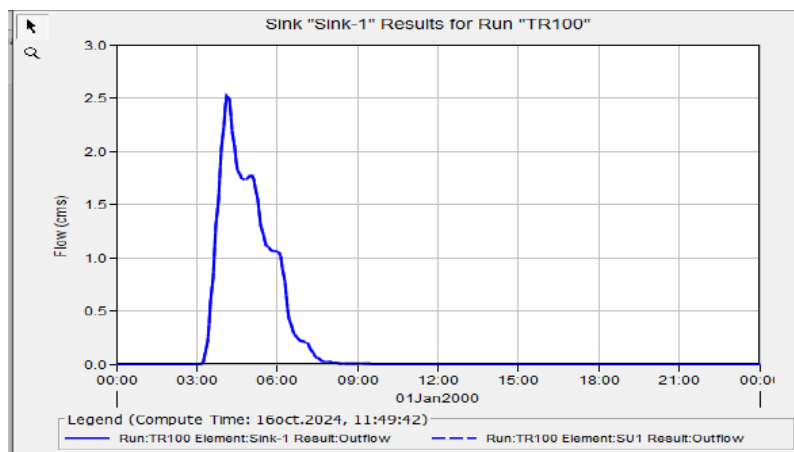


**Tabla 19. Caudales máximos recomendados para delimitación de fajas marginales**

| Cuenca | Caudales máximos para periodo de retorno de 100 años |
|--------|------------------------------------------------------|
| SU1    | 2,50 m³/s                                            |
| Sink-1 | 2,50 m³/s                                            |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 36: Hidrograma para el periodo de retorno de 100 años**



Fuente: Elaboración propia

## 2.5. Topografía.

### 2.5.1. Red Geodésica

Se ha recopilado la información topográfica del estudio denominado: “Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala” proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), dentro del cual se detalla la verificación de los hitos de la red primaria y secundaria.

Dentro de la red primaria está compuesta de tres puntos geodésicos de orden «C», los cuales han sido certificado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con el nombre «Horizon South América S.A.C» en mayo de 2019.

**Figura 37: Punto de control de orden «C».**

LIM05221



LIM05222





LIM07082



Fuente: Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala

Tabla 20. Puntos de control certificado.

| Punto    | Este      | Norte     | HAE(m)    | Cota EGM20 |
|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| LIM05221 | 324 234,8 | 8 605 884 | 116,469   | 90,434     |
| LIM05222 | 342 757,2 | 8 620 249 | 661,501   | 631,957    |
| LIM07082 | 368 036,2 | 8 657 255 | 2 716,098 | 2 684,39   |

Fuente: Informe de Red Geodésica y Nivelación – Río Mala

## 2.5.2. Modelo Digital de Terreno

De acuerdo con el estudio: «Informe de estudio base de modelo hidráulico base del río Mala» proporcionada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN) la topografía base ha sido entregada por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (Actualmente ANIN) en formato de nivel de puntos, esto como parte de los estudios básicos realizados en los PIP. Esta información fue actualizada y completada a fin de representar adecuadamente las condiciones actuales del terreno tanto para la zona del río Mala y las principales quebradas identificadas.

Esta topografía fue generada en formato ráster en del tipo TIF para luego ser cargado al programa HEC-RAS a una resolución de píxel de 0.5 m x 0.5 m.

Para el presente estudio tomaremos solamente el tramo correspondiente a la quebrada Corral Quemado para realizar la modelación hidráulica respectiva, que servirá para la delimitación de la faja marginal.

Figura 38: Modelo Digital de Elevación de la quebrada Corral Quemado





### 2.5.3. Eje del cauce

La conformación del eje de la quebrada Corral Quemado se ha determinado a partir de la red topografía de curvas de nivel, convertida en modelo digital de elevación. El tramo trazado principal comprende la siguiente longitud:

**Tabla 21. Longitud de cauce**

| Eje       | Longitud (Km) |
|-----------|---------------|
| Principal | 1,98          |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 39: Eje de cauce**



Fuente: Elaboración propia

### 2.5.4. Pendiente del cauce

Es una de las variables principales que determina la respuesta morfológica del cauce que actúa directamente en la dinámica propia del lecho del torrente. La forma del perfil longitudinal del cauce es el resultado de un número de factores actuantes e independientes, los cuales representan un balance entre la capacidad de transporte del cauce y el tamaño y cantidad de sedimentos disponibles y existentes para finalmente ser transportados a diferentes localizaciones que por esta condición el lecho está en constante cambio.

**Tabla 22. Pendiente cauce – Qda. Corral Quemado**

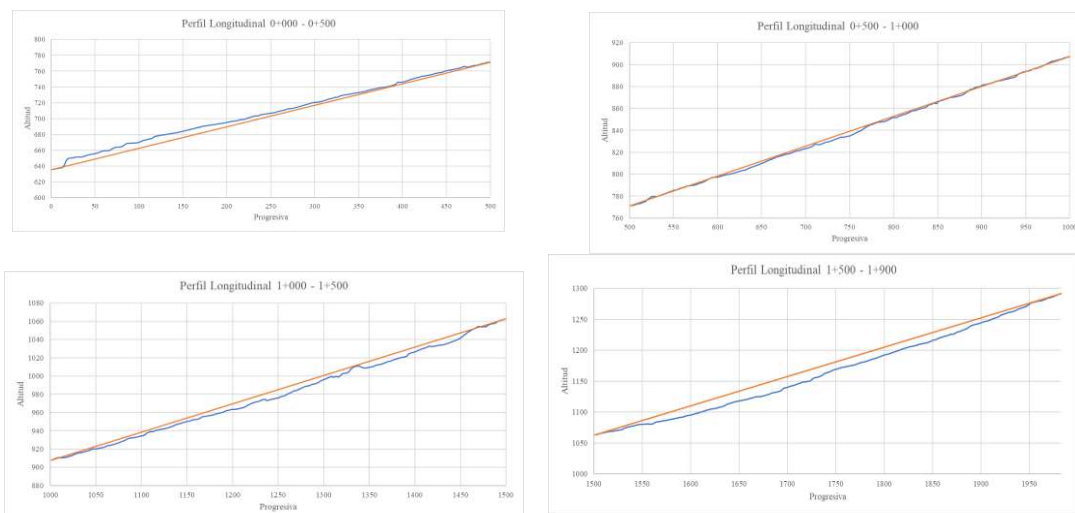
| Quebrada Corral Quemado |        |            |        |        |
|-------------------------|--------|------------|--------|--------|
| TRAMO 1                 | DIST.  | ELEV. DIFF | SLOPE  |        |
| 0+000 – 0+500           | 500,98 | 136,06     | 15,19° | 27,16% |
| 0+500 – 1+000           | 499,69 | 136,22     | 15,25° | 27,26% |
| 1+000 – 1+500           | 499,69 | 155,32     | 17,27° | 31,08% |
| 1+500 – 1+900           | 482,28 | 228,86     | 25,39° | 47,45% |

Fuente: Elaboración propia



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 40: Perfiles longitudinales del cauce**



*Fuente: Elaboración propia*

### 2.5.5. Zonas críticas

De acuerdo con la página de SIGRID de CENEPRED no presenta estudios en la cual se identifiquen la población vulnerable por activación de quebradas en los años 2016-2017.

## 2.6. Simulación Hidráulica 2D.

### 2.6.1. Descripción del modelo.

El modelo hidráulico fue realizado con el programa HEC-RAS, que consta de un módulo hidrodinámico que permite la simulación bidimensional del cauce, asignando las condiciones de contorno, frontera, propiedades como el coeficiente de rugosidad y la malla no estructurada en la zona del cauce del río, siendo esta discretización del modelo generado a partir de la geometría.

### 2.6.2. Configuración del modelo.

El informe denominado “Estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala” detalla que la representación del dominio computacional, líneas de rotura (Breaklines) y zonas de refinamiento para el modelamiento numérico se determinaron bajo condiciones que permitan establecer una estabilidad del modelo y tomando buenas prácticas sugeridas en los Manuales de HEC-RAS y Guías de ARCC-UKDT, considerando que para ríos con comportamiento anastomosado y quebradas de fuerte pendiente se tendrán otros criterios para asegurar un modelo detallado.

Para garantizar la estabilidad del modelo y optimizar el proceso iterativo para el cálculo computacional se requiere contar que las celdas sean perpendiculares al flujo de agua principal, para tratar de llevar a cabo ello se ha optado por definir líneas de rotura que incluyan un numero de repeticiones adecuado a fin de cubrir el cauce principal del tramo a modelar.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

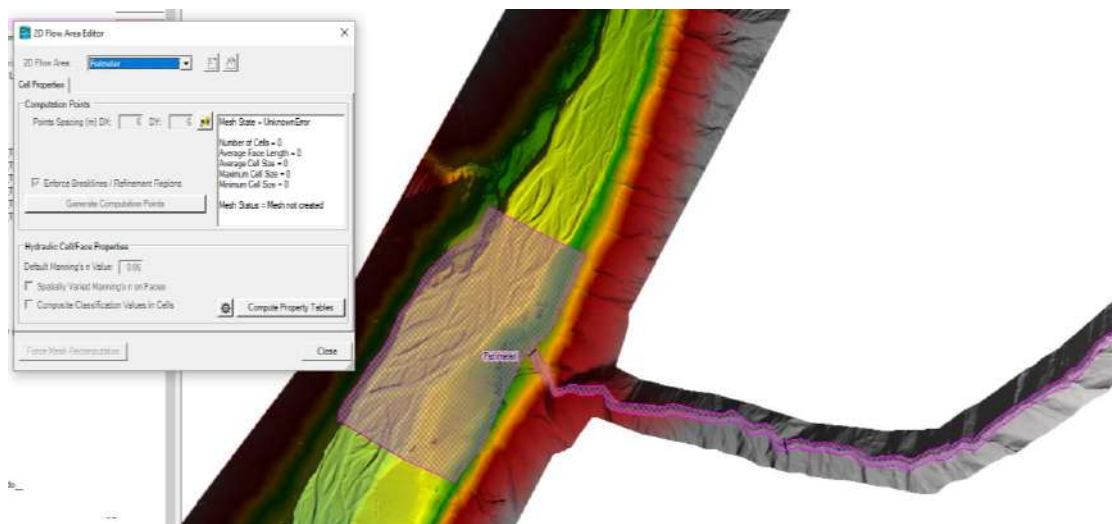
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Tabla 23. Tamaños de malla en el modelo de quebradas.**

| ELEMENTO              | Tamaño de Malla en Quebradas [m] | Área de la celda seleccionada [m <sup>2</sup> ] | Área según nota técnica [m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Zona Urbana           | 2,0                              | 4,0                                             | 2,0 a 5,0                                 |
| Cauce de quebrada     | 2,0                              | 4,0                                             | 2,0 a 30,0                                |
| Llanura de inundación | 3,0                              | 9,0                                             | 2,0 a 100,0                               |

Fuente: Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala

**Figura 41: Tamaño de malla quebrada Corral Quemado**



Fuente: Elaboración propia

### 2.6.3. Coeficiente de rugosidad.

De acuerdo con el Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala, los parámetros adoptados para el uso de suelo, conocidos como el Coeficiente rugosidad de Manning, parámetro de fricción o de resistencia al movimiento del flujo, a continuación, en la siguiente tabla se presenta los coeficientes que se emplearon para el modelo de la quebrada Corral Quemado en el uso de suelo.

**Tabla 24. Coeficientes de rugosidad de Manning empleado en la simulación hidráulica de quebradas.**

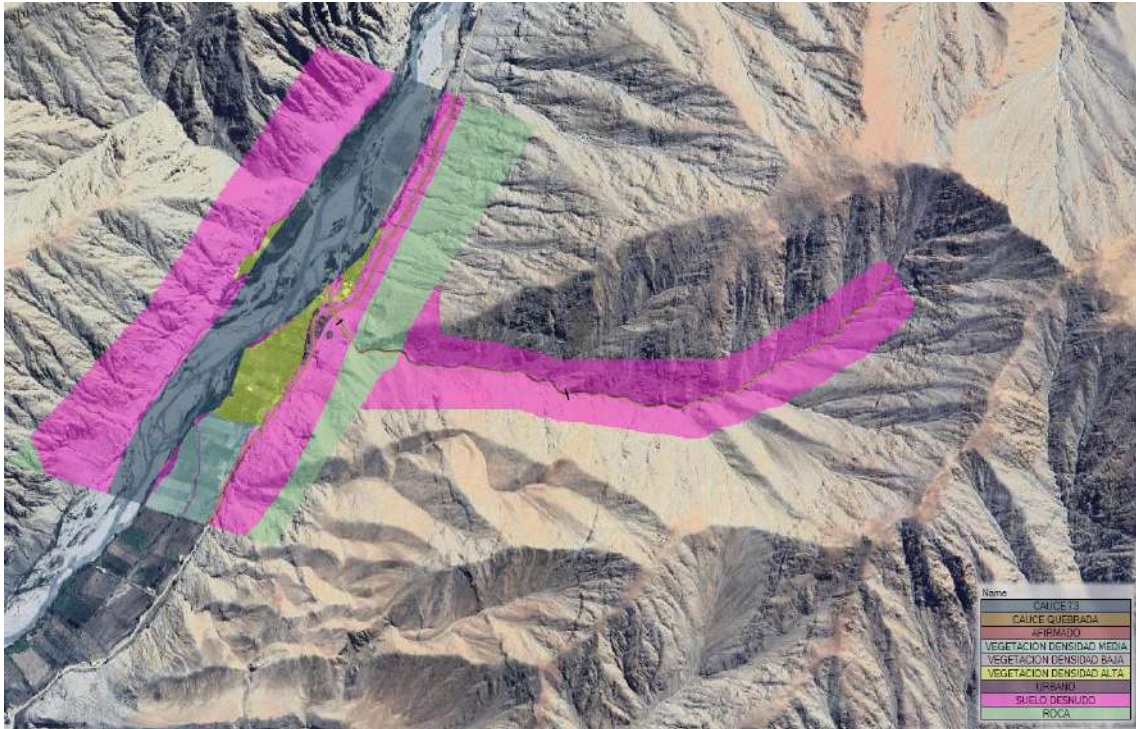
| Descripción                      | Manning mínimo |
|----------------------------------|----------------|
| <b>Cauce Quebrada</b>            | 0,060          |
| <b>Grava y arena</b>             | 0,033          |
| <b>Suelo urbano</b>              | 0.120          |
| <b>Suelo desnudo</b>             | 0.035          |
| <b>Rocas</b>                     | 0.028          |
| <b>Infraestructura activa</b>    | 0.022          |
| <b>Vegetación densidad media</b> | 0.050          |
| <b>Vegetación densidad baja</b>  | 0.035          |
| <b>Diques de tierra</b>          | 0.050          |

Fuente: Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 42: Rugosidades en el modelo hidráulico**



*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.6.4. Condiciones de frontera externa

Se entiende por condiciones de contorno aquellas que definen el comportamiento de un modelo en sus límites.

En la condición de borde (Boundary Conditions) tanto para el modelamiento en HECRAS, para las condiciones de ingreso se empleó la condición de “Flow Hydrograph” debido a que es ideal para para el ingreso de un flujo no permanente en donde se presentan cambios de caudal en función del tiempo, dicha condición será empleada para el caudal aportante de la quebrada Corral Quemado en análisis para ello se asignó un hidrograma que fue elaborado por el área de hidrología para el periodo de retorno de 100 años.

Para finalizar, para la condición de salida se estableció el tipo “Normal Depth” o pendiente de fondo del cauce a la salida, en donde a partir de la pendiente el modelo calculará las pérdidas a la salida.

Cabe mencionar que, las pendientes de fondo tanto para la condición de ingreso y salida de los modelos hidráulicos, que según la base teórica es paralela a la pendiente de energía, se ingresaron de manera manual utilizando la herramienta de Ras Mapper. Además, independientemente del valor de la pendiente ingresada, el software estabiliza los resultados de las aproximaciones numéricas considerando las condiciones topográficas, caudal y coeficiente de rugosidad de Manning, obteniendo así los mismos resultados en los sectores de interés a pesar de variar el valor de las pendientes.

Para el caso de la propuesta de la faja marginal en la quebrada Corral Quemado, solo nos enfocaremos en la condición de la quebrada en sí, ya que



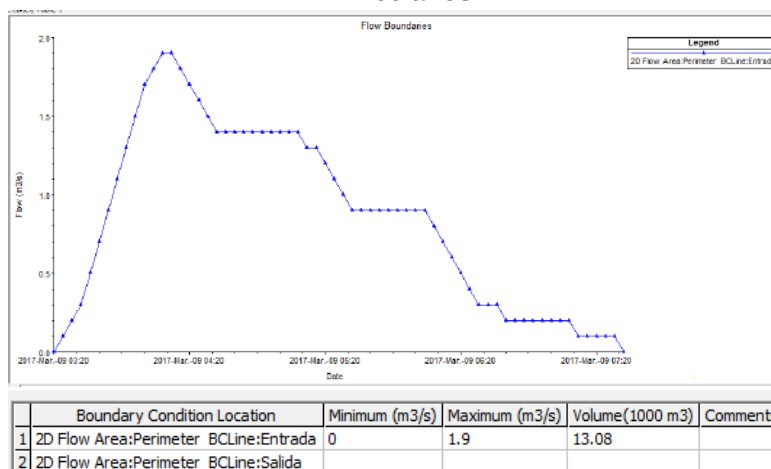
Página 46 | 66



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 45: Hidrogramas de entrada ingresados en el software HEC-RAS – TR**  
**100 años**



Fuente: Elaboración propia

### 2.6.5. Condiciones de Contorno interna

Para el caso de las quebrada Corral Quemado, no se han identificado estructuras que deban considerarse dentro del modelo hidráulico.

### 2.6.6. Módulo Reológico

La versión actual de HEC-RAS incluye cuatro modelos reológicos: (1) caracterización reológica de las muestras de suelo de las quebradas bajo el modelo de O'Brien. Estas muestras se obtuvieron mediante la elaboración de calicatas, mismas que se ubicaron en las zonas potenciales de deposición de cada quebrada.

De cada muestra, se obtuvo la denominada «Muestra Matriz de Flujo de Lodos», para las cuales se realizaron las siguientes pruebas:

Ensayo de humedad

Ensayo de distribución granulométrica por hidrómetro

Ensayo de gravedad específica del sólido.

Ensayo de reología para seis concentraciones volumétricas.

El material denominado “Muestra Matriz de flujo de lodos” son las partículas pasantes la malla #200; sobre ella se realizó el ensayo de humedad según la norma ASTM D 2216, el de granulometría por hidrómetro según la norma ASTM D 7928 y el ensayo de gravedad específica según la norma ASTM D 854.

En la siguiente tabla se presenta el listado de las calicatas para cada quebrada en estudio, con sus respectivos códigos y coordenadas UTM.

**Tabla 25. Listado y ubicación de calicatas en las quebradas**

| Quebrada            | Código de calicata | Peso de muestra | Norte (m) | Este (m) | Código de muestra |
|---------------------|--------------------|-----------------|-----------|----------|-------------------|
| Qda. Corral Quemado | C10                | 25,47 kg        | 8 621 566 | 343 859  | RE-Q-QUE-C10      |

Fuente: Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

En las siguientes tablas se presenta un resumen de los resultados de los ensayos reológicos realizados sobre la muestra matriz de flujo para seis concentraciones volumétricas de sólidos, siendo estos: 0,20; 0,28; 0,36; 0,44; 0,52 y 0,60. Además, los valores de viscosidad y esfuerzo de cedencia obtenidos corresponden a una velocidad de corte o deformación de  $0\text{s}^{-1}$  a  $100\text{s}^{-1}$ .

**Tabla 26. Parámetros reológicos de la quebrada Torihuasi**

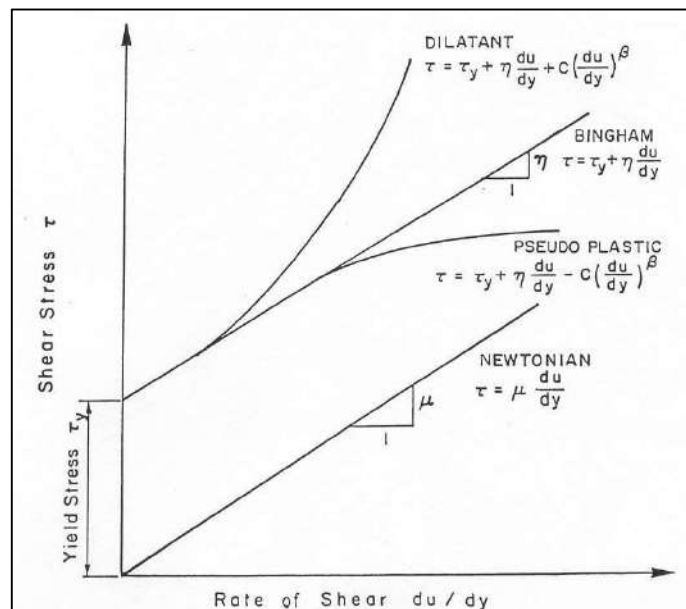
| CV (%) | Esfuerzo (Pa) | Viscosidad (Pa.s) |
|--------|---------------|-------------------|
| 36     | 56,16         | 0,4845            |

Fuente: Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala

La versión actual de HEC-RAS incluye cuatro modelos reológicos: (1) Bingham, (2) Cuadrático de O'Brien, (3) Herschel-Bulkley y (4) Voellmy. El flujo hiperconcentrado, el flujo de barro y el alud torrencial se analizan mediante un modelo reológico cuadrático (O'Brien, J.S. & Julien, P.Y., 1985), debido a software como FLO-2D trabajan con dicha ecuación.

De acuerdo con el manual de Flujo de lodos y escombros de HEC-RAS la ecuación de O'Brien utiliza valores físicos para desarrollar efectos cuadráticos teóricos. La responsabilidad de este enfoque es que, si la formulación teórica no refleja los procesos en el flujo geofísico, introducirá errores. Pero el beneficio de este enfoque físico-teórico es que todas las entradas en los términos no lineales son parámetros físicos que son predeterminados o relativamente intuitivos para que el usuario los especifique.

**Figura 46: Parámetros definidos por el usuario de la ecuación cuadrática de O'Brien y su ubicación en la interfaz no newtoniana.**



Fuente: Manual de Flujo de lodo y escombros – HEC-RAS 6.3.1

Además, el Flujo de lodos y escombros de HEC-RAS menciona que Gibson et al. (2020 en revisión) demostró que los valores más bajos de rendimiento y viscosidad a menudo son apropiados para el enfoque de O'Brien en comparación con Bingham



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

porque la ecuación de O'Brien explica explícitamente los procesos en el término cuadrático que Bingham está agrupando en los parámetros lineales y la viscosidad cargada de sedimentos que se requieren para el modelo de Bingham, el modelo de O'Brien solo requiere la concentración volumétrica (que ya se requiere para aumentar el volumen y para algunas estimaciones de rendimiento y viscosidad) y un tamaño de grano representativo. HEC-RAS también ha expuesto la concentración volumétrica máxima predeterminada en el término Bagnold de O'Brien (0,615 o 61,5%). Este término está bien para flujos de menor concentración ( $C_v < 50\%$ ).

### **Parámetros de usuario de la ecuación de O'Brien (cuadrática)**

De acuerdo con el manual de flujo de lodos y detritos de HEC-RAS, los parámetros que se necesitan para la ecuación cuadrática de O'Brien son los siguientes:

- a) **Concentración Volumétrica:** Es la primera variable que se debe estimar. La mayoría de los modelos no newtonianos son muy sensibles a la concentración volumétrica. La versión actual de HEC-RAS utiliza una concentración volumétrica para todo el tiempo y el espacio, sin embargo, de acuerdo con manual antes mencionado, están trabajando en una serie de tiempo de concentración y, eventualmente, en métodos más sofisticados para enrutar la concentración a través del modelo.

**Figura 47: Concentración volumétrica de sólidos definida por el usuario.**

*Fuente: Elaboración propia (Extraído HEC-RAS 6.3.1)*

Es importante obtener la concentración volumétrica que posea la mezcla. En el caso de los flujos de escombros, estos poseen una distribución de Concentración Volumétrica que parten de un valor cercano a 0,2 y aumentan hasta 0,35 o 0,45 siempre dependiendo del tipo de sedimento que posea la cuenca

El flujo de la quebrada Corral Quemado no es solo líquido (Como ocurre en el río), sino que también viene acompañado de barro, lodo y esto se constata en el último evento extremo ocurrido en el ciclón Yaku en el año 2023 Si bien esta quebrada se activó en el ciclón Yaku, no se ha encontrado fotos o videos del evento ocurrido en dicho año, sin embargo, se ha tomado como evidencia el flujo de la quebrada Peña Prieta la cual se encuentra a cercana a la quebrada en estudio mostrando evidencias del tipo de flujo.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 48: Tipo de flujo – Quebrada Peña Prieta**



*Fuente: Elaboración propia*

El flujo de la quebrada La Vuelta tiene un comportamiento diferente a una avenida y a un deslizamiento, ya que inicialmente, agua limpia fluye de la cuenca hasta llegar al vértice del abanico, esto puede ser acompañado por ondas frontales de lodo y escombros (30% a 40% concentración por volumen).

$$Q_t = BF \times Q_l$$

Para la obtención de concentración volumétrica, O'Brien y Julien (O'Brien, J.L. y Julien, P.Y, 1997), introducen una clasificación para flujos hiperconcentrados de sedimentos en la que definen cuatro categorías en función de la concentración de sólidos, pero que implícitamente considera otras propiedades relacionadas con la reología y el comportamiento mecánico e hidráulico del fenómeno. En la siguiente tabla se resume las características de cada categoría propuesta por O'Brien y Julien.

**Tabla 27. Clasificación de flujos hiperconcentrados.**

| Descripción del Tipo de Flujo | Concentración de sedimentos |             | Características del Flujo                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | En Volumen                  | En Peso     |                                                                                                                                                                                                 |
| Deslizamientos                | 0,65 – 0,80                 | 0,83 – 0,91 | No hay flujo; falla por deslizamiento de bloques                                                                                                                                                |
|                               | 0,55 – 0,65                 | 0,76 – 0,83 | Derrumbe de bloques con deformación interna durante el deslizamiento, movimiento paulatino del terreno antes de fallar.                                                                         |
| Flujos de lodo (Mudflow)      | 0,48 – 0,55                 | 0,72 – 0,76 | Flujo evidente; deslizamiento lento sostenido por el flujo de lodo; deformación plástica bajo su propio peso; cohesivo; no se expande en la superficie                                          |
|                               | 0,45 – 0,48                 | 0,69 – 0,72 | Flujo se extiende sobre la superficie; flujo cohesivo; algo de mezcla.                                                                                                                          |
| Avenida de lodo (Mud Flood)   | 0,40 – 0,45                 | 0,65 – 0,69 | El flujo se mezcla fácilmente; muestra las propiedades fluidas en la deformación; distribuido en la superficie horizontal, pero mantiene una superficie fluida inclinada; partículas grandes se |



| Descripción del Tipo de Flujo | Concentración de sedimentos |             | Características del Flujo                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | En Volumen                  | En Peso     |                                                                                                                                                                                                       |
|                               |                             |             | depositan (peñones); aparecen ondas, pero se disipan rápidamente.                                                                                                                                     |
|                               | 0,35 – 0,40                 | 0,59 – 0,65 | Deposición marcada de gravas y cantos rodados; se expande casi completamente sobre la superficie horizontal; aparece la superficie líquida con dos fases del fluido; las olas viajan en la superficie |
|                               | 0,30 – 0,35                 | 0,54 – 0,59 | Separación del agua en la superficie; las olas viajan fácilmente; la mayoría de las arenas y gravas se han sedimentado y se mueven como arrastre de fondo                                             |
|                               | 0,20 – 0,30                 | 0,41 – 0,54 | Se distinguen claramente las olas y ondas; todas las partículas descansando en el fondo en condición inmóvil.                                                                                         |
| Inundación de agua            | < 0,20                      | < 0,41      | Inundación de agua con carga suspendida convencional y arrastre de fondo.                                                                                                                             |

Fuente: O'Brien y Julien (1997): *On the importance of mudflow routing.*

Observando el tipo de flujo que tiene la quebrada en el año 2023 de (Figura 50) y relacionando las tablas de O'Brien, la concentración volumétrica sería de aproximadamente 0,36; siendo su descripción Mud Flood.

**Tabla 28. Concentración Volumétrica - Quebrada Corral Quemado**

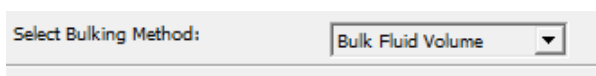
| Quebrada       | Concentración de sedimentos |
|----------------|-----------------------------|
|                | En Volumen                  |
| Corral Quemado | 0,36                        |

Fuente: Estudio del modelo Hidráulico

- b) **Opciones de volumen:** A altas concentraciones, el componente sólido tiene un efecto significativo sobre el volumen de la mezcla. Hay dos formas principales de incorporar el volumen sólido en los modelos de lodo y escombros: (1) Incorporar volumen de sólidos en datos de flujo (no a granel), es decir que es el flujo de la mezcla, usado en un enfoque para flujos medidos en campo y (2) Agregar volumen sólido a datos de flujo de agua (volumen de fluido a granel), es decir, solo incorporamos el flujo de agua en el archivo de flujo no estacionario y luego HEC-RAS agrega el volumen de los sólidos durante la simulación no newtoniana.

**Para el presente estudio tomaremos la segunda forma, debido a que los caudales realizados en la modelación hidrológica con HEC-HMS son líquidos e incorporaremos los datos reológicos para así obtener el volumen de sólidos.**

**Figura 49: Opción de volumen: De fluido a granel.**



Fuente: Elaboración propia (Extraído HEC-RAS 6.3.1)



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

- c) **Esfuerzo Cortante:** Todos los modelos reológicos lineales y no lineales requieren un límite elástico. Matemáticamente, el límite elástico es la intersección del eje y de la relación tensión-deformación. Conceptualmente, es el rango de tensiones sobre el cual la mezcla no se mueve. HEC-RAS proporciona tres métodos para el esfuerzo cortante: (1) Exponencial, (2) Rendimiento del usuario y (3) Coulomb, para este caso usaremos el método rendimiento por el usuario, debido a que dicho método es la forma más directa de ingresar el límite elástico.

**Para el presente estudio se han tomado los resultados obtenidos del informe final de laboratorio de reología para el proyecto "Diseño integral definitivo de las soluciones integrales correspondientes al paquete R-09 del río mala"**

Tabla 29. Definición del esfuerzo cortante.

| CV (%) | Esfuerzo (Pa) |
|--------|---------------|
| 36     | 56,16         |

Fuente: Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala

- d) Viscosidad dinámica de la mezcla: viscosidad cargada de sedimentos. De acuerdo con el manual de Flujos de Lodo y Escombros de HEC-RAS utiliza modelos de "una sola fase" para simular flujos de lodo y escombros, es decir no calcula la mecánica de fluido y sólido por separado. Los modelos monofásicos tienen en cuenta los impactos de la fracción sólida cambiando las propiedades del fluido, incluida la viscosidad. HEC-RAS incluye cuatro métodos para calcular la viscosidad dinámica de la mezcla: (1) Exponencial, (2) Viscosidad dinámica de mezcla definida por el usuario (3) Maron y Pierce y (4) Relación Viscosidad, para este caso usaremos el método definido por el usuario, debido a que dicho método es la forma más directa de ingresar la viscosidad de la mezcla.

**Para el presente estudio se han tomado los resultados obtenidos del informe final de laboratorio de reología para el proyecto "Diseño integral definitivo de las soluciones integrales correspondientes al paquete R-09 del río mala"**

Tabla 30. Definición del esfuerzo cortante.

| CV (%) | Viscosidad (Pa.s) |
|--------|-------------------|
| 36     | 0,4845            |

Fuente: Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala

- e)  $C_v$  máx: El término de Bagnold en la cuadrática de O'Brien (el mismo término que incluye el tamaño de partícula representativo) estima las pérdidas por colisiones de partículas. El término aproxima la frecuencia relativa de estas colisiones, en parte, a partir de la densidad de partículas en el fluido en relación con la máxima densidad de empaquetamiento.

**Para el presente estudio el coeficiente volumétrico de la zona de estudio es menor al  $C_v$  max predeterminado de Bagnold (61.5 %), por lo que dejaremos este valor por defecto.**



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 50: Definición del tamaño de partícula representativo.**

*Fuente: Elaboración propia (Extraído HEC-RAS 6.3.1)*

### 2.6.7. Tiempo de cómputo

Se ha definido como tiempo de simulación 4 horas conforme el tiempo de los hidrogramas ingresados en las condiciones de contorno. Se ha establecido las fechas de inicio y fin de la simulación de manera hipotética tal como se aprecia en la siguiente ilustración. Se ha establecido una fecha hipotética.

**Figura 51: Tiempo de simulación**

*Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)*

Se definió el intervalo de tiempo salida de mapeo, intervalo de salida del hidrograma e intervalo de salida detallada, dicho paso de tiempo solo nos servirá para mostrar los resultados obtenidos y se tomó en función del paso de tiempo del hidrograma.

**Figura 52: Tiempo de simulación**

*Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)*

### 2.6.8. Resultados Generales.

#### Identificación de tirantes

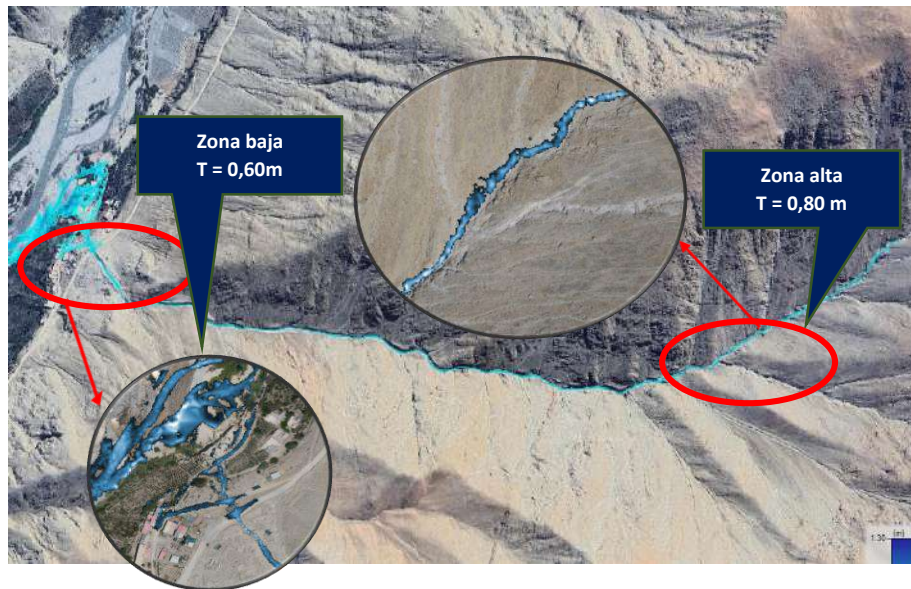
En la parte alta de la quebrada Corral Quemado se observa que el caudal de entrada es de 2,97 m<sup>3</sup>/s, con tirantes de hasta 0,80 m en la zona alta, para el periodo de retorno de 100 años. Así mismo en la zona baja alcanza un tirante de 0,60 m, con un caudal de salida de 2,98 m<sup>3</sup>/s, ubicado cerca al centro poblado de Corral Quemado.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**Figura 53: Tirantes máximos para el TR 100 años**

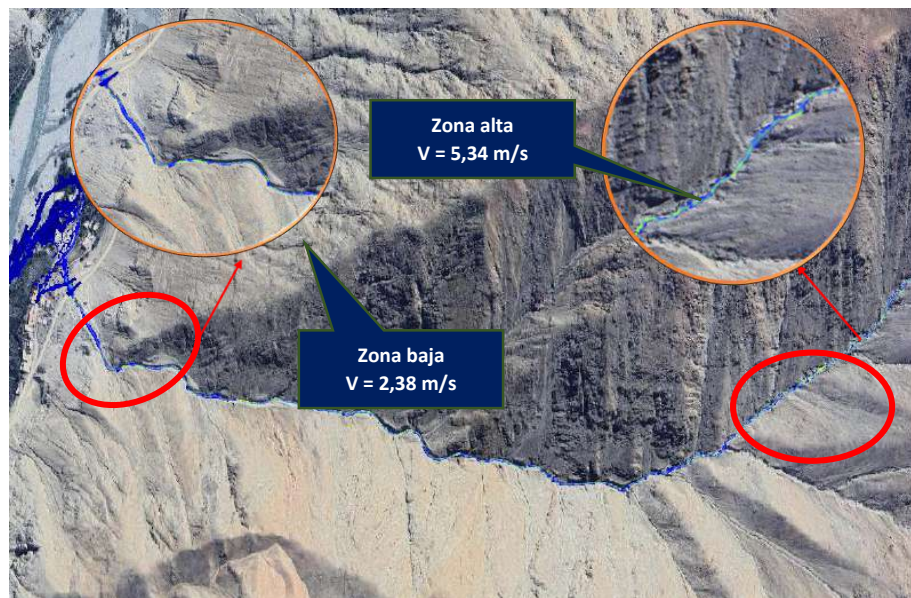


*Fuente: Elaboración propia*

### **Identificación de velocidades**

En la zona alta de la quebrada Corral Quemado, se muestran velocidades de hasta 5,34 m/s, debido a las altas pendientes que se originan, mientras que, en la zona baja, donde se encuentra el centro poblado de Corral Quemado, se tiene velocidades de hasta 2,38 m/s, ante una posible activación de la quebrada para el periodo de retorno de 100 años.

**Figura 54: Velocidades máximas para el TR 100 años**

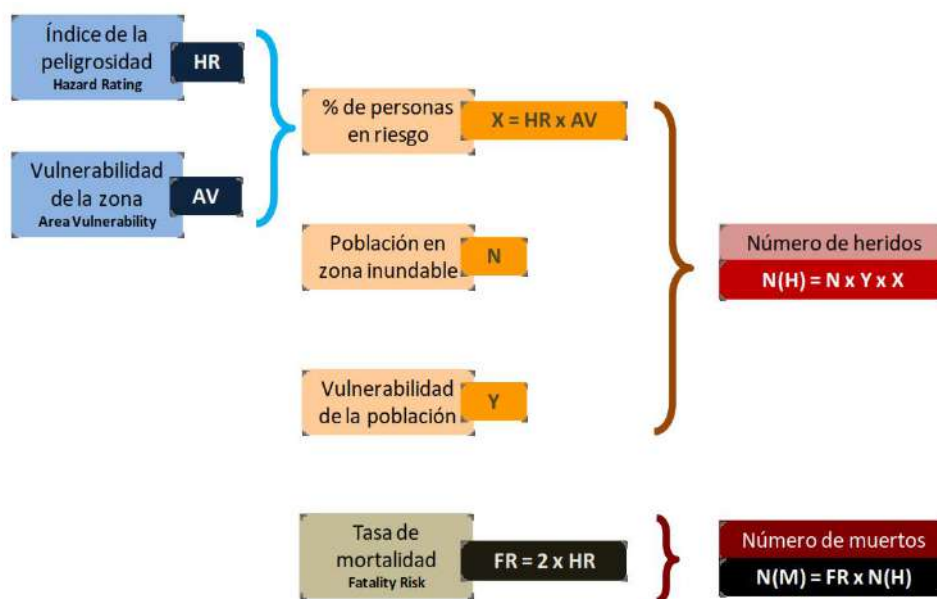


*Fuente: Elaboración propia*

## 2.7. Índice y nivel de peligrosidad extrema

Uno de los criterios tomados para la delimitación de la faja marginal es el índice de Peligrosidad de Hazar Rating (HR), dicho índice es parte de los procesos de la metodología realizada por el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) del Reino Unido, organismo dependiente del gobierno británico responsable de la política y regulaciones relacionadas con el medio ambiente, la alimentación y aspectos rurales.

**Figura 55: Descripción del proceso de cálculo de heridos y muertos según la DEFRA**



Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación – Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

### HR, Índice de Peligrosidad

Se trata de un índice que se rige por la siguiente ecuación que depende de tres variables:

$$HR = d(v + 0.5) + DF$$

Donde:

- v: Velocidad (m/s)
- d: Calado: (m)
- DF (Debris Flow, flujo de escombros): dependiendo de la probabilidad d e que su presencia suponga una amenaza importante adicional a la propia inundación. Los valores se encuentran dentro del rango 0-1

Los valores de velocidad se pueden obtener directamente de los ráster derivados de la modelización hidráulica o mediante simplificaciones a partir del raster de velocidades para T=100 años de período de retorno, que es de obligada obtención para la definición de la Zona de Flujo Preferente.



La propuesta de simplificación supondría la zonificación del ráster de velocidades en tres recintos con valor fijo de velocidad:

- Los pixeles con  $v \leq 1 \text{ m/s}$  o aquellas zonas de la envolvente de T500 que quedan sin valor al extenderse fuera de la envolvente de T100, contarían con un valor fijo de  $V = 1 \text{ m/s}$ .
- Los pixeles con  $1 \text{ m/s} < v \leq 2 \text{ m/s}$  contarían con un valor fijo de  $2 \text{ m/s}$ .
- Los pixeles con  $2 \text{ m/s} \leq v$  contarían con un valor de  $3 \text{ m/s}$ .

El valor del flujo de escombros tiene como influencia en aquellos casos en que calados y velocidades sea reducidos depende del calado y el tipo de suelo según el siguiente cuadro:

**Tabla 31. Asignación del coeficiente del flujo de escombros**

| Calado                        | Cultivos | Bosques | Urbano |
|-------------------------------|----------|---------|--------|
| 0 – 0,25 m                    | 0        | 0       | 0      |
| 0,25 – 0,75 m                 | 0        | 0,5     | 1      |
| $d > 0,75 \text{ y/o } v > 2$ | 0,5      | 1       | 1      |

Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación – Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

El índice HR ya da una idea del grado de peligrosidad en la zona inundable:

**Tabla 32. Valor de HR con la descripción correspondiente y el tipo de peligrosidad**

| Valor de HR | Descripción                        | Tipo de peligrosidad |
|-------------|------------------------------------|----------------------|
| 0           | Seguridad                          | Ninguno              |
| 0.– 0,75    | Precuación                         | Bajo                 |
| 0,75 – 1,5  | Peligroso para algunos (niños)     | Moderado             |
| 1,5 – 2,5   | Peligroso para la mayoría de gente | Significativo        |
| > 2,5       | Peligroso para todos               | Extremo              |

Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación – Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

De la simulación para el escenario del periodo de retorno de 100 años se obtuvo los índices de peligrosidad de Hazard Rating la cual se presenta en los mapas de los anexos adjuntados en este informe. En ese caso se analizó aguas abajo de la quebrada Corral Quemado, en la zona baja de dicha quebrada.

Con respecto a las áreas afectadas aguas abajo, el cauce muestra un índice de peligrosidad significativo a extremo. Mientras que las zonas inundables muestran un índice de peligrosidad baja. Si bien no es peligroso para la mayoría de personas del centro poblado Corral Quemado se debería considerar como punto crítico ya que no cuenta con obras de protección y/o mejoras en la conducción del flujo, en caso de que suceda un evento extremo.





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

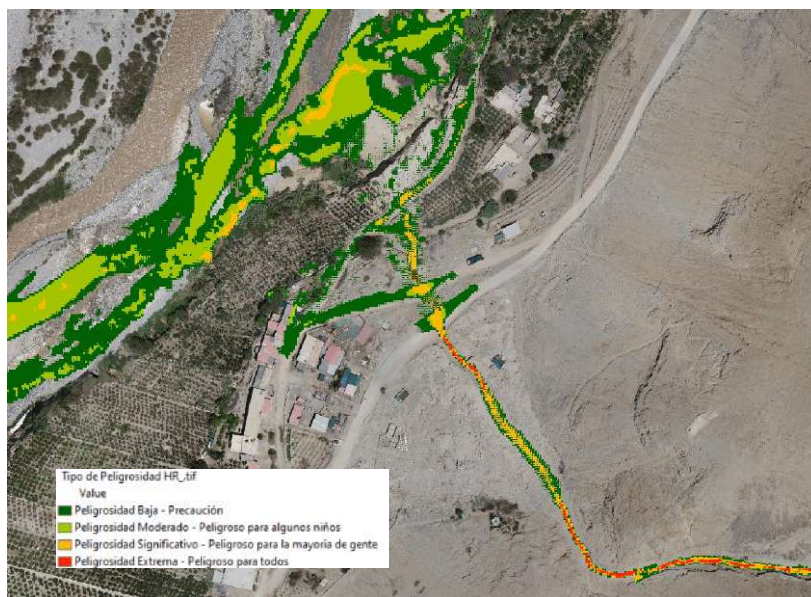


Firmado digitalmente por ANCAJIMA OJEDA Luis Antonio FAU 20520711865 hard Motivo: Doy V° B°



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Figura 56: Índice de peligrosidad aguas debajo de la quebrada Corral Quemado



Fuente: Elaboración propia

## 2.8. Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce.

La quebrada Río Seco se caracteriza por tener un aporte de flujo de lodo y escombros, el cual, se mostró en el evento del ciclón Yaku en el año 2023, al respecto, daremos algunas alternativas que se pueden realizar en la quebrada en estudio:

**Reforestación:** Para proteger la cuenca receptora, una de las acciones a realizar es la reforestación. Según García Najera afirma «La vegetación abarca el bosque propiamente dicho, es la más eficaz protección del suelo, ya que ésta afecta a toda la considerable profundidad a que alcanzan las raíces de los árboles»...«Además, a la protección debida a los árboles suele sumarse la de las hierbas y matorral que pueden crecer bajo aquellos; y cuando se trata de especies que no permiten el desarrollo de un subpiso, ello es debido a la abundancia de raíces ya que estas especies forman una cubierta muy tupida y espesa factores ambos que ofrecen una protección eficacísima. Para poder establecer la reforestación se requieren obras como terrazas, bancales, drenajes, albarradas, palizadas, fajinas y barreras vivas.

Figura N° 1. Alternativas de reforestación





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



*Fuente: Elaboración propia*

**Obras en el cauce:** Paralelamente a las acciones de manejo de la cuenca receptora hay que desarrollar una serie de éstas en el cauce que tienen por objeto, aumentar la capacidad de transporte de agua del mismo, disminuir la velocidad de flujo y disipar la energía del agua. Son tan necesarias como las de conservación de la cuenca porque si no se reduce el poder erosivo del agua en los cauces, estos se profundizan y se pierde la capacidad de soporte de las laderas y se desestabilizan llegando a producir derrumbes de consideración que agravan el fenómeno torrencial. A continuación, se detalla el tipo de estructuras a realizar:

- **Diques.** Son estructuras transversales a la dirección del flujo de la quebrada y tienen por objeto regular los caudales en épocas de crecimientos o promover la sedimentación aguas arriba de tal manera que se formen colchones de sedimentos y un escalonamiento a lo largo del cauce.

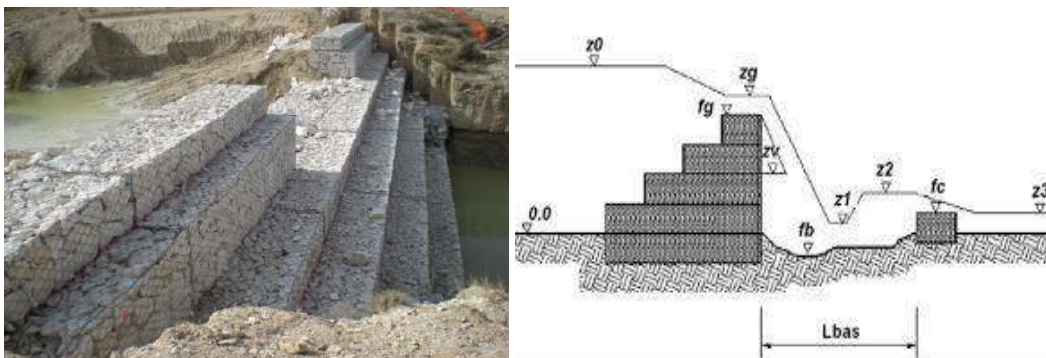
**Figura N° 2. Dique de retención de sólido de mampostería (a) y roca (b)**



*Fuente: Elaboración propia*

- **Utilización de Gaviones.** La mampostería gavionada ofrece una alternativa práctica y económica especialmente: a) Cuando hay dificultades para la cimentación de una estructura rígida, b) Cuando hay disponibilidad de materiales adecuados para el relleno de los gaviones, c) Dificultad de transporte de otros materiales que no sean los gaviones vacíos y de disponibilidad de mano de obra.

Las principales obras de gaviones empleadas son: presas de vertederos, graderías de disipación de energía y presas permeables. Las primeras pueden ser formadas por una o varias hileras de gaviones según sea el caso y pueden requerir paredes de acercamiento y comportamiento del talud para evitar separación por erosión.

**Figura N° 3. Dique de gavión para la corrección hidrológica**

*Fuente: Elaboración propia*

Para el caso de obras como carreteras y/o obras de derivación, las Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública indica algunas medidas estructurales para mitigar el impacto negativo del peligro, que se describirán a continuación:

**a) Carreteras**

- Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección con el fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.
- Cuando el trazo de la carretera corta el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de la carretera con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas de las quebradas.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.
- Diseñar obras complementarias de estabilidad de taludes, como el desarrollo de especies vegetales, etc.
- Considerar el diseño de obras complementarias para derivar fuera del área de influencia de las obras, los volúmenes de los deslizamientos, a través de la construcción de muros de encauzamiento.

**3. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL****3.1. Dimensionamiento de la faja marginal.**

La faja marginal se realizará donde sea necesario y de acuerdo con los resultados de la modelación hidráulica, los tramos correspondientes, de acuerdo con los criterios siguientes:

- a) El reglamento de fajas marginales de la ANA determina que, una vez determinado el límite superior de la ribera, se establece el ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con lo señalado en el artículo 12, por tanto, se



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

propone un ancho mínimo de 3,0 metros para cada margen, a partir del límite de la ribera, debido a que el tramo de la quebrada Corral Quemado y sus afluentes presentan pendientes altas (mayores al 2 %) , características de fuentes tipo quebrada y tramos de ríos encañonados con material rocoso.

**Tabla 33. Ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con el tipo de fuente**

| Tipo de fuente                                                                                 | Ancho mínimo (m) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso     | 3                |
| Tramo de ríos con pendiente media (1 – 2%)                                                     | 4                |
| Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas                 | 6                |
| Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas                       | 10               |
| Tramos de ríos con estructuras de defensas ribereñas (Gaviones, diques, enrocados, muros, etc) | 4 <sup>1</sup>   |
| Tramos de río de selva con baja pendiente (menores a 1%)                                       | 25               |
| Lagos y lagunas                                                                                | 10               |

<sup>1</sup> Medidos a partir del pie de talud externo

Fuente: Resolución Jefatural N° 332- 2016-ANA

Cabe al aclarar de acuerdo al Artículo N° 114 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, se determinan los criterios para la delimitación de las riberas y faja marginal respectivamente como b) Espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas de los cauces y c) El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

### 3.2. Verificación Técnica de Campo

Mediante Memorando N°3532-2024-ANA-AAA.CF de fecha 2024-10-23, se solicita a la Administración Local del Agua (ALA) Mala Omas Cañete que realice la verificación técnica de campo, por lo que mediante Oficio Múltiple N ° 0025-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC la ALA Mala Omas Cañete notifica a la Municipalidad Distrital de Mala, Autoridad Nacional de Infraestructura, Junta de Usuarios del Setor Hidráulico Menor Mala a fin de que participen de la verificación técnica de campo programada para el día miércoles 18 de marzo de 2025 a las 08:30 am, teniendo como punto de encuentro la Oficina de enlace Mala.

Mediante Informe Técnico N° 0011-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG, del 2025-04-02 la ALA Mala Omas Cañete verificó en campo la ubicación de los hitos de la quebrada Ceniza constatando lo siguiente:

- En el punto de coordenadas UTM (WGS-84): 345501mE – 8621598mN, se observa que los hitos N° 24 en ambas márgenes se ubican en la ladera de montaña de material rocoso y arenoso; luego se realizó el recorrido aguas abajo a lo largo del cauce de la referida quebrada hasta llegar al punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343900mE – 8621485mN, observándose en todo el recorrido que desde los hitos N° 24 hasta los hitos N° 02 en ambas márgenes, se ubican en ladera de montaña de material rocoso y arenoso. Asimismo, se debe de indicar que el ancho



Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado  
digitalmente por  
ANCAJIMA OJEDA  
Luis Antonio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°



ANA

Autoridad Nacional del Agua

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

del cauce en todo el recorrido es de aproximadamente entre 5,00 ml. a 10,00ml.

- Luego, se siguió con el recorrido aguas abajo hasta llegar a la desembocadura al río Mala, ubicado en el punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343790mE – 8621652mN, observándose que a la altura del punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343843mE – 8621574mN, hay una carretera sin asfalto que cruza el cauce de la referida quebrada y que a la altura del punto de coordenadas UTM (WGS-84): 343835mE – 8621587mN, hay un camino carrozable que también cruza el mismo cauce, asimismo, se debe de indicar que en la margen derecha el hito N° 01 se ubica en el borde de un segundo camino carrozable y en la margen izquierda, el hito N° 01 se ubica en un predio agrícola; además se debe de indicar que el ancho del cauce no se puede determinar ya que no se observa rastro del mismo.
- Conforme a la información proporcionada en el Acta de Verificación Técnica de Campo N°0001-2025-ANA-AAA.CF-ALA.MOC/JJPG, se constató que dentro de la faja marginal no hay construcciones de ningún tipo, sea rural o de material noble; asimismo, la mayoría de los hitos se ubican en ladera de montaña a excepción del hito N° 01 de la margen derecha, que se ubica en el borde de un segundo camino y el hito N° 01 de la margen izquierda se ubica en un predio agrícola.

### 3.3. Límites de la faja marginal de la quebrada Corral Quemado

La ubicación de hitos de la faja marginal para la quebrada Corral Quemado se detalla en siguiente cuadro:

**Tabla 34. Ubicación de Hitos de la faja marginal**

| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN DERECHA |          |           |       |          |           |
|----------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                    | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HD-01                                                    | 343 829  | 8 621 634 | HD-13 | 344 546  | 8 621 343 |
| HD-02                                                    | 343 912  | 8 621 491 | HD-14 | 344 570  | 8 621 331 |
| HD-03                                                    | 343 935  | 8 621 473 | HD-15 | 344 605  | 8 621 342 |
| HD-04                                                    | 344 019  | 8 621 481 | HD-16 | 344 748  | 8 621 323 |
| HD-05                                                    | 344 052  | 8 621 469 | HD-17 | 344 806  | 8 621 298 |
| HD-06                                                    | 344 082  | 8 621 431 | HD-18 | 344 925  | 8 621 295 |
| HD-07                                                    | 344 206  | 8 621 416 | HD-19 | 345 100  | 8 621 348 |
| HD-08                                                    | 344 243  | 8 621 422 | HD-20 | 345 223  | 8 621 424 |
| HD-09                                                    | 344 420  | 8 621 404 | HD-21 | 345 352  | 8 621 487 |
| HD-10                                                    | 344 483  | 8 621 370 | HD-22 | 345 396  | 8 621 515 |
| HD-11                                                    | 344 507  | 8 621 376 | HD-23 | 345 448  | 8 621 573 |
| HD-12                                                    | 344 533  | 8 621 364 | HD-24 | 345 496  | 8 621 606 |





## FAJA MARGINAL – QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA

| PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
|-------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| HI-01 | 343 803  | 8 621 618 | HI-13 | 344 531  | 8 621 329 |
| HI-02 | 343 890  | 8 621 469 | HI-14 | 344 565  | 8 621 314 |
| HI-03 | 343 920  | 8 621 445 | HI-15 | 344 607  | 8 621 322 |
| HI-04 | 344 015  | 8 621 451 | HI-16 | 344 746  | 8 621 305 |
| HI-05 | 344 042  | 8 621 444 | HI-17 | 344 804  | 8 621 277 |
| HI-06 | 344 071  | 8 621 415 | HI-18 | 344 923  | 8 621 270 |
| HI-07 | 344 205  | 8 621 399 | HI-19 | 345 112  | 8 621 323 |
| HI-08 | 344 253  | 8 621 400 | HI-20 | 345 243  | 8 621 413 |
| HI-09 | 344 414  | 8 621 383 | HI-21 | 345 363  | 8 621 470 |
| HI-10 | 344 480  | 8 621 351 | HI-22 | 345 423  | 8 621 508 |
| HI-11 | 344 502  | 8 621 358 | HI-23 | 345 463  | 8 621 558 |
| HI-12 | 344 521  | 8 621 349 | HI-24 | 345 505  | 8 621 590 |

Fuente: Elaboración propia

## 4. CONCLUSIONES. Y RECOMENDACIONES.

### 4.1. Conclusiones

- La faja marginal se ha conformado en base a los resultados hidráulicos de inundaciones, en función a los caudales estimados en HEC-HMS, seleccionando el hidrograma de la quebrada Corral Quemado para el periodo de retorno de 100 años con cambio climático y aplicando los criterios del “Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de las Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos Naturales y Artificiales”.

| Cuenca | Caudales máximos para periodo de retorno de 100 años |
|--------|------------------------------------------------------|
| SU1    | 2,5 m³/s                                             |
| Sink-1 | 2,5 m³/s                                             |

- De acuerdo con la información topográfica, esta ha sido entregada por la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), dentro de ella, se cuenta con una red geodésica primaria compuesta de tres puntos geodésicos de orden “C” los cuales han sido certificado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con el nombre “Horizon South América S.A.C” en el mes de mayo de 2019.

| Punto    | Este      | Norte     | HAE [m]   | Cota EGM20 |
|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| LIM05221 | 324 234.8 | 8 605 884 | 116,469   | 90,434     |
| LIM05222 | 342 757.2 | 8 620 249 | 661,501   | 631,957    |
| LIM07082 | 368 036.2 | 8 657 255 | 2 716,098 | 2 684,39   |

- Respecto a los coeficientes de rugosidad de Manning, estos fueron utilizados de acuerdo con el “Informe de estudio de Modelo Hidráulico Base Paquete R-09 Río Mala” proporcionado por la ANIN. Obteniéndose lo siguiente:



| Descripción               | Manning |
|---------------------------|---------|
| Cauce Quebrada            | 0,060   |
| Grava y arena             | 0,033   |
| Suelo urbano              | 0,120   |
| Suelo desnudo             | 0,035   |
| Rocas                     | 0,028   |
| Infraestructura activa    | 0,022   |
| Vegetación densidad media | 0,050   |
| Vegetación densidad baja  | 0,035   |
| Diques de tierra          | 0,050   |

- El software elegido es HEC-RAS ya que dicho software permite la modelación hidráulica de flujos hiperconcentrados, además, se ha determinado los parámetros reológicos, de acuerdo con los ensayos reológicos realizados sobre la muestra matriz de flujo para seis concentraciones volumétricas de sólidos, siendo estos: 0,20; 0,28; 0,36; 0,44; 0,52 y 0,60. Además, los valores de viscosidad y esfuerzo de cedencia obtenidos corresponden a una velocidad de corte o deformación de  $0s^{-1}$  a  $100s^{-1}$ , siendo el parámetro reológico la concentración volumétrica (CV) de 36%.

| CV (%) | Esfuerzo (Pa) | Viscosidad (Pa.s) |
|--------|---------------|-------------------|
| 36     | 56,16         | 0,4845            |

- Se ha realizado la configuración del modelo estableciendo mallas zonificadas de acuerdo tomando las buenas prácticas sugeridas en los manuales de HEC-RAS y Guías de ARCC-UKDT, considerando que para ríos con comportamiento anastomosado y quebradas de fuerte pendiente se tendrán otros criterios para asegurar un modelo detallado.

| ELEMENTO              | Tamaño de Malla en Quebradas [m] | Área de la celda seleccionada [m <sup>2</sup> ] | Área según nota técnica [m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Zona Urbana           | 2,0                              | 4,0                                             | 2,0 a 5,0                                 |
| Cauce de quebrada     | 2,0                              | 4,0                                             | 2,0 a 30,0                                |
| Llanura de inundación | 3,0                              | 9,0                                             | 2,0 a 100,0                               |

- Se ha realizado numéricamente el paso del flujo de lodo y detritos en la quebrada Corral Quemado utilizando el módulo de flujos hiperconcentrados con la fórmula de O'Brien teniendo en cuenta los ensayos reológicos y los parámetros calibrado de la quebrada Corral Quemado.

| Periodo de Retorno | Zona | Caudal (m <sup>3</sup> /s) | Velocidades (m/s) | Tirante (m) |
|--------------------|------|----------------------------|-------------------|-------------|
| TR 100             | Alta | 2,97                       | 5,34              | 0,80        |
|                    | Baja | 2,98                       | 2,38              | 0,60        |



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

- Establecer la delimitación de la Faja Marginal de la quebrada Ceniza en ambos márgenes en el cauce principal ( 1,98 km), de acuerdo a la metodología de modelamiento hidráulico, el cauce principal cuenta con un total de cuarenta y ocho (48) hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 24 hitos corresponden a la margen derecha y 24 hitos a la margen Izquierda, ubicado hidrográficamente en la cuenca del río Mala y políticamente en los distritos de Calango, provincia de Cañete y región Lima

| Ubicación del tramo de estudio - Quebrada Corral Quemado - Longitud 1,90 km |                |         |                      |         |                        |               |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|----------------------|---------|------------------------|---------------|
| Cuerpo de Agua                                                              | Sector         | Inicio  |                      | Final   |                        | Longitud (km) |
|                                                                             |                | Este    | Norte                | Este    | Norte                  |               |
| Quebrada                                                                    | Corral Quemado | 343 811 | 8 621 656            | 345 498 | 8 621 595              | 1,98          |
| N° HITOS                                                                    |                | 48      | Hitos Margen Derecha |         | Hitos Margen Izquierda |               |
|                                                                             |                |         | 24                   |         | 24                     |               |

#### FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN DERECHA

| PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
|-------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| HD-01 | 343 829  | 8 621 634 | HD-13 | 344 546  | 8 621 343 |
| HD-02 | 343 912  | 8 621 491 | HD-14 | 344 570  | 8 621 331 |
| HD-03 | 343 935  | 8 621 473 | HD-15 | 344 605  | 8 621 342 |
| HD-04 | 344 019  | 8 621 481 | HD-16 | 344 748  | 8 621 323 |
| HD-05 | 344 052  | 8 621 469 | HD-17 | 344 806  | 8 621 298 |
| HD-06 | 344 082  | 8 621 431 | HD-18 | 344 925  | 8 621 295 |
| HD-07 | 344 206  | 8 621 416 | HD-19 | 345 100  | 8 621 348 |
| HD-08 | 344 243  | 8 621 422 | HD-20 | 345 223  | 8 621 424 |
| HD-09 | 344 420  | 8 621 404 | HD-21 | 345 352  | 8 621 487 |
| HD-10 | 344 483  | 8 621 370 | HD-22 | 345 396  | 8 621 515 |
| HD-11 | 344 507  | 8 621 376 | HD-23 | 345 448  | 8 621 573 |
| HD-12 | 344 533  | 8 621 364 | HD-24 | 345 496  | 8 621 606 |

#### FAJA MARGINAL – QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA

| PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
|-------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| HI-01 | 343 803  | 8 621 618 | HI-13 | 344 531  | 8 621 329 |
| HI-02 | 343 890  | 8 621 469 | HI-14 | 344 565  | 8 621 314 |
| HI-03 | 343 920  | 8 621 445 | HI-15 | 344 607  | 8 621 322 |
| HI-04 | 344 015  | 8 621 451 | HI-16 | 344 746  | 8 621 305 |
| HI-05 | 344 042  | 8 621 444 | HI-17 | 344 804  | 8 621 277 |
| HI-06 | 344 071  | 8 621 415 | HI-18 | 344 923  | 8 621 270 |
| HI-07 | 344 205  | 8 621 399 | HI-19 | 345 112  | 8 621 323 |
| HI-08 | 344 253  | 8 621 400 | HI-20 | 345 243  | 8 621 413 |
| HI-09 | 344 414  | 8 621 383 | HI-21 | 345 363  | 8 621 470 |
| HI-10 | 344 480  | 8 621 351 | HI-22 | 345 423  | 8 621 508 |
| HI-11 | 344 502  | 8 621 358 | HI-23 | 345 463  | 8 621 558 |
| HI-12 | 344 521  | 8 621 349 | HI-24 | 345 505  | 8 621 590 |



#### 4.2. Recomendaciones

- La delimitación de la faja marginal se ha realizado de acuerdo con la normativa vigente. En consecuencia, se recomienda implementar un programa de sensibilización y educación sobre la necesidad de respetar la faja marginal, en conformidad con lo establecido en el Artículo 120 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (R-LRH) y la normativa conexas, lo cual deberá ser coordinado con la Municipalidad Distrital de Calango, cumpliendo su autoridad fiscalizadora, y dirigido para los diferentes actores de la cuenca.
- Realizar actividades de mantenimiento del cauce antes y después de la ocurrencia de eventos de máximas avenidas.
- El gobierno local debe proponer planes a mediano y largo plazo para el ordenamiento territorial, que conlleve a desarrollar actividades de reubicación de la población ubicada en zonas de riesgo, dado que los proyectos estructurales tienen un tiempo de vida útil determinado.
- La delimitación de faja marginal de la quebrada Corral Quemado fue tomando el estudio de topografía (considerando las condiciones actuales de la zona), hidrología y modelación hidráulica para el periodo de retorno de 100 años, sin embargo, si se plantea la modificación de los hitos, las condiciones de la zona en estudio deben mejorarse, mostrándose obras de protección que permita que las condiciones sean favorables y siendo demostrado técnicamente con la metodología realizada en el presente estudio.
- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Calango, Municipalidad Provincial de Cañete, Gobierno Regional de Lima, tener en cuenta el Decreto Supremo N° 094-2018-PCM (TUO de la ley 30556), que en su Quinta disposición complementaria establece (...) declárase como zonas intangibles los cauces de las riberas, las fajas marginales y las fajas de terreno que conforman el derecho de vía de la red vial del Sistema Nacional de Carreteras; y prohíbase expresamente la transferencia o cesión para fines de vivienda, comercio, agrícolas y otros, sean estas para posesiones informales, habilitaciones urbanas, programas de vivienda o cualquier otra modalidad de ocupación poblacional, asimismo también se establece que las zonas declaradas de riesgo no mitigable, quedan bajo administración y custodia del Gobierno Regional de la jurisdicción, el que preserva su intangibilidad, bajo responsabilidad del titular del Gobierno Regional y de aquella autoridad que se designe. El Gobierno Regional, con opinión del Gobierno Local correspondiente, se encuentra facultado a disponer la desocupación y/o demolición de toda edificación, pudiendo inclusive utilizar el mecanismo de la recuperación extrajudicial prevista en los artículos 65 al 67 de la Ley N.º 30230.
- Comunicar al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Municipalidad Distrital de Calango, Municipalidad Provincial de Cañete, Gobierno Regional de Lima, Organismos de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres – CENEPRED, Oficina Registral de Lima - SUNARP,





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado  
digitalmente por  
ANCAJIMA OJEDA  
Luis Antonio FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Doy V° B°

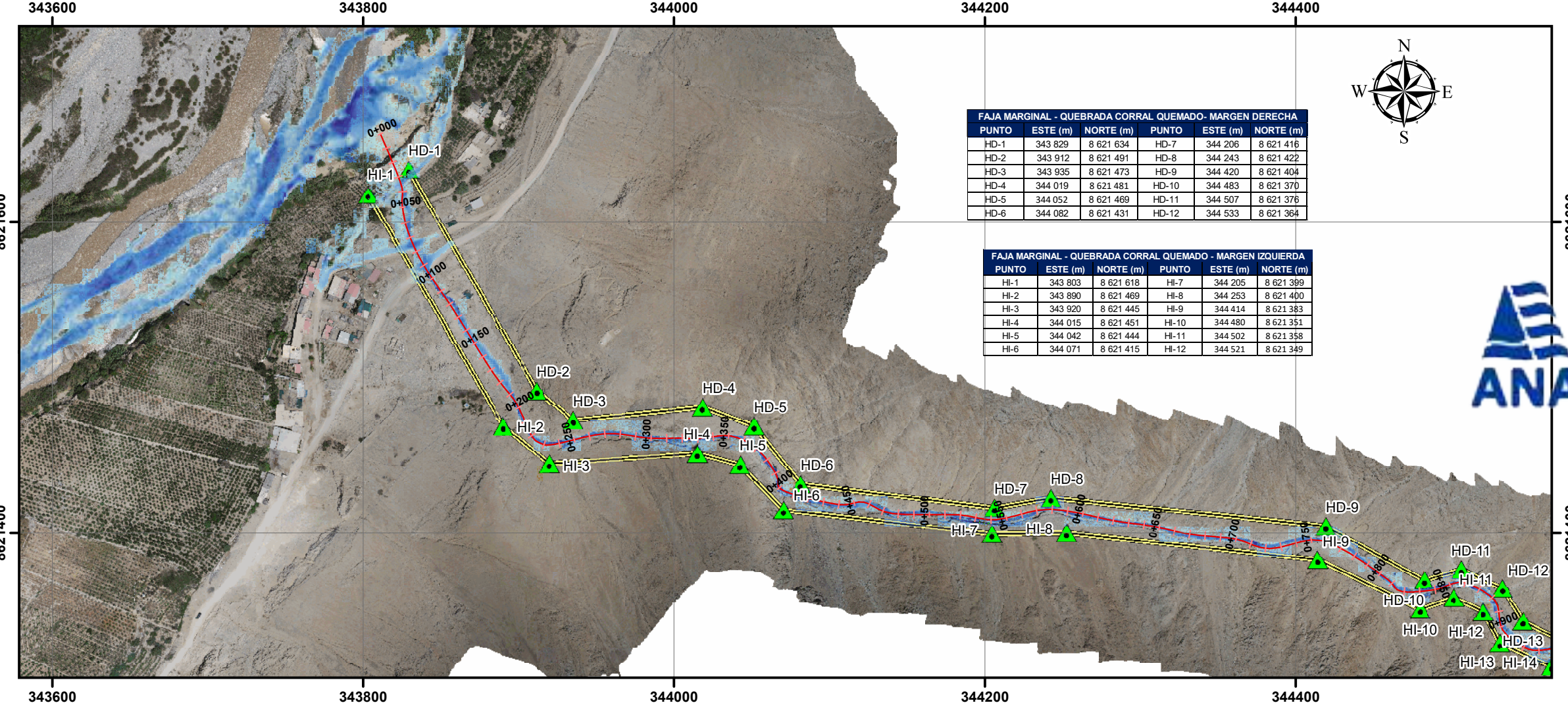


“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Instituto Nacional de Defensa Civil, Superintendencia de Bienes Nacionales,  
a fin de realizar las acciones pertinentes para preservar este espacio como  
bien de dominio público hidráulico. Remitir copia a la Administración Local  
de Agua Mala Omas Cañete, conforme a ley.



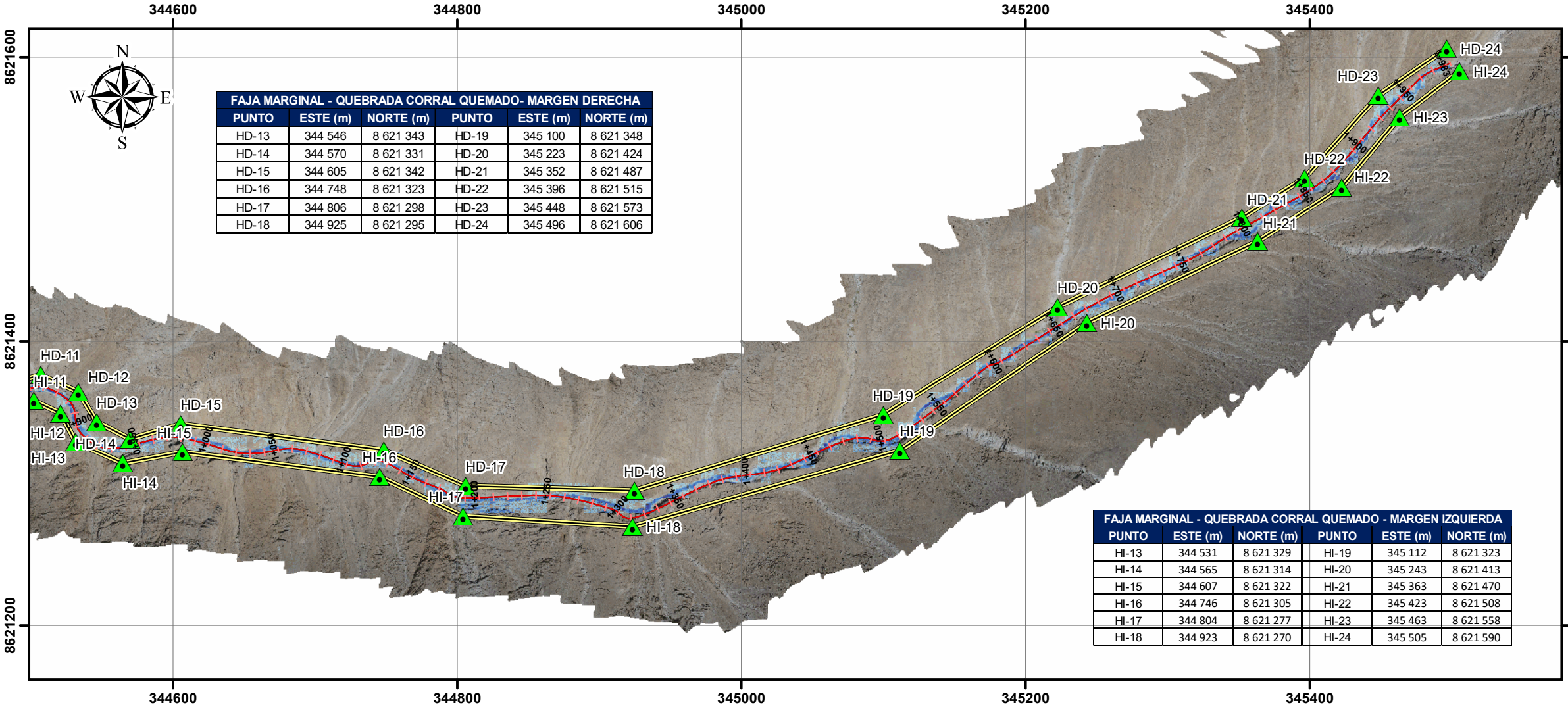
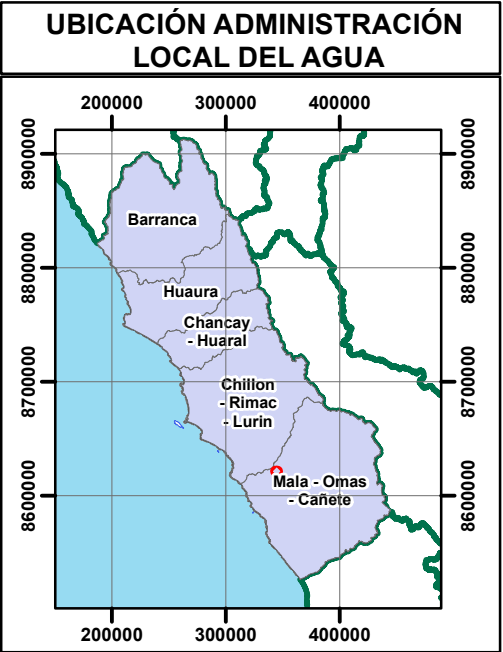
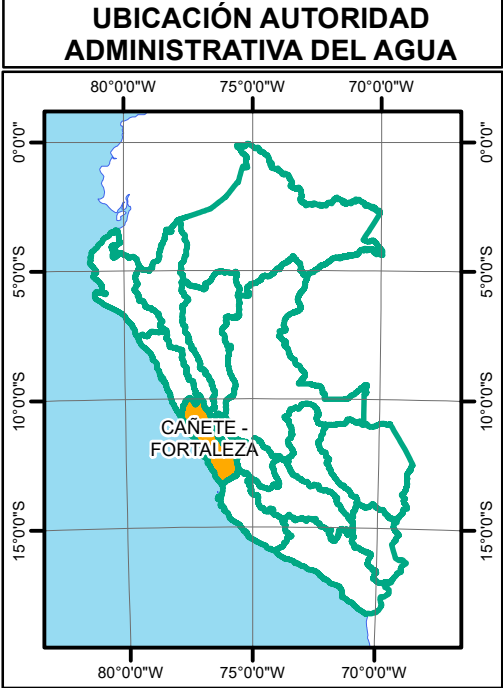


| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO- MARGEN DERECHA |          |           |       |          |           |
|---------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                   | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HD-1                                                    | 343 829  | 8 621 634 | HD-7  | 344 206  | 8 621 416 |
| HD-2                                                    | 343 912  | 8 621 491 | HD-8  | 344 243  | 8 621 422 |
| HD-3                                                    | 343 935  | 8 621 473 | HD-9  | 344 420  | 8 621 404 |
| HD-4                                                    | 344 019  | 8 621 481 | HD-10 | 344 483  | 8 621 370 |
| HD-5                                                    | 344 052  | 8 621 469 | HD-11 | 344 507  | 8 621 376 |
| HD-6                                                    | 344 082  | 8 621 431 | HD-12 | 344 533  | 8 621 364 |

| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA |          |           |       |          |           |
|------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                      | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HI-1                                                       | 343 803  | 8 621 618 | HI-7  | 344 205  | 8 621 399 |
| HI-2                                                       | 343 890  | 8 621 469 | HI-8  | 344 253  | 8 621 400 |
| HI-3                                                       | 343 920  | 8 621 445 | HI-9  | 344 414  | 8 621 383 |
| HI-4                                                       | 344 015  | 8 621 451 | HI-10 | 344 480  | 8 621 351 |
| HI-5                                                       | 344 042  | 8 621 444 | HI-11 | 344 502  | 8 621 358 |
| HI-6                                                       | 344 071  | 8 621 415 | HI-12 | 344 521  | 8 621 349 |



Firmado digitalmente por ANCAJIMA OJEDA Luis Antonio FAU 2052071186 5 hard Motivo: Doy V° B°



| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO- MARGEN DERECHA |          |           |       |          |           |
|---------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                   | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HD-13                                                   | 344 546  | 8 621 343 | HD-19 | 345 100  | 8 621 348 |
| HD-14                                                   | 344 570  | 8 621 331 | HD-20 | 345 223  | 8 621 424 |
| HD-15                                                   | 344 605  | 8 621 342 | HD-21 | 345 352  | 8 621 487 |
| HD-16                                                   | 344 748  | 8 621 323 | HD-22 | 345 396  | 8 621 515 |
| HD-17                                                   | 344 806  | 8 621 298 | HD-23 | 345 448  | 8 621 573 |
| HD-18                                                   | 344 925  | 8 621 295 | HD-24 | 345 496  | 8 621 606 |

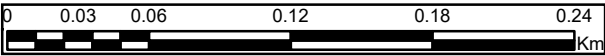
| FAJA MARGINAL - QUEBRADA CORRAL QUEMADO - MARGEN IZQUIERDA |          |           |       |          |           |
|------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| PUNTO                                                      | ESTE (m) | NORTE (m) | PUNTO | ESTE (m) | NORTE (m) |
| HI-13                                                      | 344 531  | 8 621 329 | HI-19 | 345 112  | 8 621 323 |
| HI-14                                                      | 344 565  | 8 621 314 | HI-20 | 345 243  | 8 621 413 |
| HI-15                                                      | 344 607  | 8 621 322 | HI-21 | 345 363  | 8 621 470 |
| HI-16                                                      | 344 746  | 8 621 305 | HI-22 | 345 423  | 8 621 508 |
| HI-17                                                      | 344 804  | 8 621 277 | HI-23 | 345 463  | 8 621 558 |
| HI-18                                                      | 344 923  | 8 621 270 | HI-24 | 345 505  | 8 621 590 |

LEYENDA

Hitos

Eje de Cauce

Faja Marginal



Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

Autoridad Nacional del Agua

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA

CAÑETE - FORTALEZA

ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA

MALA - OMAS - CAÑETE

PROPUESTA DE FAJA MARGINAL

QUEBRADA CORRAL QUEMADO

PROG. 0+000 A 1+98 KM

Escala: 1:3,200

Fecha: Octubre 2025

Proyeccion: Universal Transverse Mercator

Datum: World Geodesic System 1984

Zona: 18 Sur

Fuente: AAA III CAÑETE FORTALEZA

Elaborado: Ing. K.R.C.T