



**PERÚ**

**Ministero  
de Agricultura**

**Autoridad Nacional  
del Agua**

**Dirección de Estudios  
de Proyectos Hidráulicos  
Multisectoriales**

# **TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RIO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN LA CUENCA CHANCA Y LAMBAYEQUE**



**Lima – Perú  
Diciembre - 2010**

# **MINISTERIO DE AGRICULTURA**

Ing. Adolfo De Córdova Vélez  
Ministro de Agricultura

## **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**

Doctor Francisco Palomino García  
Jefe

### **DIRECCION DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES**

Ing. Máximo Hatta  
Director

#### **Formuladores**

*Ing. Tomás Alfaro Abanto  
Ing. Juan Bardález Reátegui*

# RESUMEN EJECUTIVO

## NOMBRE DEL PROYECTO

**“Tratamiento de Cauce del Río para el Control de Inundaciones en la Cuenca Chicama”**

## PROPÓSITO

Contar con un documento de gestión del recurso hídrico en periodos de estiaje y en periodos de avenidas ordinarias y extraordinarias

Este documento será de utilidad al Consejo de Cuenca para planificar concertar y coordinar el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.

## OBJETIVOS

- ✓ Definir el ancho estable del río que facilite el drenaje del caudal de avenidas ordinarias, corrigiendo los tramos trezados, estrangulamiento y ensanchamiento del cauce.
- ✓ Identificar puntos críticos de desborde por avenidas extraordinarias que requieran un tratamiento especial.
- ✓ Determinar la llanura de inundación en régimen permanente.
- ✓ Proponer medidas estructurales y no estructurales para el plan de tratamiento y defensas ribereñas del río Chancay Lambayeque.

## ALCANCES DEL ESTUDIO

El estudio de tratamiento del río Chancay Lambayeque comprende el tramo regulado (regulado por el represamiento Tinajones), que va desde la desembocadura en el mar hasta la bocatoma Raca Rumi y el tramo no regulado comprendido desde la bocatoma Raca Rumi al puente San Carlos (La Ramada Alta); aproximadamente 80 kilómetros.

Con fines de estudio el tramo del río en mención fue sectorizado en cuatro zonas: (1) puente San Carlos (La Ramada Alta) hasta la bocatoma Raca Rumi, (2) bocatoma Raca Rumi hasta el partidor La Puntilla, (3) partidor La Puntilla hasta la bocatoma Monsefú-Reque y (4) bocatoma Monsefú-Reque hasta la desembocadura en el mar.

## **METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

### **Actividades previas**

Contempló la revisión y análisis de estudios anteriores, que sirvieron como insumo para el Programa integral sobre defensas ribereñas y control de inundaciones del río Chancay Lambayeque, considerando experiencias de otras cuencas o de la misma cuenca en estudio. Esta actividad consideró además la revisión de la normatividad peruana y los planes de desarrollo local y regional.

### **Actividades de campo**

Esta actividad está referida al levantamiento de información en campo que sirvieron de insumo para elaborar el programa integral de defensas ribereñas y control de inundación del río Chancay Lambayeque. Los trabajos de campo incluyeron actividades, tales como se detallan.

#### **a) Bench Mark (BM).**

Se refiere a la instalación de una red de puntos geodésicos de orden "C" en el sistema WGS 84, empleando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Método Diferencial Estático post procesado tomando como base una Estación de Rastreo Permanente. Esta red de apoyo será materializado a ambos lados del cauce del río. Esta actividad lo ejecutará el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a través de un convenio con la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

#### **b) Topografía de la llanura de inundación**

La topografía comprendió la sección del cauce y la franja de inundación, con curvas de nivel cada 1 metro y amarrado a la red geodésica instalado por el IGN. Esta actividad se ejecutó en coordinación con instituciones del Gobierno Regional y con la Administración Local de Agua.

#### **c) Zonificación del cauce**

Consistió en dividir al río en 4 zonas, con la finalidad de levantar la información de campo necesario para definir los parámetros hidráulicos de cada tramo o zona. La zonificación o sectorización tomó como criterio las estructuras importantes de cruce o hidráulicas como puentes, bocatomas, etc.

En esta actividad se levantó las dimensiones de estas estructuras que permitieron una simulación hidráulica influenciado por los puentes y bocatomas.

#### **d) Identificación de tramos de riesgo por inundación**

La evaluación de las zonas críticas de erosión y desbordes de inundación, comprendieron desde la central hidroeléctrica de Carhuaquero hasta el mar y se tomará en cuenta los niveles de riesgos. La evaluación contemplará la influencia directa e indirecta de los posibles daños.

#### **Actividades de gabinete**

Algunas actividades de gabinete se desarrollaron en paralelo con las de campo y otras tomaron estos datos de campo como insumo para poder plantear el tratamiento integral del cauce del río. En esta fase se realizó lo siguiente.

#### **a) Estudio hidrológico**

La determinación del caudal de diseño o caudal máximo consideró una recurrencia de 50 años y tomó como base el estudio hidrológico elaborado por el PEOT.

En el lugar denominado bocatoma Raca Rumi, se realizó una estimación del caudal tomando como datos un registro de caudales máximos instantáneos y empleando un modelo probabilístico que considere una bondad de ajuste aceptable.

En el punto denominado puente Reque se determinó el caudal (tramo bocatoma Raca Rumi - puente Eten) partiendo de un registro de datos de precipitación máxima para 24 horas de un grupo de estaciones pluviométricas. Para ello se aplicó el modelo *precipitación escorrentía* sobre la plataforma del programa *HEC-HMS*.

#### **b) Simulación hidráulica del río**

La simulación hidráulica del río se realizó en régimen mixto con un caudal permanente o flujo gradualmente variado, tomando en cuenta parámetros calculados y las características de la cuenca.

Se empleó el programa HEC RAS sobre la plataforma del sistema de información

geográfica (SIG), haciendo uso del programa Arc Gis 9.2.

**c) Propuesta de obras estructurales y no estructurales para el acondicionamiento y restauración de cauces y riberas**

Consistió en formular las medidas estructurales y no estructurales que formaran parte del programa de defensas ribereñas y control de inundaciones.

**d) Elaboración de mapas temáticos**

La presentación de los resultados fueron procesados en dos formatos: en hojas de cálculos (Excel) y en un sistema de información geográfica (mapas temáticos).

## **IMPACTOS AMBIENTALES**

La ejecución de obras de defensa ribereña y control de inundaciones del tipo estructural genera un impacto positivo en el medio ambiente, permite delimitar el ancho estable del río, la faja marginal y recuperar áreas. Estas áreas recuperadas pueden ser incorporadas a la agricultura o ser considerados zonas intangibles con fines de forestación o reforestación.

Estas áreas además, permitirán el incremento de la biodiversidad y convertirse en refugio de mamíferos como "ratón" (*Pyllotis* sp.), "rata" (*Rattus rattus*), "zorro" (*Lycalopex sechurae*) de la costa, "la vizcacha" (*Lagidium peruvianum*), "ardilla de nuca blanca" (*Sciurus stramineus*).; aves como " huerequeque", "pavi aliblanca", "perdiz" (*Nothoprocta* sp.), "gorrión peruano" (*Zonotrichia capensis*), "putilla" (*Pyrocephalus rubinus*), "gallinazos" (negro y el camaronero), el "quebrantahuesos" o caracara (*Polyborus plancus*), la "chiroca" (*Icterus graceanae*), "chilalo" u "hornero" (*Furnarius Leucopus*); reptiles como "lagartija y salamaquejas" (*Tropidurus* spp.), "saltojo" (*Phyllodactylus* sp.), iguana y el pacaso, boa (*Boa constrictor*), "macanche" (*Bothrops barnetti*), "coralillos" (*Micrurus* spp.) y peces de río como "charcoca" (*Lebiasina bimaculata*), "life" (*Trichoamycterus* sp.) y "lisa" (*Mugil* sp.).

Un tratamiento integral del cauce del río Chancay Lambayeque, permitiría proteger de las inundaciones y erosiones a 3,598 Ha de predios agrícolas y recuperar 706 Ha con fines de reforestación, a través de programas a corto y mediano plazo. Lograr la reforestación de estas áreas, aportaría al medio ambiente la captura de 2,400 Tn/añoCo<sub>2</sub>; así como la liberación de 320 millones m<sup>3</sup> de oxígeno.

La ejecución de las obras debe contemplar un mínimo de desbroce de especies arbustivas y arbóreas; en caso de darse en grandes cantidades, podría darse un impacto negativo, en el sentido que estas áreas son refugios de diferentes especies animales.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Con el apoyo del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se han instalado 105 puntos geodésicos de Orden "C", a ambos márgenes del río Chicama, en el sistema WGS 84. Estos hitos permitirán que los levantamientos topográficos que se realicen en el futuro amarrados a esta red geodésica.

Los caudales empleados para la simulación hidráulica del río, corresponden a los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años, calculados con información de caudales de la estación de Raca Rumi y precipitación máxima para 24 horas de varias estaciones.

La estimación de los parámetros hidráulicos y geomorfológicos, ha tenido como fuente a estudios anteriores relacionados con el tema; así como, a información levantada en campo, tanto por el personal profesional de la Autoridad Nacional del Agua como de la Junta de Usuarios.

La ejecución progresiva de las obras planteadas, permitirá proteger directamente 4,304 Ha en total y 3,598 Ha de predios agrícolas, e indirectamente entre 25 a 30% del área total de riesgo, con la protección de bocatomas y canales. Además, de infraestructura vial y centros poblados.

## **Recomendaciones**

Al contar con un estudio de tratamiento integral de cauces, elaborado sobre el concepto hidráulico, conservación del medio ambiente y la participación de diferentes actores; traerá consigo que las autoridades, cuenten con una herramienta de gestión participativa al momento de priorizar proyectos de defensa ribereña.

Se recomienda a la Administración Local de Agua de Chancay Lambayeque que emita un documento haciendo de conocer a las instituciones la existencia de esta red y su intangibilidad. Asimismo, se recomienda a la Junta de Usuarios realizar mantenimiento por lo menos dos veces al año a fin de evitar su deterioro.

Se recomienda el empleo de estos caudales para el diseño de obras de defensas ribereñas, estructuras hidráulicas (bocatoma) y de cruce (puente); así como, los demás parámetros propuestos.

Para la ejecución de estas estructuras, se recomienda realizar los estudios de pre-inversión (perfil, pre-factibilidad y factibilidad), considerando los principios y criterios detallados en este Estudio.

# CAPITULO 1

## INTRODUCCION

### 1.1 Propósito

Contar con un documento de gestión del recurso hídrico en periodos de estiaje y en periodos de avenidas ordinarias y extraordinarias

Este documento será de utilidad al Consejo de Cuenca para planificar concertar y coordinar el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.

### 1.2 Objetivos

- ✓ Definir el ancho estable del río que facilite el drenaje del caudal de avenidas ordinarias, corrigiendo los tramos trezados, estrangulamiento y ensanchamiento del cauce.
- ✓ Identificar puntos críticos de desborde por avenidas extraordinarias que requieran un tratamiento especial.
- ✓ Determinar la llanura de inundación en régimen permanente.
- ✓ Proponer medidas estructurales y no estructurales para el plan de tratamiento y defensas ribereñas del río Chancay Lambayeque.

### 1.3 Alcances del estudio

El estudio de tratamiento del río Chancay Lambayeque comprende el tramo regulado (regulado por el represamiento Tinajones), que va desde la desembocadura en el mar hasta la bocatoma Raca Rumi y el tramo no regulado comprendido desde la bocatoma Raca Rumi al puente San Carlos (La Ramada Alta); aproximadamente 80 kilómetros.

Con fines de estudio el tramo del río en mención fue sectorizado en cuatro zonas: (1) puente San Carlos (La Ramada Alta) hasta la bocatoma Raca Rumi, (2) bocatoma Raca Rumi hasta el partidor La Puntilla, (3) partidor La

Puntilla hasta la bocatoma Monsefú-Reque y (4) bocatoma Monsefú-Reque hasta la desembocadura en el mar.

#### **1.4 Antecedentes**

La agricultura en Lambayeque es uno de los más antiguos en el Perú. Los Mochicas se dedicaron a la siembra intensiva que data desde los siglos 3º - 13º D.C., testigos son los restos de canales sin revestir y canales de riego de mampostería. (Schleiff, 1999).

La región Lambayeque es susceptible a riesgos por fenómenos de inundación ya sea por precipitación o desborde de las avenidas ordinarias y extraordinarias (Fenómenos del Niño). Por lo que en el año 2006, la Junta de Usuarios en convenio con la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay Lambayeque y el proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT) ejecutaron un diagnóstico del cauce del río Chancay Lambayeque, con la finalidad de tomar medidas de defensa ribereña para proteger la infraestructura vial, hidráulica, centros poblados y áreas de cultivos.

Posteriormente en el año 2008-2009, el PEOT elabora un plan de prevención y mitigación del río Chancay Lambayeque, que permita coordinar e integrar acciones y obras orientadas al control de inundaciones en el cauce del río.

En el año 2009, la Autoridad Nacional del Agua, elabora un manual para la formulación del inventario de las obras de control de inundaciones y defensas ribereñas, a fin de que las Administraciones Locales de Agua (ALA) autoricen las ejecuciones de las obras teniendo en cuenta las obras anteriores, bajo el concepto de integralidad y restauración de márgenes en los cauces, rigiéndose en todos los casos por el concepto de ancho estable y pendiente de equilibrio.

#### **1.5 Problemática**

En el norte del país, se nota una estrecha relación entre el Fenómeno El Niño, las precipitaciones extremas y las inundaciones, sin embargo no siempre pueden ser atribuidas a este Fenómeno, sino a procesos naturales meteorológicos o acciones antrópicas.

En el cauce del río Chancay Lambayeque, las inundaciones catastróficas son ocasionadas por el desbordamiento de una avenida ordinaria o extraordinaria con gran capacidad para erosionar o sedimentar. En este proceso de inundación ocurren pérdidas de cultivos, disminución de tierras de cultivo, deterioro de infraestructura vial, hidráulica y centros poblados; amenazando la vida de los pobladores.

Los fenómenos El Niño de los años 1925, 1982-1983 y 1997-1998, han ocasionados pérdidas cuantiosas. En el año de 1925 las pérdidas por daños sumaron 400,000.00 Libras Esterlinas. En 1983, los daños valorizaron US\$ 36'244,356 y en el año de 1997-98 las pérdidas fueron US\$ 87'389,725; con una mayor incidencia en el sector agricultura (fuente: Plan de Desarrollo Departamental Concertado de Lambayeque).

## **1.6 Metodología del estudio**

### **1.6.1 Actividades previas**

Contempló la revisión y análisis de estudios anteriores, que sirvieron como insumo para el Programa integral sobre defensas ribereñas y control de inundaciones del río Chancay Lambayeque, considerando experiencias de otras cuencas o de la misma cuenca en estudio. Esta actividad consideró además la revisión de la normatividad peruana y los planes de desarrollo local y regional.

### **1.6.2 Actividades de campo**

Esta actividad está referida al levantamiento de información en campo que sirvieron de insumo para elaborar el programa integral de defensas ribereñas y control de inundación del río Chancay Lambayeque. Los trabajos de campo incluyeron actividades, tales como se detallan.

#### **a) Bench Mark (BM).**

Se refiere a la instalación de una red de puntos geodésicos de orden "C" en el sistema WGS 84, empleando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Método Diferencial Estático post procesado tomando

como base una Estación de Rastreo Permanente. Esta red de apoyo será materializado a ambos lados del cauce del río.

Esta actividad lo ejecutará el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a través de un convenio con la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

**b) Topografía de la llanura de inundación**

La topografía comprendió la sección del cauce y la franja de inundación, con curvas de nivel cada 1 metro y amarrado a la red geodésica instalado por el IGN. Esta actividad se ejecutó en coordinación con instituciones del Gobierno Regional y con la Administración Local de Agua.

**c) Zonificación del cauce**

Consistió en dividir al río en 4 zonas, con la finalidad de levantar la información de campo necesario para definir los parámetros hidráulicos de cada tramo o zona. La zonificación o sectorización tomó como criterio las estructuras importantes de cruce o hidráulicas como puentes, bocatomas, etc.

En esta actividad se levantó las dimensiones de estas estructuras que permitieron una simulación hidráulica influenciado por los puentes y bocatomas.

**d) Identificación de tramos de riesgo por inundación**

La evaluación de las zonas críticas de erosión y desbordes de inundación, comprendieron desde la central hidroeléctrica de Carhuaquero hasta el mar y se tomará en cuenta los niveles de riesgos. La evaluación contemplará la influencia directa e indirecta de los posibles daños.

**1.6.3 Actividades de gabinete**

Algunas actividades de gabinete se desarrollaron en paralelo con las de campo y otras tomaron estos datos de campo como insumo para poder plantear el tratamiento integral del cauce del río. En esta fase se realizó lo siguiente.

#### **a) Estudio hidrológico**

La determinación del caudal de diseño o caudal máximo consideró una recurrencia de 50 años y tomó como base el estudio hidrológico elaborado por el PEOT.

En el lugar denominado bocatoma Raca Rumi, se realizó una estimación del caudal tomando como datos un registro de caudales máximos instantáneos y empleando un modelo probabilístico que considere una bondad de ajuste aceptable.

En el punto denominado puente Reque se determinó el caudal (tramo bocatoma Raca Rumi - puente Eten) partiendo de un registro de datos de precipitación máxima para 24 horas de un grupo de estaciones pluviométricas. Para ello se aplicó el modelo *precipitación escorrentía* sobre la plataforma del programa *HEC-HMS*.

#### **b) Simulación hidráulica del río**

La simulación hidráulica del río se realizó en régimen mixto con un caudal permanente o flujo gradualmente variado, tomando en cuenta parámetros calculados y las características de la cuenca.

Se empleó el programa HEC RAS sobre la plataforma del sistema de información geográfica (SIG), haciendo uso del programa Arc Gis 9.2.

#### **c) Propuesta de obras estructurales y no estructurales para el acondicionamiento y restauración de cauces y riberas**

Consistió en formular las medidas estructurales y no estructurales que formaran parte del programa de defensas ribereñas y control de inundaciones.

#### **d) Elaboración de mapas temáticos**

La presentación de los resultados fueron procesados en dos formatos: en hojas de cálculos (Excel) y en un sistema de información geográfica (mapas temáticos).

## **CAPITULO 2**

### **INFORMACION BASICA DE LA CUENCA**

#### **2.1 Generalidades**

##### **2.1.1 Ubicación**

El río Chancay Lambayeque tiene su nacimiento en la laguna Mishacocha entre los cerros Coymolache y Los Callejones, a una elevación de 3800 m.s.n.m.

Políticamente la cuenca hidrográfica del río Chancay Lambayeque, se ubica en la parte norte del Perú y abarca parte de los departamentos de Lambayeque y Cajamarca; forma parte de la vertiente del Pacífico, es decir se sitúa a la ladera occidental de la cordillera de los Andes del Norte que forma la divisoria continental. (MINAG-Portal Agrario, 2010).

Geográficamente, se encuentra entre los 6° 20' y 6° 56' de Latitud Sur, y 78° 38' y 80° 00' de longitud Oeste. (Wikipedia, 2010).

La cuenca hidrográfica limita al norte con la cuenca del río La Leche, por el sur con la cuenca del río Jequetepeque-Saña, por el este con la cuenca del río Chotano y por el oeste con el Océano Pacífico, (ver mapa 01).

##### **2.1.2 Centros urbanos**

En el cuadro N° 01, se detalla los centros urbanos (capitales de distrito), ubicados dentro de la cuenca del río Chancay Lambayeque, (ver mapa 01).

Cuadro 1. Capitales de distritos en la cuenca del río Chancay Lambayeque

Departamento	Provincia	Distrito	Población	Latitud	Longitud	Altitud
Lambayeque	Chiclayo	Chiclayo	260,948	06°46'25"	79°50'23"	34
		Chongoyape	17,540	06°38'34"	79°23'03"	216
		Etén	10,673	06°54'26"	79°51'52"	6
		José Leonardo Ortiz	161,717	06°45'33"	79°50'27"	31
		La Victoria	77,699	06°47'18"	79°50'12"	28
		Monsefú	30,123	06°52'43"	79°52'17"	13
		Patapo	20,876	06°44'19"	79°38'26"	88
		Pimentel	32,346	06°50'13"	79°56'10"	9
		Pomalca	23,092	06°46'00"	79°46'22"	48
		Pucalá	9,272	06°46'48"	79°36'44"	88
		Reque	12,606	06°51'52"	79°49'05"	24
		Santa Rosa	10,965	06°52'48"	79°55'23"	4
	Tuman					
	Ferreñafe	Ferreñafe	32,665	06°38'22"	79°47'28"	42
	Lambayeque	Lambayeque	63,386	06°42'02"	79°54'26"	20
Mochumi		18,043	06°32'48"	79°51'53"	39	
San José		12,078	06°46'13"	79°58'07"	10	
Túcume		20,814	06°30'35"	79°51'34"	45	
Cajamarca	Chota	Huambos	9,498	06°27'08"	78°57'50"	2273
		Llama	8,102	06°30'52"	79°07'11"	2096
		San Juan de Licupis	1,101	06°25'28"	79°14'29"	3012
		Hualgayoc	Chugur	3,553	06°40'16"	78°44'23"
	San Miguel	Catilluc	3,369	06°47'58"	78°47'26"	2793
		Tongod	4,385	06°45'47"	78°49'25"	2683
	Santa Cruz	Andabamba	1,752	06°39'46"	78°49'10"	2538
		Catache	9,557	06°40'31"	79°01'57"	1343
		Chancaybaños	3,923	06°34'35"	78°52'05"	1603
		La Esperanza	2,889	06°35'35"	78°53'42"	1713
		Ninabamba	3,021	06°38'59"	78°47'22"	2159
		Pulan	4,881	06°44'23"	78°55'23"	2137
		Santa Cruz	10,198	06°37'36"	78°56'47"	2034
		Saucepampa	2,031	06°41'34"	78°55'06"	1881
	Sexi	515	06°33'49"	79°03'05"	2475	
Uticyacu	1,664	06°36'23"	78°47'50"	2283		

Fuente: INEI, Censo 2007

### **2.1.3 Vías de comunicación**

La principal vía de acceso es la Panamericana Norte, cruza el río Chancay Lambayeque (río Reque) a través del puente Reque. Permite unir los distritos de Reque, Chiclayo, La Victoria, José L. Ortiz, Lambayeque y el resto del Norte del país.

Otra vía de acceso importante es la carretera de penetración que va hacia el departamento de Cajamarca (Cutervo y Chota), con un tramo asfaltado hasta el distrito de Chongoyape (Lambayeque), luego continúa con material afirmado. Esta vía une los distritos de Pomalca, Tuman, Patapo y Chongoyape.

Existe además una carretera asfaltada de penetración que une los distritos de Etén y Monsefú, cruza el río Chancay Lambayeque a través del Puente Etén, en la parte baja del valle.

Además de carreteras secundarias y trochas carrozables que sirven para unir los diferentes sectores y centros poblados de la cuenca.

## **2.2 Características fisiográficas**

### **2.2.1 Área de la cuenca**

La Cuenca tiene una extensión de 5,702 km<sup>2</sup>, de los cuales, 5,309 km<sup>2</sup> corresponden a la cuenca propia y 391 km<sup>2</sup> corresponden a la cuenca del río Chotano y 2 km<sup>2</sup> a la cuenca del río Conchano (PEOT, 2009)<sup>1</sup>.

### **2.2.2 Perímetro de la cuenca**

El perímetro de la cuenca es 499.3 Km.

---

<sup>1</sup> Mediante Resolución Jefatural N° 188-2010-ANA, del 03 de marzo del año 2010, se crea la Administración Local de Agua de Chotano-Llaucano, con un área de 7,960.57 km<sup>2</sup>.

### **2.2.3 Pendiente predominante del cauce**

La pendiente predominante del eje del cauce desde la parte alta de la cuenca hasta la bocatoma Raca Rumi es 3.2%. En la parte media considerando hasta el partidor La Puntilla, la pendiente predominante es 0.61% y en la parte baja considerando hasta la desembocadura en el mar es 0.23% (Manual del inventario Chancay Lambayeque, 2009).

## **2.3 Características climatológicas**

### **2.3.1 Precipitación**

Las precipitaciones totales anuales mínimas alcanzan los 23 mm en la parte baja del valle. Los valores máximos alcanzan 1,069 mm en Quilcate a 3,050 m.s.n.m. (MINAG-Portal Agrario, 2010).

Según el mapa de isoyetas elaborados por Electroperú (OSINERG), se observa la curva de isoyeta de 50 mm en el tramo de la cuenca que va del mar hasta la bocatoma Monsefu-Eten. En el siguiente tramo que va hasta el reservorio Tinajones se observa la curva de isoyeta de 100 mm. Hasta la bocatoma Raca Rumi se aprecia la curva de isoyeta de 250 mm y en la parte alta de la cuenca se tiene isoyetas hasta 1250 mm (ver mapa de isoyetas).

Durante los fenómenos El Niño de los periodos 1982-1983 y 1997-1998, se han registrado precipitaciones anuales en la estación de Tinajones de 728 y 1549.5 mm respectivamente.

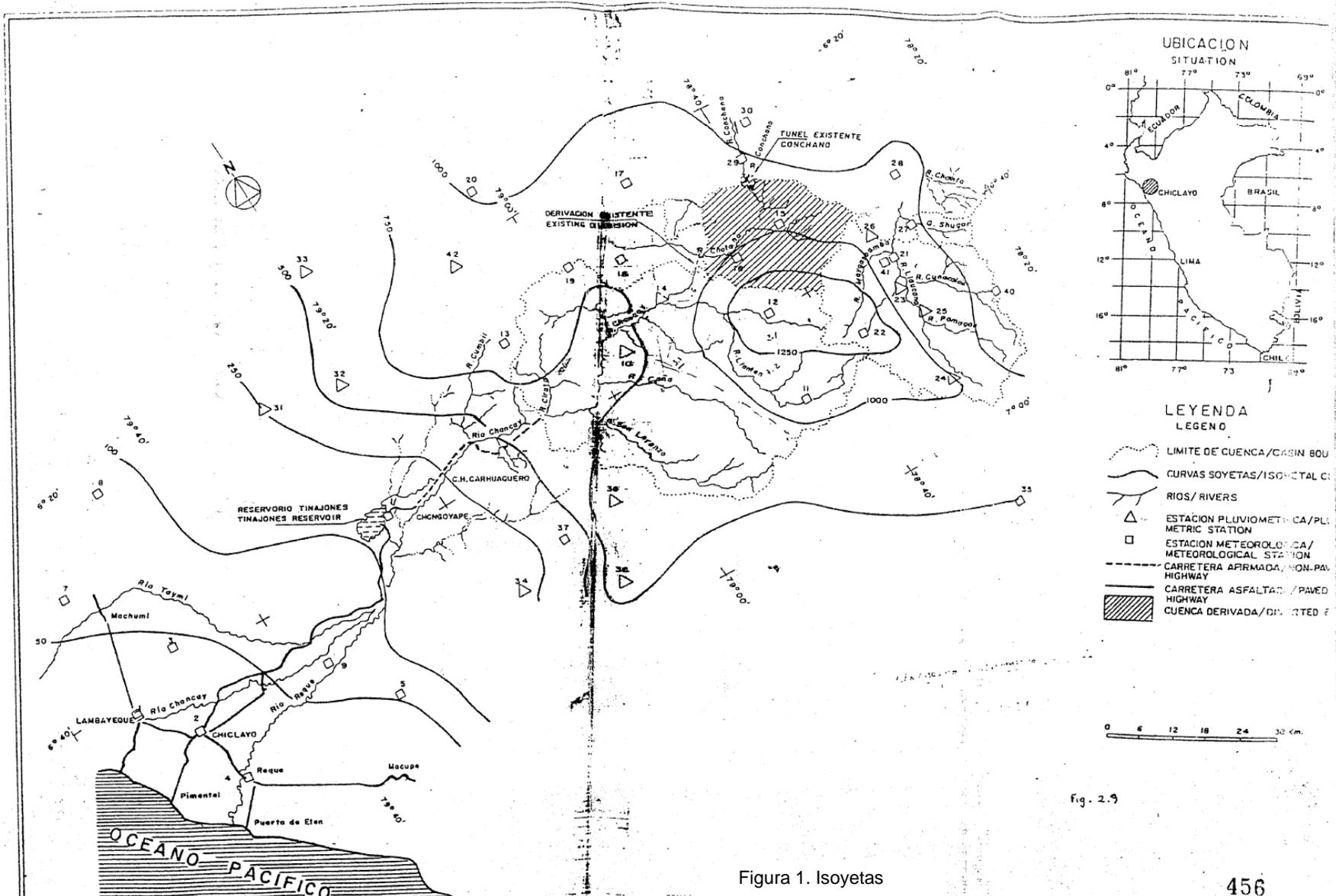


Figura 1. Isoyetas

### **2.3.2 Temperatura**

Las temperaturas medias anuales en la cuenca Chancay Lambayeque van de 21 °C en la zona baja del valle a 23 °C en Tinajones y en Bambamarca la temperatura media anual es 14.6 °C (2500 m.s.n.m.). Las temperaturas extremas alcanzan los 35 °C y 10.5 °C como máxima y mínima respectivamente (Garcés-Guerra, 1999).

En función a la temperatura y la evaporación y las condiciones de precipitación, el clima en la costa es árido por el tipo desértico y la poca vegetación. La transición de la costa a los Andes Occidentales (confluencia del río Cumbil en el río Chancay) el clima es semi-desértico con precipitaciones irregulares. En los niveles más elevados el clima es húmedo y presentan bosques de matorrales.

### **2.3.3 Humedad Relativa**

Lambayeque tiene un promedio anual de 82%. Los meses de noviembre hasta abril son los más secos con 78 a 80%. El promedio anual más bajo de humedad relativa lo tiene Tinajones con aproximadamente 67%. En la parte media de la cuenca aumenta poco al principio (Santa Cruz 68%) y alcanza en el valle de los ríos Chotano y Llaucano (Cochabamba y Bambamarca) valores entre 70 y 80%. Una humedad relativa aún mayor que en la Costa debe esperarse en los bosques nebulosos, no precisándose valores por la falta de mediciones. Con excepción de la zona costera hasta más allá de Tinajones, el mínimo de humedad relativa del aire se produce en general entre los meses de agosto y septiembre con valores entre 61 y 66%. El máximo entre los meses de febrero hasta abril, con valores entre 75 y 85%. (MINAG-Portal Agrario, 2010).

## **2.4 Características geológicas**

Según el mapa geológico del Perú, elaborado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en la parte alta de la cuenca hay una fuerte presencia del Grupo Pullulcana (Km-p), depósitos Volcánicos de

Huambo (Ts-vh), depósitos Volcánicos de Llama (Ti-vII) y con menos presencia la unidad estratigráfica de la Familia Chúlec (Km-ch).

En la parte media de la cuenca predominan las unidades estratigráficas: Volcánico de Oyotún (J-vc), Volcánico de Llama (Ti-vII) y Familia Pariatambo; en menor proporción están los depósitos fluviales, eólicos y fluviales (Qr-fl, Qr-e, Qr-al); Grupo Goyllariaquizga (Ki-g), Familias Incas y Chúlec (Km-ich). Así, como rocas intrusivas Tonalita (KTi-tc) y pórfido cuarcífero.

En la parte baja de la cuenca predominan los depósitos fluviales, eólicos y aluviales (Qr-fl, Qr-e, Qr-al); así, como rocas intrusivas en menor cantidad (KTi).

## **2.5 Red de drenaje y otros sistemas hídricos**

Desde sus nacientes hasta su desembocadura en el mar, su longitud es de 170 km (Garcés-Guerra, 1999) y recorre de este a oeste. Adopta los nombres de Chicos y Llantén, toma el nombre de Chancay-Lambayeque desde su confluencia con el río San Juan hasta el partidor La Puntilla. Luego, el río se divide en tres cursos: Canal Taymi (al norte), río Reque (al sur), y entre ambos el río Lambayeque; de los cuales el río Reque desemboca en el mar al norte del Puerto de Eten. El Lambayeque y el Taymi no llegan al mar, ya que son utilizadas para el riego, hasta su agotamiento (MINAG-Portal Agrario, 2010).

En la parte alta de la cuenca el río Chancay Lambayeque recibe aportes de los ríos El Choro/Las Nieves, San Juan, Chilal, San Lorenzo y Cañad. En la parte media recibe el aporte es de los ríos Cirato y Maichil (Cumbil), y de las quebradas Maguín, Montería y Juana Ríos. En la parte baja de la cuenca existen quebradas secas durante todo el año, pudiendo aportar caudales en eventos extremos como el fenómeno El Niño.

A partir de 1956, la cuenca Chancay Lambayeque está formado también por la derivación del río Chotano y, a partir de 1983 por el río Conchano, cuyas aguas son trasvasados mediante estructuras de captación canales y túneles

(OSINERG).

## 2.6 Infraestructura hidráulica y de cruce

### 2.6.1 Infraestructura hidráulica

- a. **Túnel Conchano.** Tiene una longitud de 4,213 m y un diámetro de 2.5 m, con una capacidad de conducción de 13 m<sup>3</sup>/s., la captación de agua se encuentra a 2,375 m.s.n.m. y la salida del túnel a 2,367 m.s.n.m. El área de influencia es de 2 km<sup>2</sup>.
- b. **Túnel Chotano.** La captación de agua se ubica a 2,030 m.s.n.m. y su área de influencia es de 390 km<sup>2</sup>. La derivación es a través de dos túneles de una longitud de 397 y 150 m, y un túnel principal de 4,766 m de largo; así como de dos tramos de canales de 310 m y 374 m de largo entre túneles. El túnel tiene forma de herradura con una capacidad de 31.5 m<sup>3</sup>/s y una sección de 9.7 m<sup>2</sup>.
- c. **Reservorio Tinajones.** Tiene una capacidad de 317 millones de m<sup>3</sup>, a un nivel máximo de embalse de 212.5 m.s.n.m. Está formado por un dique principal de 2,382 m de largo y 34 m de alto y un canal de conducción de 16 km de largo con una capacidad de 70 m<sup>3</sup>/s que alimenta el reservorio con agua del río Chancay Lambayeque.
- d. **Bocatoma Raca Rumi.** Se encuentra a 283 m.s.n.m., con capacidad de derivar 75 m<sup>3</sup>/s. Cuenta con dos compuertas de captación, con un ancho de 10.52 m y un altura de 6 m; tres compuertas de río con un ancho de 5 m y una altura de 6 m y un vertedero fijo de 148 m de largo y 4.8 m de alto.
- e. **Canal de descarga.** La derivación se realiza por un túnel de 372 m de largo, tiene una sección circular de 4.2 m de diámetro, a la salida se encuentra una compuerta radial accionada hidráulicamente. Luego continúa con un canal de descarga de 4 km de largo con una capacidad de conducción de 70 m<sup>3</sup>/s.

- f. **Partidor La Puntilla.** Permite el riego de los sectores Lambayeque Taymi y Cachiche, aproximadamente el 82% del área total de riego. La bocatoma La Puntilla se encuentra 123 m.s.n.m. y tiene 7 compuertas de captación de 2.64 m de ancho y 1.82 m de alto; dos compuertas de río de 4.9 m de ancho y 4.08 m de alto; dos compuertas de río de 4.9 m de ancho y 5.6 m de alto y una presa fija de 113.2 m de largo.
- g. **Bocatoma Monsefú Eten.** Hacia la margen izquierda del río Reque (Chancay Lambayeque), sirve para derivar un caudal para el canal Reque y para la margen derecha sirve para derivar las aguas al canal Monsefú.

### 2.6.2 Infraestructura de cruce en el tramo de estudio

- a. **Puente San Carlos.** Se encuentra ubicado en el sector La Ramada Alta, distrito de Llama, provincia de Chota y departamento de Cajamarca. Las coordenadas son 691168 (E) y 9268438 (N). Es del tipo colgante peatonal con una longitud de 80 m y 2.10 m de ancho.
- b. **Puente Tablazos.** Se encuentra ubicado en el sector Tablazos, distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque. Las coordenadas son 671578 (E) y 9260206 (N). El material es concreto y se encuentra en mal estado; tiene una longitud de 135 m y 4.00 m de ancho. La losa del puente tiene un espesor de 2 m, apoyado sobre 8 pilares de 2 m de diámetro.
- c. **Puente Saltur o Hércules.** Se encuentra ubicado en el distrito de Tuman, provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque. Las coordenadas son 646719 (E) y 9247039 (N). Es del tipo Bayle, permite el tránsito vehículos y personas; tiene una longitud de 45 m y 4.30 m de ancho. La plataforma del puente tiene un espesor de 07 m.
- d. **Puente Reque.** Se encuentra ubicado en el sector Callanca, distrito de Reque y Monsefú, provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque. Las coordenadas son 629697 (E) y 9242271 (N). El material es concreto y permite la conexión con la Panamericana Norte; tiene una longitud de

150 m y 10.00 m de ancho. La losa del puente tiene un espesor de 1 m y se encuentre apoyado sobre 2 pilares de 3 m de espesor.

- e. **Puente Eten.** Se encuentra ubicado en el, distrito de Eten y Monsefú, provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque. Las coordenadas son 625175 (E) y 9237143 (N). El material es concreto y permite la conexión de los distritos de Eten y Monsefú; tiene una longitud de 152 m y 10.00 m de ancho. La losa del puente tiene un espesor de 3 m y se encuentre apoyado sobre 2 pilares de 2 m de diámetro.

## **2.7 Cobertura vegetal y uso actual**

En la parte alta de la cuenca hay presencia de cultivos de pan llevar, pastos naturales (pajonal), pequeños bosques de eucaliptos y especies nativas; así, como la presencia de matorrales y bosque húmedo de montaña (Bhm). Entiéndase como cuenca alta, a la zona que va desde la curva 1500 m s.n.m. hasta los orígenes de las vertientes del río Chancay, donde se encuentran extensas planicies, cubiertas de gramíneas, pasto natural llamado ichu.

La cuenca media va desde el caserío Cumbil hasta las inmediaciones de Catache (aproximadamente 1500 m s.n.m.), donde predominan los matorrales y en menor proporción bosque seco de montaña (Bsm). En las localidades de Llama y San Juan de Licupis, se aprecia áreas pequeñas de bosque húmedo de montañas (Bhm) y pajonale. En esta parte de la cuenca también se aprecia cultivos agrícolas.

La zona de la cuenca baja corresponde al valle con pendientes bajas de 0,1% a 2%, donde predominan cultivos agrícolas (Cua) e industriales, también se puede apreciar matorrales en menores cantidades. Entre las áreas agrícolas y los matorrales se aprecia una considerable área de planicies costeras y estribaciones andinas sin vegetación (PI ce Sv), las que se ubican también al Sur de Pucalá y la Nor Oeste de la cuenca. Asimismo, al Sur de Mórrope se encuentra un área de bosque seco tipo sabana (Bssa) caracterizado por árboles bajos y dispersos sobre planicies eólicas, planas y onduladas.

## **2.8 Características socio-económico**

Según el censo 2007 (INEI, 2010), el departamento de Lambayeque tiene una población de 1'112,868 habitantes, de los cuales el 79% están asentadas en zonas urbanas (885,234 habitantes) y el 21% en zonas rurales.

El sector de la población que no cuenta con algún nivel educativo corresponde al 7.2%, mientras que el 29.4%, tiene estudios superiores. Otros niveles de educación corresponde a: inicial 0.1%, primaria 25.4% y secundaria 29.4%, según el censo 2007 (INEI, 2010).

La población que accede a un seguro de salud representa el 45.3% de la población total (504,232 habitantes); de este grupo el 43.9% corresponde al sexo masculino y el 46.7 al sexo femenino. El Seguro Integral de Salud (SIS) representa un 21.3%, mientras que ESSALUD abarca el 18.4 %.

La Población en Edad de Trabajar (PET) es aquella que está potencialmente disponible para desarrollar actividades productivas, se considera a la población de 14 y más años de edad (Organización Internacional de Trabajo). En el departamento de Lambayeque la PET alcanza el 71.7% de la población total. El grupo de edad de 14 a 29 años abarca el 40.9%, el grupo de 30 a 59 años representa el mayor porcentaje mientras que el grupo de edad de 60 a más representa el 13.1%.

La Población Económicamente Activa (PEA), es aquella población de 14 y más años de edad que se encuentra participando en la actividad económica, ya sea teniendo un empleo o que se encuentra activamente buscando un empleo. Este grupo alcanza el 49.8% de la PET (396,996 habitantes). Siendo el grupo de hombres el que alcanza el mayor porcentaje con 67.8% frente a 32.2% de las mujeres. Tomando en cuenta el nivel de educación, tenemos que el grupo con educación alcanza el 34.5% y para el grupo de la PEA sin educación superior alcanza el 64.5%.

Del total de viviendas (268,235), el 98.2% son casas independientes, departamentos en edificios u otro tipo condiciones mínimas de viviendas

mientras que el 1.8% son viviendas improvisadas o no destinadas para habitación humana. Los materiales predominantes son el adobe o tapia y el ladrillo o bloque de cemento, que representan el 50 y 45% respectivamente, el resto son de material diverso como madera, quincha, estera, piedra con barro, otros.

En cuanto a los servicios de agua, tenemos que el 69.8% el abastecimiento es de la red pública ya sea dentro o fuera de la vivienda, mientras que el 30.2% se abastecen de camión cisterna, pozo, río, acequia, etc.

El 60.3% de las viviendas los servicios higiénicos están conectados a la red pública mientras que el 39.7% tienen pozo séptico, usan los cauces o no tienen.

El 76.1% de las viviendas tienen disponibilidad de alumbrado de la red pública mientras que 23.9% no dispone de energía eléctrica.

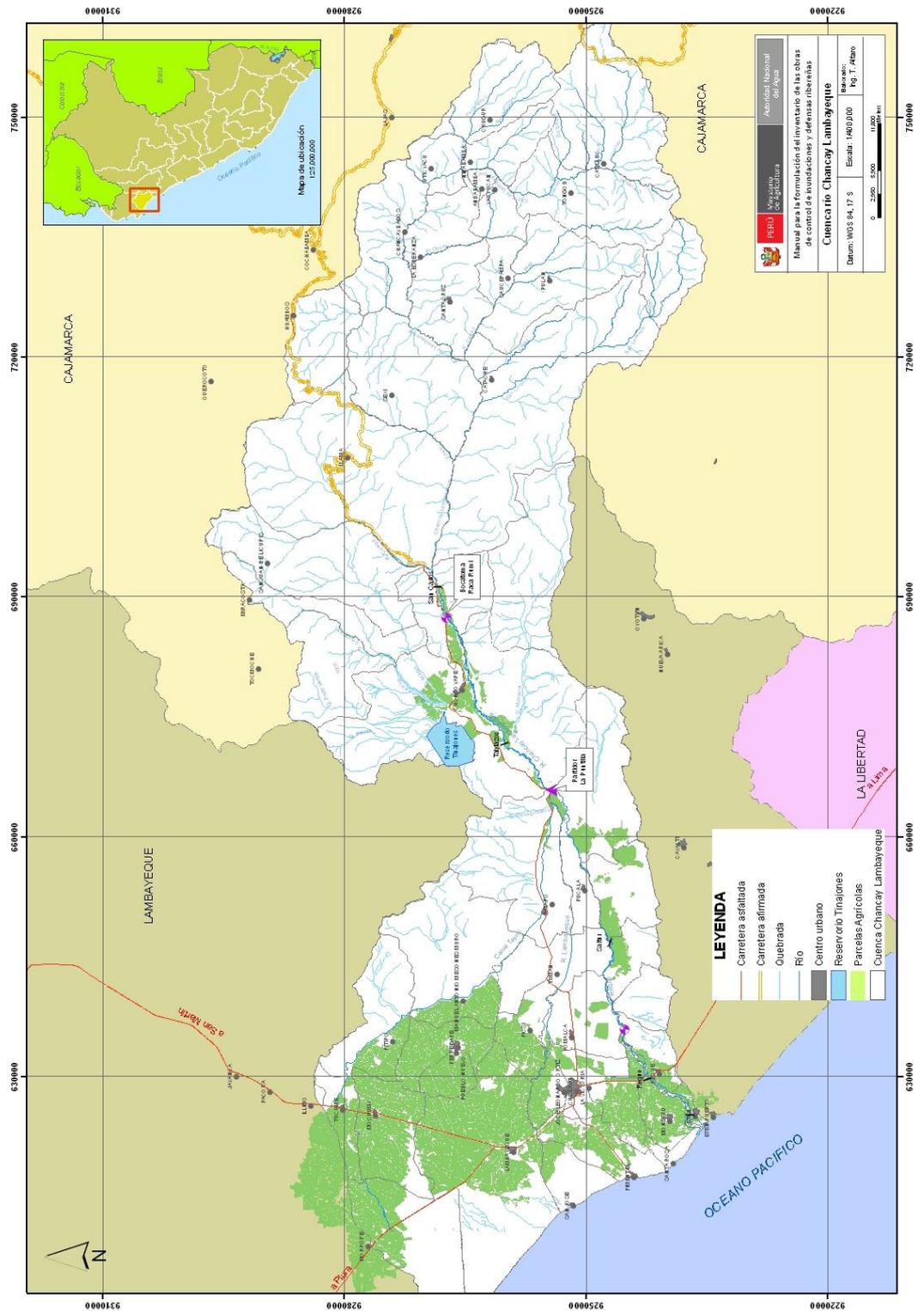


Figura 2. Ámbito de la cuenca Chancay Lambayeque

## CAPITULO 3

### RED DE APOYO GEODESICO

La instalación y monumentación de la Red Geodésica, fue realizado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a solicitud de la Dirección de Geodesia, a solicitud de la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales de la Autoridad Nacional de Agua.

El desarrollo de este capítulo, ha tomado como fuente la *Memoria Descriptiva N° 054 Río Chancay Lambayeque*.

#### 3.1 Establecimiento del Punto Geodésico

Los puntos geodésicos establecidos son del Orden "C" y suman en total 105 puntos, distribuidos a ambas márgenes del río Chancay Lambayeque; partiendo desde el litoral marítimo hasta el puente San Carlos, una distancia aproximada de 86 Km. La monumentación fue de concreto de 20 x 20 cm por lado, incluido en la parte central un fierro corrugado de 3/8".

#### 3.2 Procedimiento

El personal técnico del IGN, ha realizado coordinaciones con el personal profesional de la Autoridad Nacional del Agua, de la Administración Local de Agua de Chancay Lambayeque, Junta de Usuarios y PEOT, para el inicio de las actividades de campo y para la definición más apropiada de la ubicación de los puntos.

El personal de campo estuvo conformado por un Jefe de proyecto y cinco (5) brigadas, liderado por un Operador de Campo. El equipo empleado fueron: receptores GPS Trimble 4000 SSI, antena Trimble L1/L2 WGround Plane, cámaras, antena Zephir Geodetic, etc.

El registro de datos se realizó empleando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Método Diferencial Estático post procesado, en el sistema WGS 84, tomando como base La Estación de Rastreo Permanente de Chiclayo de Orden "0". El cálculo de la altura geoidal fue realizado empleando el Modelo Geoidal EGM96, como una aproximación matemática de la altura ortométrica.

### 3.3 Datos de los puntos de Orden "C"

En el cuadro 3.1, se describen los 105 puntos instalados a cada margen del río Chancay Lambayeque.

Cuadro 3.1. Puntos geodésicos

Nombre	Norte (Y)	Este (X)	Localidad	Observaciones
0001	9237133.928	624792.06	Chiclayo	El punto GPS 0001, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Reque al O aprox. a 900 m del puente Eten en el departamento Lambayeque.
0002	9237357.034	624959.054	Ciudad ETEN	El punto GPS 0002, se encuentra ubicado en una loma a la margen derecha del río Reque y al NO del puente ETEN, localizado en el distrito de ETEN, provincia de Chiclayo departamento Lambayeque.
0003	9237079.831	625192.485	ETEN	El punto GPS 0003, se encuentra ubicado al Sur Oeste del Puente Eten, lado izquierdo de la carretera, localizado en el distrito Eten, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0004	9237241.498	625174.093	Monsefu	El punto GPS 0004, se encuentra ubicado al Nor Este del puente Eten, lado izquierdo de la carretera, localizado en el distrito Monsefu, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0005	9237011.348	625655.85	Eten	El punto GPS 0005, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río reque al O a 1000 m aprox. del Puente Eten en una carrosable que conduce al mencionado Puente, en el departamento Lambayeque.
0006	9237000.066	625994.941	ETEN	El punto GPS "0006", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Reque, en camino carrozable a Villa Milagros a 20 Mts al Noroeste Planta de bombeo de agua potable, distrito de Eten provincia Chiclayo departamento de Lambayeque.
0007	9237553.363	625653.456	Espinal	El punto GPS 0007, se encuentra ubicado en la margen derecha del río reque Al O aprox. a 1500 m del puente Eten en el departamento Lambayeque.
0008	9237304.703	627314.821	CP. Villa El Milagro	El punto GPS "0008", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Reque, en una loma del terreno de cultivo fundo las guerras del propietario Victor Capuñay Zarpan Distrito Eten, Provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque
0009	9238555.663	627860.673	Eten	El punto GPS 0009, se encuentra ubicado en la parte superior de la Huaca Taco, localizado en el distrito Eten, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0010	9239779.476	628563.259	Miraflores	El punto GPS 0010, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Reque en la cima de la ruina huaca miraflores en el departamento Lambayeque.
0011	9241149.057	629111.549	Reque	El punto GPS 0011, se encuentra ubicado en la entrada de la toma de agua para Eten en la margen izquierda del Río, localizado en el distrito Reque, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque

0012	9241944.994	629500.435	Reque	El punto GPS 0012, se encuentra ubicado en la margen izquierda del rio reque a 1000 m Al O del puente Eten en una carrozable hacia dicho puente en el departamento de Lambayeque.
0013	9242122.555	629751.406	Reque	El punto GPS 0013, se encuentra ubicado al Sur Oeste del puente Reque en la margen izquierda del Rio, localizado en el distrito Eten, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0014	9242273.007	629698.424	Chiclayo	El punto GPS 0014, se encuentra ubicado en la margen derecha del rio Reque al S del puente Reque a unos 3 m aproximadamente en el departamento de Lambayeque.
0015	9242188.648	629957.286	Reque	El punto GPS 0015, se encuentra ubicado en un muro de contención a la margen derecha del rio Reque y al NO del puente Reque, localizado en el ,distrito de Reque, provincia de Chiclayo departamento Lambayeque.
0016	9242163.423	630 167.014	REQUE	El punto GPS "0016", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Reque,muro de contencion del terreno de cultivo del Propietario Juan Salome Caicedo distrito de Reque, Provincia Chiclayo departamento de Lambayeque.
0017	9244671.516	633511.495	Alican Chico	El punto GPS 0017, se encuentra ubicado en la margen derecha del rio Reque en la cima del cerro San Bartolo en el departamento Lambayeque.
0018	9245213.673	635819.867	Callanca	El punto GPS 0018, se encuentra ubicado en una elevacion de rocas, frente a la bocatoma Monsefu, localizado en el distrito Monsefu, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0019	9246590.42	637522.145	Pomalca	El punto GPS 0019, se encuentra ubicado en la margen dercha del Rio Reque, localizado en el anexo Cafeval, en el distrito Pomalca, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0020	9246719.948	637773.821	Ventarron	El punto GPS 0020, se encuentra ubicado en la margen derecha del río reque a 600 m al S del cerro Ventarron en el departamento Lambayeque.
0021	9246962.187	638854.568	Pomalca	El punto GPS 0021, se encuentra ubicado al S del pueblo Ventarron a uno 500 m aprox. en el distrito de pomalca, en el departamento de Lambayeque.
0022	9248111.658	637782.623	Ventarron	El punto GPS 0022, se encuentra ubicado en la cima del cerro Ventarron; localizado en el distrito distrito Pomalca, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0023	9252903.282	639061.822	Combo	El punto GPS 0023, se encuentra ubicado en el Cerro Combo cerca de los caserios Combo y San Jose en el distrito Pomalca a unos 500 m de la carretera hacia Chiclayo.
0024	9247037.733	643820.861	Rinconazo	El punto GPS 0024, se encuentra ubicado al lado de la carretera carrozable en la margen derecha del Rio localizado en el anexo Rinconazo, en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque.
0025	9247069.952	644135.606	Rinconazo	El punto GPS 0025, se encuentra ubicado en la margen derecha del rio reque al O aprox. 900 m del pueblo Rinconazo en el departamento Lambayeque.
0026	9247017.96	645888.307	Rinconazo	El punto GPS 0026, se encuentra ubicado en la margen derecha del rio Reque a 400 m de la entrada del pueblo Rinconazo, en el departamento Lambayeque.
0027	9246933.951	646622.013	Saltur	El punto GPS 0027, se encuentra ubicado en la rivera del cuartel de cañan a la margen derecha del rio Reque, al SE del puente Saltur, localizado en el distrito de Saltur, provincia de Chiclayo departamento Lambayeque
0028	9246879.768	646739.903	SALTUR	El punto GPS "0028", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay Lambayeque, localizado al borde de la carretera carrozable de la Empresa Azucarera Pucala Distrito de pucala Provincia de Chiclayo Departamento Lambayeque
0029	9247024.039	646698.438	Rinconazo	El punto GPS 0029, se encuentra ubicado en la margen derecha del rio Reque al SO aprox. a unos 10 m del puente Saltur en el departamento de lambayeque.
0030	9247029.25	646 766.914	PUCALA	El punto GPS "0069", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, en el centro de los

				puentes Hercules y el puente nuevo del distrito de pucala , provincia Chiclayo departamento Lambayeque.
0031	9247201.986	646779.699	Saltur	El punto GPS 0031, se encuentra ubicado en un muro de contención a la margen derecha del río Reque y al NE del puente Saltur, localizado en el ,distrito de Saltur, provincia de Chiclayo departamento Lamba- Yeque
0032	9249557.349	654217.204	PUCALA	El punto GPS "0032", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Reque, a 20 Mts Noreste del Recreo Campestre sector el algarrobo en el distrito de Pucala, Provincia Chiclayo departamento de Lambayeque
0033	9249224.467	653947.865	PUCALA	El punto GPS "0033", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, dentro terreno de Cultivo de la familia Zuoleta, distrito de Pucala provincia Chiclayo departamento Lambayeque
0034	9268380.354	690183.083	Caserio Shilimbo	El punto GPS "0045", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, frente a la casa de propiedad de la familia Infantes Idrogo, caserío Shilimbo a 75 metros al sur. del distrito Chongoyape provincia Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0035	9249629.233	654619.922	Pucala	El punto GPS 0035, se encuentra ubicado a 1km. De Pucala en la margen derecha del río Chancay, lo- calizado en el distrito de Pucala, provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque.
0036	9250585.811	656762.726	Cholocal	El punto GPS 0035, se encuentra ubicado en una roca al NE del pozo de agua de Cholocal a 60° localizado en el caserío de Cholocal,distrito de Pampa Grande, provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque
0037	9250468.583	657686.955	Cholocal	El punto GPS 0037, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Reque en el cerro cholocal a 40 m de la carretera a Pampa Grande en el distrito Pucala en el departamento de Lambayeque.
0038	9250746.306	657764.216	Cholocal	El punto GPS 0038, se encuentra ubicado en la falda del cerro El gato aprox. A 1 km. del caserío Cho- local, localizado en el caserío de Cholocal,distrito de Pampa Grande, provincia de Chiclayo departamen-
0039	9250693.05	659234.119	Huaca de Piedra	El punto GPS 0039, se encuentra ubicado en la cima del cerro Huaca de Piedra entre unas rocas, localizado en el anexo Huaca de Piedra en el distrito Tuman, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0040	9251829.428	659161.011	PUCALA	El punto "0040", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Reque, localizado Huerto de Propiedad Segundo Cieza Saucedo en una loma, sector vega San Enrique del distrito Pucala provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0041	9 252190.787	659416.697	PUCALA	El punto GPS "0041", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, dentro del terreno de cultivo de caña de azúcar sector campo San Enrique de la Empresa Pucala distrito de Pucala , provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0042	9252116.378	659543.843	San Roque	El punto GPS 0042, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, localizado en el distrito de patapo, provincia de Chiclayo departamento de la Lambayeque.
0043	9251361.071	661176.509	San Roque	El punto GPS 0043, se encuentra ubicado en el margen izquierdo del río reque en la carrosable hacia la Puntilla a 300 m del pueblo San roque en el departamento Lambayeque.
0044	9252634.717	660002.376	San Roque	El punto GPS 0044, se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, en la rivera del cuartel de caña , localizado en centro poblado ISan Roque, provincia de Chiclayo departamento de la Lamba- yeque.
0045	9252592.59	662439.065	Cuculi	El punto GPS 0045, se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, al SO de unas plantas de platano con un acimut de 260° , localizado distrito Cuculi, provincia de Chiclayo departamento de la

				Lambayeque.
0046	9254846.028	662081.207	La Cria	El punto GPS 0046, se encuentra ubicado a 70 m al S de la carretera a chongoyape en un cerro al SO de una casa a 100 m aprox. en el departamento Lambayeque.
0047	9254504.132	662815.87	Patapo	El punto GPS 0047 denominado "Antena", se encuentra ubicado en la cima de una Loma del cerro localizado en el anexo La Cria en el distrito Patapo, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0048	9252641.197	663812.308	Desaguadero	El punto GPS "0048", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, dentro terreno de Cultivo de la Vega Pirata en Muro de contencion en el CP. Desaguadero distrito Chongoyape Provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque
0049	9252523.701	664197.717	Desaguadero	El punto GPS "0049", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, dentro terreno de cultivo del Sector Jacovita anexo Vega de Pampa Grande del distrito de Chongoyape Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0050	9253388.415	664912.668	Desaguadero	El punto GPS "0050", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, en la parte alta de muro de contencion en sector Desaguadero del distrito Chongoyape provincia Chiclayo departamento de Lambayeque.
0051	9253727.03	665762.135	Represa Puntilla	El punto GPS 0051, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay en un muro de contención a 700m. de la Represa la Puntilla, localizado distrito Cuculi, provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque.
0052	9254272.06	665977.003	Represa Puntilla	El punto GPS 0052, se encuentra ubicado en la represa la Puntilla a la margen izquierda del río Chancay aprox. , localizado distrito Cuculi, provincia de Chiclayo departamento de la Lambayeque.
0053	9254526.122	665709.895	Puntilla	El punto GPS 0053, se encuentra ubicado en la margen derecha del río Reque en la cima del cerro la Puntilla al O del reservorio en el departamento Lambayeque.
0054	9255478.646	667096.21	La Puntilla	El punto GPS 0054, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Reque frente al cerro Carraspiña en la carretera carrosable hacia la puntilla en el departamento Lambayeque.
0055	9255910.31	667703.665	Pomalca	El punto GPS 0055, se encuentra ubicado al un lado de la carretera carrozable y frente ala cerro Garraspiña, localizado en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0056	9255944.625	668137.958	Pampa Grande	El punto GPS 0056, se encuentra ubicado cerca ala cruce de caminos y al terreno de cultivo de caña localizado en el anexo Pampa Grande, en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque.
0057	9257095.621	667377.166	La Cria	El punto GPS 0057, se encuentra ubicado en una Loma y a 100 m de la carretera a Chongoyape localizado en el anexo La Cria en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0058	9256450.331	668072.616	Cuculi Viejo	El punto GPS 0058, se encuentra ubicado margen derecha del río Reque en el cerro Carraspiña al costado de la carrosable que conduce hacia Cuculi Viejo en el departamento Lambayeque.
0059	9256072.484	668394.104	Boca de Tigre	El punto GPS 0059, se encuentra ubicado a la margen izquierda del río Reque a 500 m del pueblo Boca de Tigre en la vía hacia dicho pueblo en el departamento Lambayeque.
0060	9256612.149	668018.092	La Cria	El punto GPS 0060, se encuentra ubicado en la margen derecha del río Reque en la ladera S del cerro Carraspiña en el departamento Lambayeque.
0061	9256574.588	668222.867	Pomalca	El punto GPS 0083, se encuentra ubicado en el cerro Garraspiña, localizado en el distrito Pomalca provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0062	9257070.985	669507.261	Boca de tigre	El punto GPS 0062, se encuentra ubicado en la margen izquierda del Río Reque al N del pueblo Boca de tigre, en el departamento Lambayeque.
0063	9257316.927	669464.031	La Puntilla	El punto GPS 0063, se encuentra ubicado en una parte alta de la margen derecha del Río Reque,

				localizado en el distrito Pomalca, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0064	9258806.894	668415.881	Cuculi	El punto GPS 0064, se encuentra ubicado a 80 m al S del peaje Cuculi al lado izquierdo de la carretera hacia chongoyape en el departamento de lambayeque.
0065	9258285.729	669980.18	CP. CUCULI	El punto GPS "0065", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, entre terreno de cultivo de zona fundo la Vegas del CP. Cuculi en el distrito de Chongoyape, provincia Chiclayo departamento de Lambayeque..
0066	9258213.399	670176.918	CP. CUCULI	El punto GPS "0066", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, al costado del río en los carrizales del fundo la Vegas del centro poblado Cuculi, distrito Chongoyape Provincia Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0067	9259840.38	670933.338	Tablazo	El punto GPS 0067, se encuentra ubicado en una chacra a la margen derecha del río Chancay aprox. a 850 m. del puente tablazo, localizado caserío Tablazo provincia de Chiclayo departamento de la Lambayeque.
0068	9260069.523	671606.852	Puente tablazo	El punto GPS 0068, se encuentra ubicado en un extremo del puente tablazo a la margen derecha del río Chancay; localizado en el caserío de Tablazo, distrito Chongoyape provincia de Chiclayo, departamento de Trujillo.
0069	9260208.994	671575.39	Cuculi Nuevo	El punto GPS 0069, se encuentra ubicado en la margen derecha del Río Reque y a 1 m del Puente Tablazo, localizado en el distrito de Chongoyape, departamento Lambayeque.
0070	9260403.397	672319.528	Puente tablazo	El punto GPS "0070", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, en muro de contención Noroeste a 500 Mts el puente tablazo, entre terreno cultivo de arroz propietario Manuel Campos del CP. Pampas Tablazo distrito Chongoyape provincia Chiclayo departamento Lambayeque.
0071	9262105.7	672635.84	Mal Paso	El punto GPS 0071, se encuentra ubicado en el cerro tinajones al costado de la carretera hacia chongoyape a 300 m al O del puente Mal paso en el departamento Lambayeque.
0072	9262776.317	674896.581	La Vega-Tabacal	El punto GPS 0072, se encuentra ubicado en la parte superior de un muro (defensa ribereña), del Río Reque, localizado en el lugar La Vega-Tabacal, en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque.
0073	9262908.843	675166.082	CHONGOYAPE	El punto GPS "0073", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, muro de contención de rocas, al costado del terreno de cultivo de arroz propiedad Sr Vega en sector minas referencia el cerro la Minas, distrito Chogoyape Provincia Chiclayo departamento Lambayeque
0074	9263370.757	675308.393	Tinajones	El punto GPS 0004, se encuentra ubicado en la carretera carrozable (defensa ribereña), en la margen derecha del Río Reque, localizado en el lugar La Vega del caserío Tinajones, en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque.
0075	9263179.024	675742.581	Huaca Blanca	El punto GPS 0075, se encuentra ubicado en la cima del cerro Mina, Localizado en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0076	9264762.205	674883.871	San Juan	El punto GPS 0076, se encuentra ubicado al lado derecho de la carretera a Chongoyape a 2 m de la acequia, localizado en el anexo San Juan en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento
0077	9263200.253	676362.983	Tablazo	El punto GPS 0077, se encuentra ubicado al lado derecho de la carretera carrozable (defensa ribereña), localizado en el lugar Tablazo, en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0078	9262810.415	676830.203	CAMPO NUEVO	El punto GPS "0078", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, en la parte alta de una loma al Noreste casa y terreno de cultivo propiedad Sanchez Ramirez CP. Campo Nuevo distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0079	9262595.026	677379.416	Campo Nuevo	El punto GPS 0079, se encuentra ubicado en una loma al costado de una llave de agua en el caserío de

				campo nuevo, al NO de la casa de la fam. Bobadilla aprox. a 30 m., localizado en el distrito de chongo-
				yape , provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0080	9264806.295	675807.79	SAPOTAL	El punto "0080", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, localizado CP. Sapotal entre los cruces de caminos de herradura hacia Piedra Parada y Chongoyape distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0081	9265435.115	675572.038	CP. Piedra Parada	El punto GPS "0081", se encuentra ubicado en de la margen derecha del Río Chancay en un cerro en parte baja, del centro poblado Piedra Parada al sureste a 80 Mts terreno de cultivo Propiedad de Edilberto Nuñez distrito Chongoyape, provincia Chiclayo departamento Lambayeque.
0082	9263810.283	677438.57	Las acciones	El punto GPS 0082, se encuentra ubicado en la margen derecha del Río reque al costado de un arrozal en un pequeña loma distrito Chongoyape en el departamento Lambayeque.
0083	9263654.863	678562.641	Huaca Blanca	El punto GPS 0083, se encuentra ubicado al lado izquierdo de la carretera carrozable a Huaca Blanca localizado en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
0084	9264066.867	679723.776	Huaca Blanca	El punto GPS 0084, se encuentra ubicado al lado de un muro de concreto a 2 m de la carretera a Huaca Blanca, localizado en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque.
0085	9265078.568	679565.864	Chongoyape	El punto GPS 0085 , se encuentra ubicado en una loma del cerro Puliton, a la margen derecha del río Chancay al altura del Km. 73.300 de la carretera Llama- Chongoyape; locañizado en el distrito de Chonyoyape provincia de Lanbyeque, departamento de Trujillo.
0086	9265203.109	681557.989	Chongoyape	El punto GPS "0086", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, localizado en el sector Carniche bajo en el terreno de cultivo de arroz propietario Uva Alarcon caserio RacaRumi distrito de Chongoyape , provincia Chiclayo ,departamento Lambayeque.
0087	9265024.146	683467.131	Chongoyape	El punto GPS "0087", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, en parte alta en el terreno de cultivo del Propietario Juan Walter en CP. La Ramada distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0088	9254193.826	665796.492	Carniche Bajo	El punto GPS "0088", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, dentro terreno de Cultivo de arroz del Sector el Porvenir de Carniche bajo en el cerro la Huaca distrito de Chongoyape provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0089	9265589.282	683689.947	Carniche Bajo	El punto GPS 0089, se encuentra ubicado a 1 m de la acequia y la carretera carrozable, localizado en el anexo Carneche Bajo, distrito Llama, provincia Chota, departamento Cajamarca.
0090	9265300.104	684064.329	La Ramadita	El punto GPS 0090, se encuentra ubicado en una chacra a la margen izquierda del río Chancay al NO de la torre de alta tensión a 40° de acimut aprox. A 100 m., localizado caserio La Ramadita, distrito de Llama, provincia de Chota , departamento de Cajamarca.
0091	9265314.655	684373.667	Los Libertadores	El punto GPS "0091", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, dentro terreno de Cultivo, al Sur a 100 Mts de la carretera carrozable Huaca Blanca - Carhuaquero referencia Qda Campana distrito de Chongoyape , provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0092	9265516.462	684798.472	La Ramada	El punto GPS 0092, se encuentra ubicado en un ladera a prox. A 10 mts de una curva de la carretera Huaca blanca la Ramada, a la margen izquierda del río Chancay localizado en el caserio la ramada, distrito de llama, provincia de Chota, departamento de Cajamarca.
0093	9266009.719	684757.126	Huanabal	El punto GPS 0093 , se encuentra ubicado en la esquina de un pozo de arroz, en el camino del callejon de huanabal, al SO de dos postes de cable de alta tension a 245° de acimut aprox. A 30 m.; localizado en el caserio de Huanabal provincia de Chota, departamento de Cajamarca.
0094	9265735.958	685378.925	Chongoyape	El punto GPS "0094", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, al Noroete

				en la carretera carrozablea 100 mts de del centro poblado Turrall en el distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo departamento Lambayeque
0095	9266118.409	686070.451	L a Ramadita	El punto GPS 0095, se encuentra ubicado a la margen izquierda del río Chancay al NO de la casa del señor guillermo perez a 340° de acimut aprox. a 50 m., localizado caserío La Ramadita distrito de Llama, provincia de chota , departaemnto de Cajamarca.
0096	9267352.303	686170.944	C.P Carniche Alto	El punto GPS "0096", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, en una loma de la carretera carrozable Chongoyape a Llama al sur a 10 Mts canal aguas al Reservorio de Tinajones del CP. Carniche alto del distrito Chongoyape Provincia de Chiclayo Departamento Lambayeque.
0097	9266988.74	686667.012	BOCA TOMA	El punto GPS "0097", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, en un muro de contencion de rocas, al Noreste CP . Bocatoma a 580 Mts en distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0098	9267272.199	687156.014	Chongoyape	Se encuentra ubicado en un muro de contensión aprox. A 300 mts de la boca toma Raca Rumi, localizado en el distrito de Chongoyape, Provincia de Chiclayo departamento Lambayeque.
0099	9267161.41	687407.607	SAN CARLOS	El punto "0099", se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chancay, localizado CP. San Carlos al costado del puente al Noreste a 10 Mts y entre la carretera carrozable hacia CP. Ramada alta distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0100	9267429.254	687386.777	Llama	El punto GPS 0100, se encuentra ubicado en la cima del cerro Blanco, frente a la bocatoma Racarumi, localizado en el distrito Llama, provincia Chota, departamento Cajamarca.
0101	9267572.313	687679.716	Cerro Blanco	El punto GPS 0101, se encuentra ubicado en una loma a la espalada de la casda de la fam. Sucsá, a la margen derecha del río chancay , a la altura del Km. 76.700 , localizado en el caserío cerro Blanco, distrito de Llama,Provincia de chota, departamento Cajamarca.
0102	9267727.949	688101.598	Carniche Bajo	El punto GPS 0102, se encuentra ubicado en una pequeña Loma en el lado derecho de la carretera a Carniche Bajo, localizado en el distrito Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque.
0103	9267975.437	688754.612	Shilimbo	El punto GPS 0103, se encuentra ubicado en una curva en el Km. 77.700 de la carretera Chongoyape-Llama, localizado en el caserío de Shilimbo, distrito de Llama, provincia de Chota, departamento Cajamarca.
0104	9267979.169	689297.156	Shilimbo	El punto GPS 0104, se encuentra ubicado en un terreno de cultivo a la margen izquierda del río Chancay al NO de un choza a 300° de acimut y a 15 m. , localizado en el caserío Shilimbo distrito de Llama provincia de Chota , departaemnto de Cajamarca.
0105	9268476.021	689502.864	Carniche Bajo	El punto GPS "0105", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, CP.Carniche Bajo a 20 mts de la Carretera carrozable Chongoyape a Llama el distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
0106	9268426.202	689850.333	Carniche Bajo	El punto GPS "0106", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, en la parte alta del río , el punto esta entre la carretera carrozable Chongoyape a Llama , Referencia una Iglesia abandonada al Norte a 190 Mts, CP. Carniche bajo distrito Chongoyape, Provincia Chiclayo departamento Lambayeque.
0107	9268505.411	691466.267	San Carlos	El punto GPS 0107, se encuentra ubicado en una loma a la margen derecha del río Chancay Aprox. a 200 mts de la casa comunal, localizado en el caserío San Carlos, distrito de Llama, provincia de Chota departamento Cajamarca.
0108	9268444.544	691119.441	San Carlos	Se encuentra ubicado en una loma de rocas frente al peunte San Carlos, localizado en la comunidad

				San Carlos, distrito de Llama, provincia de Chota, Cajamarca
0109	9268768.433	691551.77	C. Hidroeléctrica N° 5	Es el centro de un fierro corrugado de 1/2" de diámetro que sobresale 2 cm en un monumento de concreto de 20 x 20 cm, el cual se encuentra a 10 cm sobre el nivel del terreno que lo circunda.  el punto esta pintado de color blanco.
0110	9269182.875	692355.559	Carhuaquero	El punto GPS 0110, se encuentra ubicado en una roca al SE del Centro de salud Aprox. a 400 m. y a la margen derecha del río Chancay, localizado en el caserío de Carhuaquero Alto, distrito de Llama,  provincia de Chota, departamento Cajamarca.
0111	9269863.843	693054.441	Cumbil	Es el centro de un fierro corrugado de 1/2" de diámetro que sobresale 2 cm en un monumento de concreto de 20 x 20 cm, el cual se encuentra a 10 cm sobre el nivel del terreno que lo circunda.  el punto esta pintado de color blanco.
0112	9269668.278	693732.049	Cumbil	El punto GPS 0112, se encuentra ubicado en una curva de carretera Cumbil santa Cruz a la altura del Km 0.410 y a la margen izquierda del río Chancay aprox. A 90 mts de la casa de la fam. Idrogo Torres, localizado en el caserío de Cumbil, distrito de Llama, provincia de Chota, departamento Cajamarca.
0113	9269982.525	693724.777	Cumbil	El punto GPS 0113, se encuentra ubicado en una roca en la margen izquierda del derecha del río Chancay aprox. 50 m. del puente Cumbil, y en la intersección de la carretera Chota -Santa Cruz, localizado en el caserío de Cumbil, distrito de Llama, provincia de Chota departamento Cajamarca.
0114	9270128.912	693493.564	Cumbil	El punto GPS "0114", se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chancay, localizado al este a 100 mts del puente cumbil, en el distrito de Chongoyape, provincia Chiclayo  departamento de Lambayeque.
0115	9253727.016	665762.134	La Cria	El punto GPS 0115, se encuentra ubicado en la carretera carrozable empedrado (defensa ribereña), en la margen izquierda del Río Reque, localizado en el distrito Patapo, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque.

### 3.4 Mapa de ubicación

En las figuras del 3.1 al 3.6, se muestra la ubicación y localización con respecto al cauce del río Chancay Lambayeque, estructuras hidráulicas y viales.

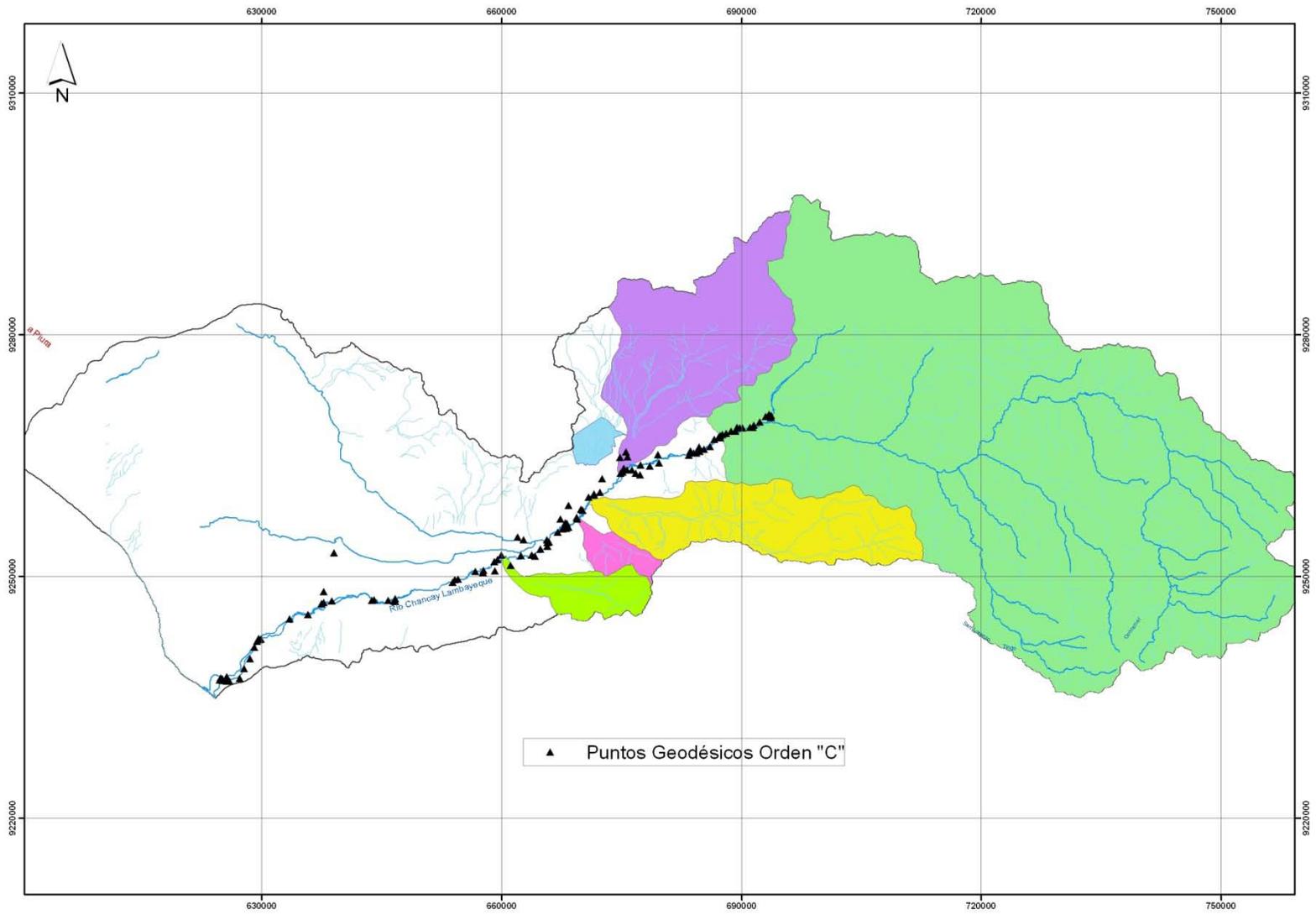


Figura. 3.1. Ubicación de puntos Orden "C"

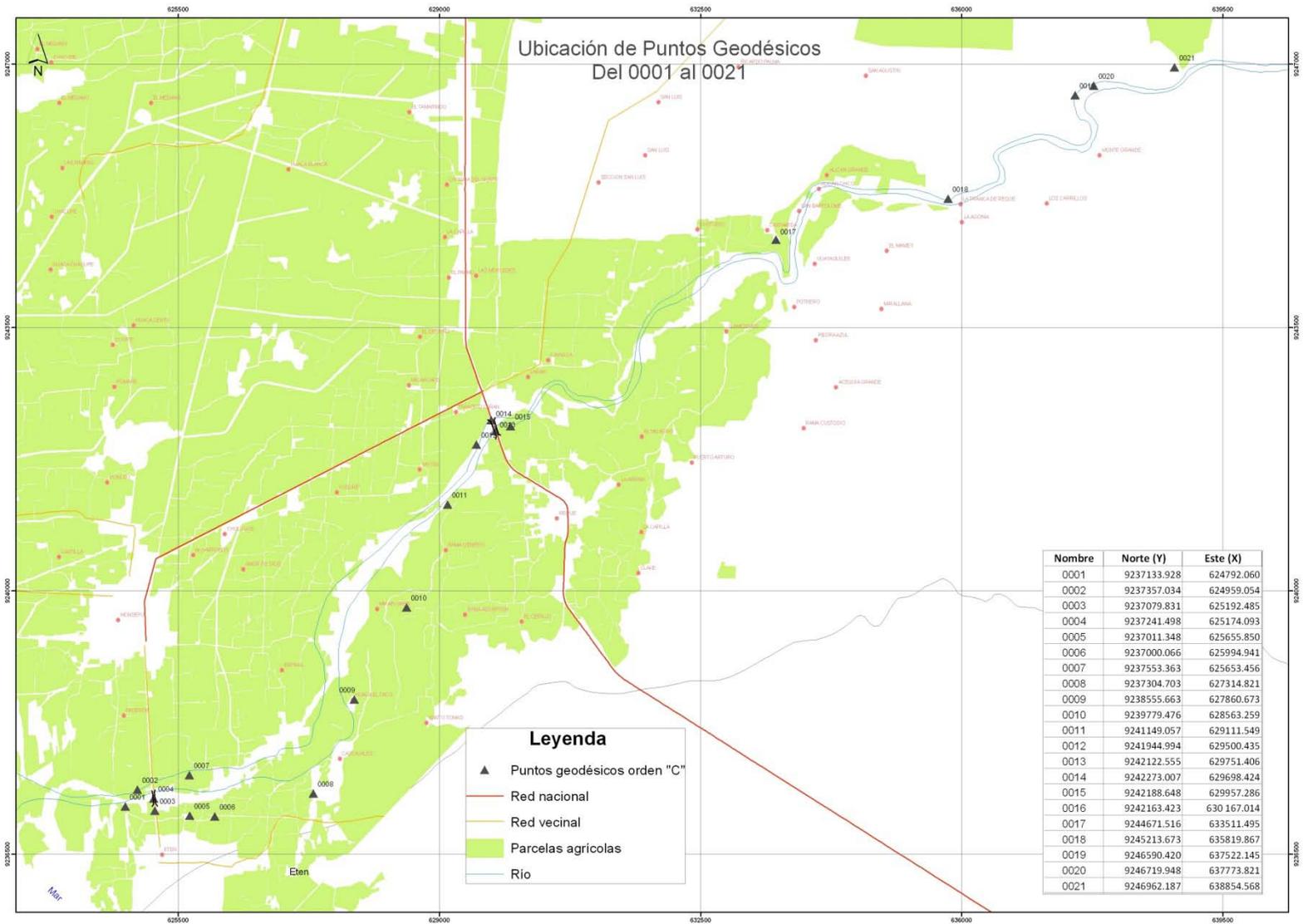


Figura. 3.2. Ubicación de puntos Orden "C" del 001 al 0021

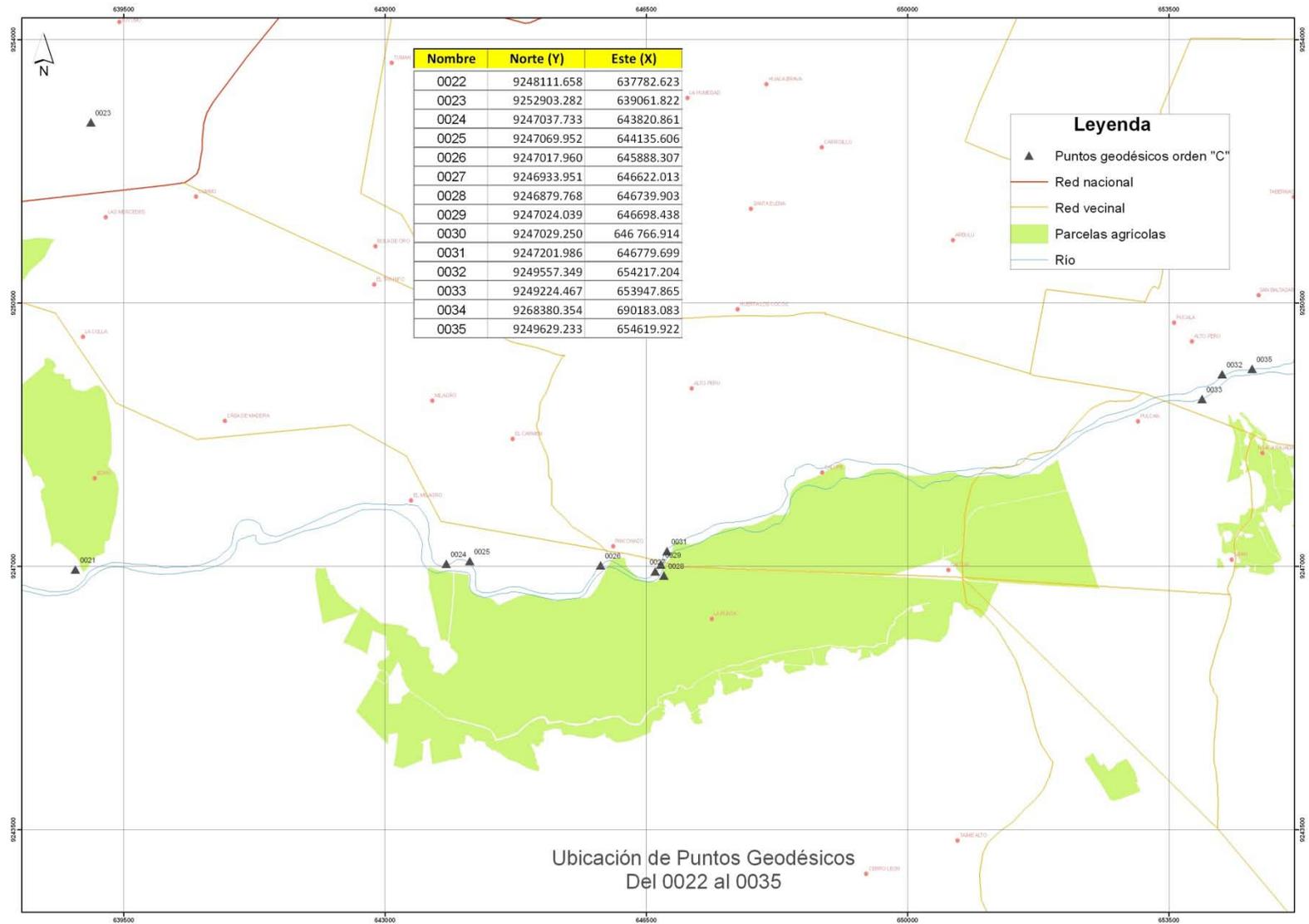


Figura. 3.3. Ubicación de puntos Orden "C" del 0022 al 0035

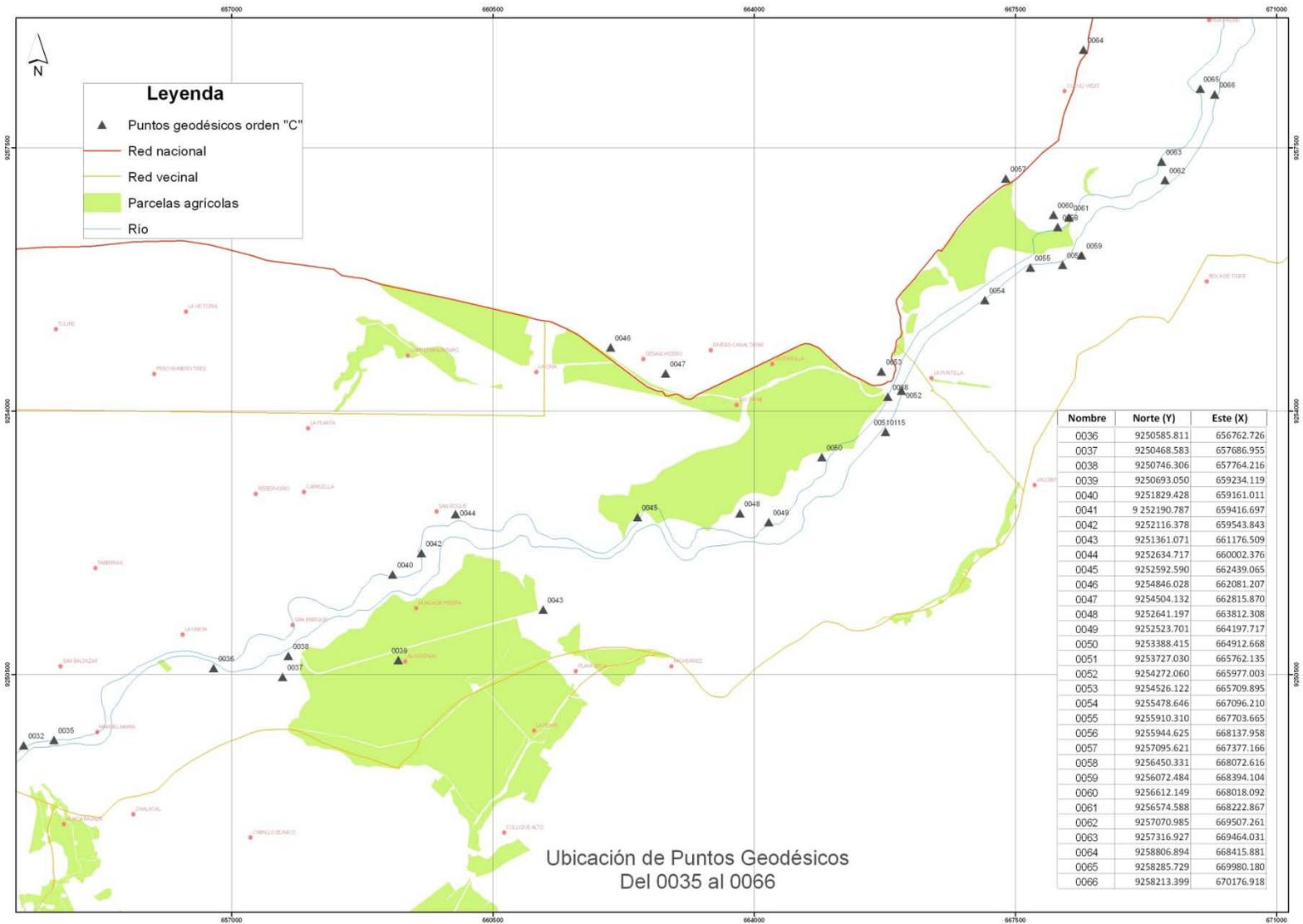


Figura. 3.4. Ubicación de puntos Orden "C" del 0036 al 0066

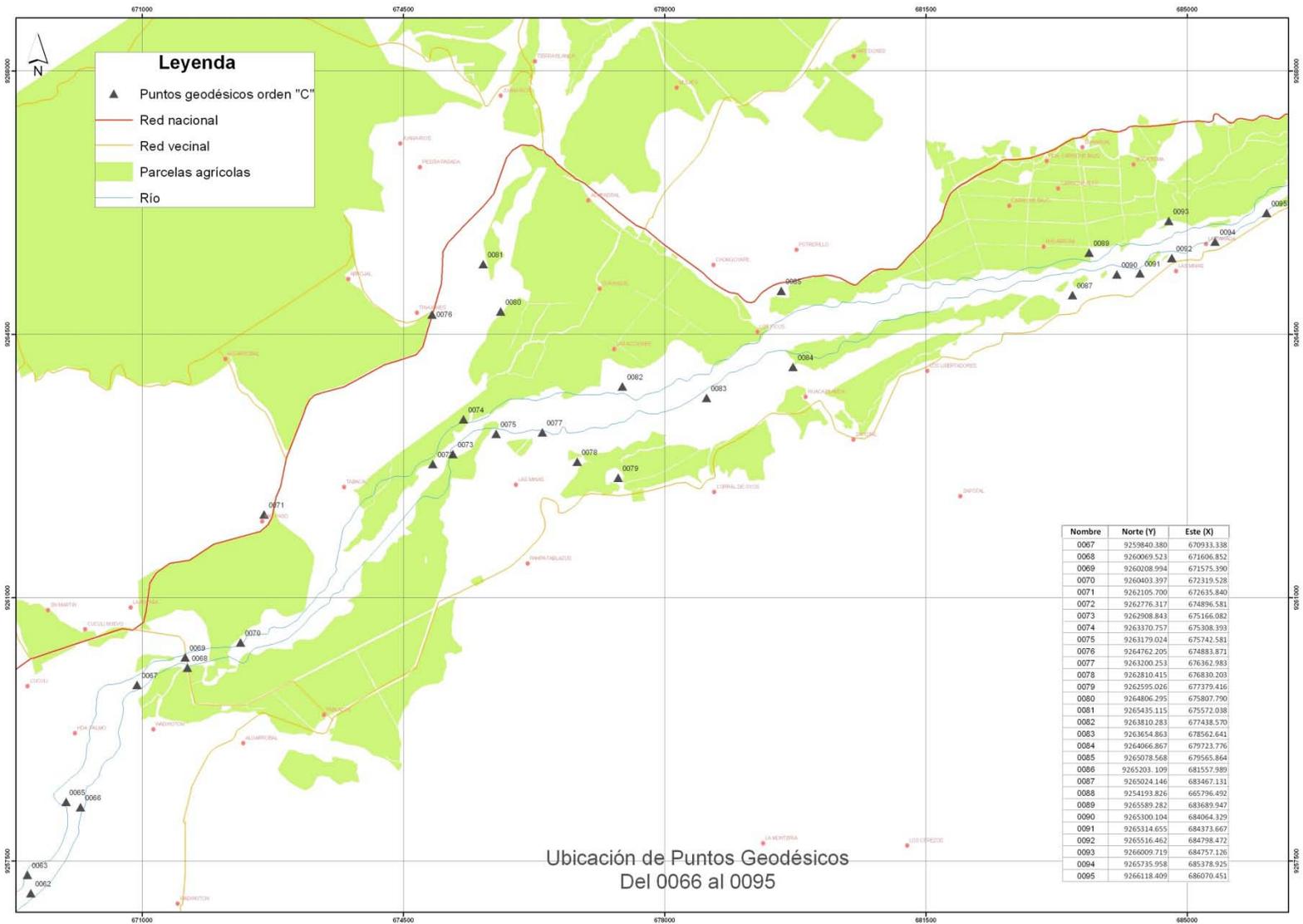


Figura. 3.5. Ubicación de puntos Orden "C" del 0067 al 0095

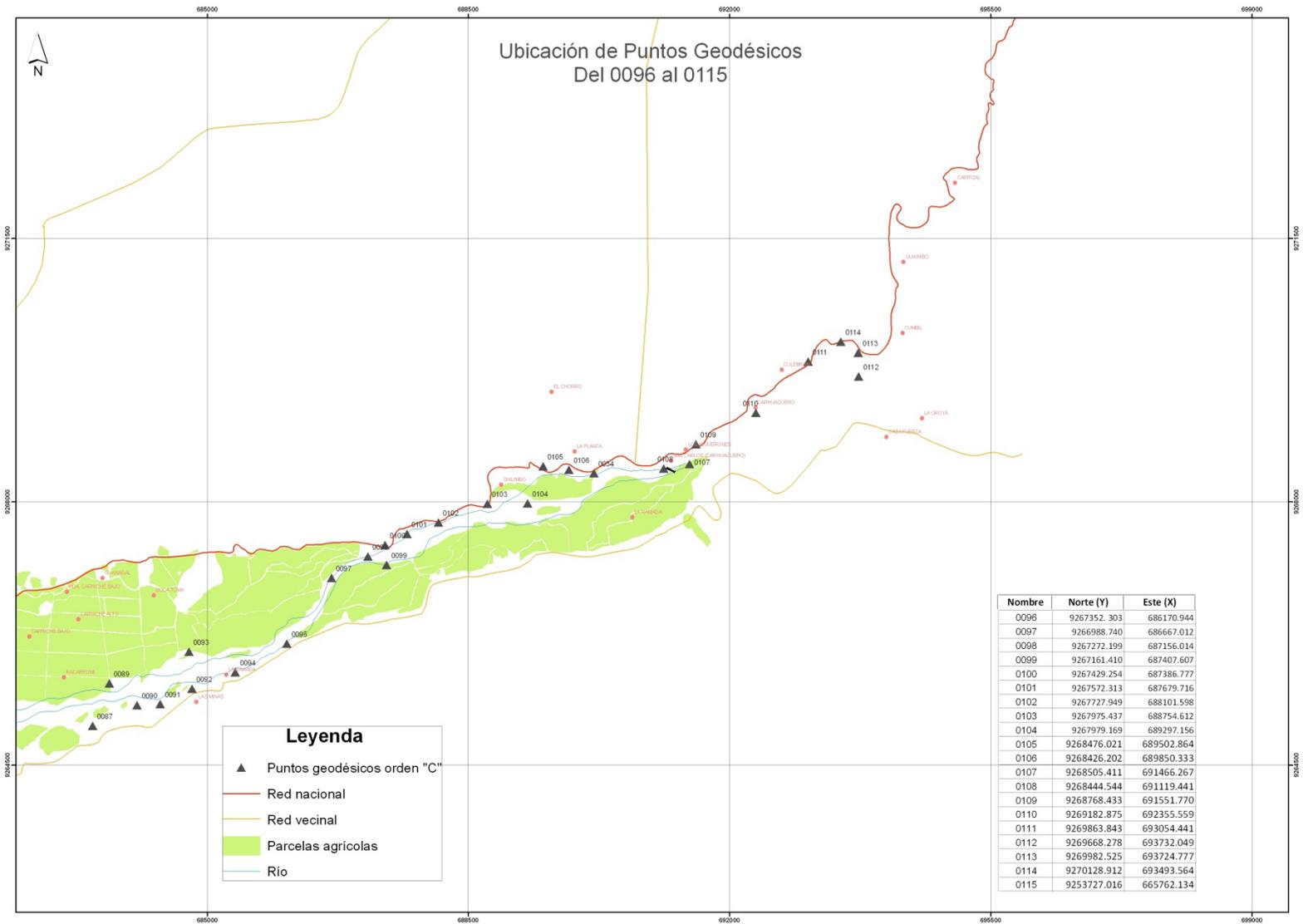


Figura. 3.6. Ubicación de puntos Orden "C" del 0096al 0115

## CAPITULO 4

### ESTUDIO HIDROLOGICO

#### 4.1 Planteamiento

El caudal de diseño en la cuenca (máximo diarios para 50 años de recurrencia), se calculará bajo las consideraciones siguientes:

**1º Con información hidrométrica.** Se cuenta con información de caudales máximos diarios desde el año 1,914 hasta el 2,008, tomados en la estación Raca Rumi, (ver anexo), monitoreados actualmente por la junta de usuarios de Chancay Lambayeque. Haciendo uso del método estadístico y del programa HidroEsta, se determinará el caudal de diseño en la bocatoma Raca Rumi.

**2º Con información básica de la cuenca.** En el tramo de la cuenca que va de la bocatoma Raca Rumi hasta la desembocadura en el mar, no existe estaciones de aforo de caudales, motivo por el cual, el caudal en este tramo se estimará empleando el método empírico de Mac Math. Las quebradas consideradas aportantes de esta parte de la cuenca son: Montería, Pampagrande, Pacherrez y Juana Ríos.

**3º Con información pluviométrica.** En el ámbito de la cuenca existen 12 estaciones pluviométricas con registros de precipitaciones máximas para 24 horas. Considerando esta información se empleará el modelo precipitación-escorrentía, con el HEC-HMS, para determinar el caudal del diseño.

#### 4.2 Estimación del caudal máximo por el método estadístico: Bocatoma Raca Rumi

Este método está basado en el análisis de la frecuencia de las crecidas. El caudal es considerado como una variable aleatoria continua, que permite evaluar su distribución estadística, el cual puede ser ajustado a una ley teórica de probabilidad (Gumbel, Log Pearson II, etc.).

Con el uso programa HidroEsta, se evaluó la serie histórica de caudales con 8 modelos probabilísticos, considerando un nivel de significancia de 5% y Parámetros Ordinarios como método de cálculo de los parámetros de cada distribución (Normal, LogNormal 2 parámetros, LogNormal 3 parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, LogPearson tipo III, Gumbel y LogGumbel).

En el cuadro 4, se observa los modelos probabilísticos con mejor ajuste.

Cuadro 4. Caudales según años de retorno y modelos probabilísticas

Distribución	Caudal en m <sup>3</sup> /s (periodo de retorno)							Coef. determinación R <sup>2</sup>
	10	25	50	75	100	500	1000	
LogNormal 2 parámetros	355	461	545	596	634	860	967	0.987
LogNormal 3 parámetros	364	504	622	697	753	1116	1300	0.992
Gamma 2 parámetros	376	468	534	571	598	740	798	0.951
LogPearson Tipo III	367	532	691	801	888	1531	1909	0.991
LogGumbel	360	542	734	876	992	1990	2684	0.989
<b>Mejor ajuste</b>								<b>0.992</b>

De estos cinco modelos de distribución, LogNormal 3 parámetros tiene el mayor coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>). Sin embargo se adoptará como caudal de diseño el resultado de la función probabilística LogGumbel, el cual representa un valor conservador para fines del propósito que se busca.

#### 4.3 Estimación del caudal máximo con métodos empíricos: bocatoma Raca Rumi-desembocadura del mar

Los datos requeridos de este método es información básica de la cuenca, tales como longitud de cauce, pendiente, diferencia de cotas, área de la cuenca, etc.

El caudal en este tramo, se ha calculado considerando el aporte de 4 quebradas: Juana Ríos en la margen derecha; Montería, Pampagrande y Pachérrez en la margen izquierda.

Cuadro 5. Información básica de las microcuencas

Microcuenca	Longitud de cauce (Km)	Pendiente del cauce (m/m)	Diferencia de cotas (m.s.n.m.)	Área de la cuenca (km2)	Coefficiente de escorrentía (C)
Juana Ríos	41.8	0.072	3000	405.7	0.44
Montería	46.2	0.052	2400	296.9	0.52
Pampagrande	10.9	0.073	800	36.4	0.52
Pachérrez	21.7	0.03	650	77.8	0.52

### Método de Mac Math

Este método toma en cuenta el tiempo de concentración (Tc), coeficiente de escorrentía y la intensidad de precipitación en mm/h, e información de la cuenca. Lo que permitió hacer uso del programa River, para el cálculo de los caudales de 10, 25, 50 y 100 años de periodo de retorno.

El cálculo del tiempo de concentración tomó en cuenta 3 métodos: (1) Servicio de Conservación de Suelos de California, (2) Temez y (3) Kirpich. Ver figura 7.

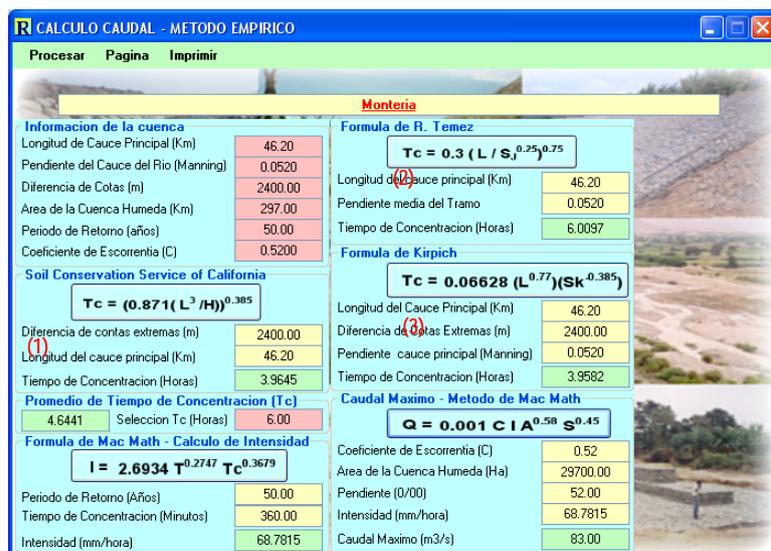


Figura 7. Software River

Para la determinación del valor del coeficiente escorrentía para cada microcuenca se utilizó el cuadro 6, que está en función de las características de la superficie, recomienda valores para periodos de retorno de 10 a 100 años.

Cuadro 6. Coeficiente de escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA "C"				
Características de la Superficie	Período de retorno en años			
	10	25	50	100
<b>Áreas desarrolladas</b>				
Asfáltico	0.81	0.86	0.9	0.95
Concreto lecho	0.83	0.86	0.92	0.97
<b>Zonas Verdes (jardines, parques, etc)</b>				
<b>Condición pobre (cubierta de pasto &lt;50 % del área)</b>				
Plano (0 - 2) %	0.37	0.4	0.44	0.47
Promedio (2 - 7) %	0.43	0.46	0.49	0.53
Superior al 7 %	0.45	0.49	0.52	0.55
<b>Condición prom. (cubierta de pasto 50 - 75 % del área)</b>				
Plano (0 - 2) %	0.3	0.34	0.37	0.41
Promedio (2 - 7) %	0.38	0.42	0.45	0.49
Superior al 7 %	0.42	0.46	0.49	0.53
<b>Condición alta (cubierta de pasto &gt; 75 % del área)</b>				
Plano (0 - 2) %	0.25	0.29	0.32	0.36
Promedio (2 - 7) %	0.35	0.39	0.42	0.46
Superior al 7 %	0.4	0.44	0.47	0.51

Fuente: *Software River*

Los caudales obtenidos para las 4 microcuencas con diferentes tiempos de retorno se indican en el cuadro 7.

Cuadro 7. Caudales por el método Mac Math

<b>Microcuenca</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>			
	<b>Período de retorno (años)</b>			
	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
Juana Ríos	57	80	103	135
Montería	46	65	83	106
Pampagrande	10	15	19	21
Pachérrez	14	20	25	32

#### 4.4 Cálculo del caudal máximo con información pluviométrica: Bocatoma Raca Rumi - desembocadura del mar

El caudal en este tramo, se ha calculado considerando el aporte de 4 quebradas: Juana Ríos en la margen derecha; Montería, Pampagrande y Pachérrez en la margen izquierda.

##### 4.4.1 Análisis de la información pluviométrica

El Proyecto Especial Olmos Tinajones y la Administración Local de Agua (ALA), han proporcionado información de precipitación máxima para 24 horas de 13 estaciones pluviométricas, se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Estaciones pluviométricas

Estación	Longitud	Latitud	Altitud (m.s.n.m.)	Años
Quilcate	78° 44'	06° 49'	3100	32
Incahuasi	79° 19'	06° 14'	3,100	36
Chugur	78° 40'	06° 40'	2,744	34
Llama	79° 07' 21"	06° 30' 52"	2,134	44
Huambos	78° 58'	06° 27'	2,200	26
Tocmoche	79° 22'	06° 25'	1,250	34
Puchaca	79° 28'	06° 21'	500	19
Tinajones	79° 29'	06° 40'	240	37
Jayanca	79° 49' 58"	06° 19' 58"	102.7	29
Pucalá	79  36'	06  45'	85	28
Ferreñafe	79° 46' 55.8"	06° 43' 44"	670	37
Lambayeque	79  54' 26"	06  43' 53.5"	38	30
Reque	79° 51'	06° 53'	21	34

En la figura N° 8, se muestran la distribución espacial de las estaciones pluviométricas en el ámbito de la cuenca.

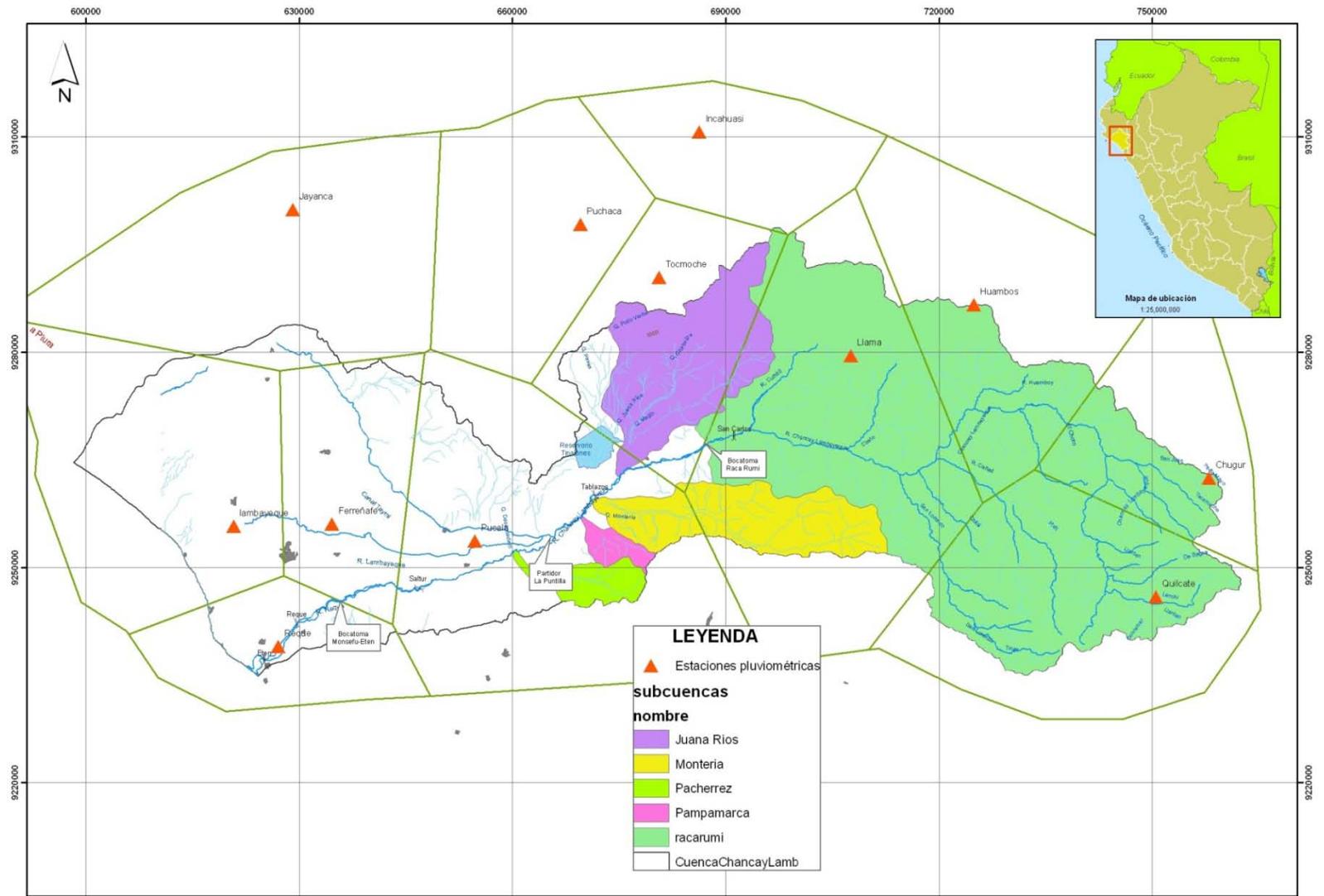


Figura 8. Ubicación de las estaciones pluviométricas microcuencas aportantes

Con la aplicación del *software* HidroEsta, se calculó las precipitaciones máximas para 24 horas, considerando varios periodos de retorno y modelos probabilísticos para eventos extremos.

En los cuadros siguientes se muestran las precipitaciones máximas de cada estación pluviométrica que tienen influencia en las microcuencas aportantes.

Cuadro 9. Precipitaciones máximas para 24 horas por estación

Estación	Distribución	Periodo de retorno						
		10	25	50	75	100	500	1000
Pucalá	Normal	35.5	43.4	48.6	51.3	53.2	62.6	66.1
	Lognormal 2 parámetros	31.3	52.2	72.7	86.9	98.0	178.9	225.4
	Lognormal 3 parámetros	32.3	56.2	81.7	99.4	113.5	221.2	285.9
	Gamma 2 parámetros	31.7	44.4	54.0	59.6	63.5	85.5	94.8
	Gamma 3 parámetros	35.6	51.4	63.6	70.7	75.7	103.6	115.4
	LogPearson Tipo III	32.1	57.3	84.3	104.0	120.0	249.7	331.7
	Gumbel	35.8	48.3	57.7	63.1	66.9	88.2	97.4
<i>Promedio</i>		<i>33</i>	<i>50</i>	<i>66</i>	<i>76</i>	<i>84</i>	<i>141</i>	<i>174</i>

Estación	Distribución	Periodo de retorno						
		10	25	50	75	100	500	1000
Quilcate	Normal	36.08	41.59	45.15	47.06	48.36	54.84	57.33
	Lognormal 2 parámetros	36.16	46.37	54.45	59.35	62.91	84.27	94.29
	Lognormal 3 parámetros	37.22	49.86	60.44	67.08	72.01	103.1	118.51
	Gamma 2 parámetros	35.42	43.03	48.43	51.5	53.64	65.09	69.75
	Gamma 3 parámetros	37.22	49.86	60.44	67.08	72.01	103.1	118.51
	Gumbel	36.34	45.03	51.47	55.22	57.87	72.65	79.01
	LogGumbel	36.6	54.15	72.41	85.73	96.62	188.17	250.61
<i>Promedio</i>		<i>36</i>	<i>47</i>	<i>56</i>	<i>62</i>	<i>66</i>	<i>96</i>	<i>113</i>

Estación	Distribución	Periodo de retorno						
		10	25	50	75	100	500	1000
Tocmoche	Normal	71.07	82.31	89.57	93.46	96.09	109.3	114.38
	Lognormal 2 parámetros	77.89	106.12	129.59	144.25	155.1	223.12	256.58
	Lognormal 3 parámetros	72.14	91.2	105.67	114.22	120.34	155.72	171.65
	Gamma 2 parámetros	72.66	90.59	103.51	110.87	116.02	143.84	155.26
	Gamma 3 parámetros	72.42	88.53	99.87	106.26	110.7	134.31	143.86
	Gumbel	71.62	89.32	102.45	110.08	115.48	145.6	158.55
	<i>Promedio</i>	<i>73</i>	<i>91</i>	<i>105</i>	<i>113</i>	<i>119</i>	<i>152</i>	<i>167</i>

Estación	Distribución	Periodo de retorno						
		10	25	50	75	100	500	1000
Huambos	Normal	61.7	68.93	73.59	76.09	77.79	86.28	89.54
	Lognormal 2 parámetros	64.15	76.78	86.23	91.77	95.72	118.24	128.24
	Lognormal 3 parámetros	61.25	70.77	77.11	80.66	83.13	96.33	101.78
	Gamma 2 parámetros	62.22	71.91	78.65	82.43	85.04	98.81	104.34
	Gamma 3 parámetros	62.52	72.44	79.36	83.24	85.92	100.12	105.82
	Gumbel	62.06	73.43	81.87	86.78	90.25	109.61	117.93
	LogGumbel	64.71	85.89	105.96	119.72	130.53	211.31	259.93
	<i>Función con mejor ajuste</i>	<i>63</i>	<i>74</i>	<i>83</i>	<i>89</i>	<i>93</i>	<i>117</i>	<i>130</i>

Estación	Distribución	Periodo de retorno						
		10	25	50	75	100	500	1000
Tinajones	Normal	66.03	78	85.73	89.87	92.68	106.75	112.75
	Lognormal 2 parámetros	66.46	94.12	117.84	132.94	144.24	217.14	254.11
	Lognormal 3 parámetros	68.94	107.39	143.98	168.81	188.09	325.32	402.28
	Gamma 2 parámetros	64.35	82.63	95.97	103.63	109.01	138.27	150.36
	Gamma 3 parámetros	67.51	86.79	100.73	108.69	114.26	144.43	156.83
	LogPearson Tipo III	67.71	100.52	130.81	151.06	166.68	275.38	334.76
	Gumbel	66.61	85.46	99.45	107.58	113.33	145.4	159.2
	LogGumbel	67.59	116.94	175.62	222.45	262.96	668.33	998.04
	<i>Función con mejor ajuste</i>	<i>67</i>	<i>94</i>	<i>119</i>	<i>136</i>	<i>149</i>	<i>253</i>	<i>321</i>

Estación	Distribución	Periodo de retorno						
		10	25	50	75	100	500	1000
Llama	Normal	76.67	85.32	90.91	93.91	95.93	106.1	110.01
	Lognormal 2 parámetros	77.83	91.46	101.52	107.36	111.5	134.8	145
	Lognormal 3 parámetros	77.87	92.4	103.33	114.34	114.34	140.65	152.39
	Gamma 2 parámetros	76.82	88.01	95.76	100.09	103.08	118.82	125.12
	Gamma 3 parámetros	77.56	88.94	96.79	101.17	104.19	120.05	126.37
	Gumbel	77.09	90.72	100.83	106.7	110.86	134.04	144.01
	LogGumbel	78.44	101.16	122.16	136.32	147.32	227.11	273.55
<i>Función con mejor ajuste</i>		<i>77</i>	<i>91</i>	<i>102</i>	<i>109</i>	<i>112</i>	<i>140</i>	<i>154</i>

Estación	Distribución	Periodo de retorno						
		10	25	50	75	100	500	1000
Chugur	Normal	68.86	78.3	84.4	87.67	89.89	100.99	105.25
	Lognormal 2 parámetros	75.96	97.77	115.08	125.6	133.25	179.28	200.93
	Lognormal 3 parámetros	69.46	82.42	91.62	96.83	100.48	120.32	128.68
	Gamma 2 parámetros	71.06	85.58	95.88	101.7	105.76	127.42	136.23
	Gamma 3 parámetros	68.89	82.63	91.47	96.41	99.84	117.85	125.08
	Gumbel	69.32	84.19	95.23	101.64	106.18	131.49	142.37
	LogGumbel	76.89	114.44	153.7	182.45	205.98	405.2	541.99
<i>Función con mejor ajuste</i>		<i>71</i>	<i>89</i>	<i>104</i>	<i>113</i>	<i>120</i>	<i>169</i>	<i>197</i>

#### 4.4.2 Precipitación máxima media areal

La precipitación areal de la cuenca, se ha estimado mediante el método del Polígono de Thiessen. Según este método las estaciones con influencia directa sobre la cuenca son Quilcate, Chugur, Huambos, Tocmoche, Llama y Pucalá.

En los cálculos se ha empleado información pluviométrica de las estaciones, información catastral de la cuenca en formato digital (curvas de nivel, ríos, quebradas y vías) e imágenes satelitales con resolución de 1 metro.

Para los fines de cálculos, la cuenca de Chancay Lambayeque se ha dividido en cinco (5) microcuencas: Raca Rumi, Juana Ríos, Montería, Pacherez y Pampagrande. Ver figura 8.

La precipitación areal máxima para 50 años de periodo de retorno de la microcuenca de Raca Rumi es 85.3 mm, influenciado por las estaciones de Quilcate, Chugur, Huambos, Tinajones, Tocmoche y Llama. (Cuadro N° 9).

Cuadro 9. Precipitaciones máximas

Punto de interés	Estación	Area (km2)	Ppmax	Ponderado	PpProm (mm)
Raca Rumi	Quilcate	732.2	56	0.30718241	17.202
	Chugur	267.6	104	0.11226716	11.676
	Huambos	379	83	0.15900319	13.197
	Tinajones	23	119	0.00964927	1.148
	Tocmoche	22.8	105	0.00956536	1.004
	Llama	959	102	0.40233261	41.038
<b>Total</b>		<b>2383.6</b>			<b>85.30</b>

La precipitación areal máxima de la microcuenca de Juana Ríos es 104, 96 y 77 mm; para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno respectivamente; influenciado por las estaciones de Llama, Pucalá y Tocmoche. (Cuadro N° 10).

La precipitación areal máxima para la microcuenca de Montería es 91.9, 79.5 y 64.7 mm; para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno respectivamente; influenciado por las estaciones de Llama y Pucalá. (Cuadro N° 10).

La precipitación areal máxima para la microcuenca de Pacherrez es 66.0, 50 y 33 mm; para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno; influenciado por la estación de Pucalá. (Cuadro N° 10).

La precipitación areal máxima para la microcuenca de Pampagrande es 66.0, 50 y 33 mm; para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno respectivamente; influenciado por la estación de Pucalá. (Cuadro N° 10).

Cuadro 10. Precipitaciones máximas

Punto de interés	Estación	Area (km <sup>2</sup> )	Ppmax	Ponderado	PP <sub>50</sub>	PP <sub>25</sub>	PP <sub>10</sub>
Juana Ríos	Llama	41.9	102	0.10	10.5		
	Pucalá	7.3	66	0.02	1.19		
	Tocmoche	356.5	105	0.88	92.27		
<b>Total</b>		<b>405.7</b>			<b>104</b>	<b>96</b>	<b>77</b>
Montería	Llama	213.7	102	0.72	73.42		
	Pucalá	83.2	66	0.28	18.50		
<b>Total</b>		<b>296.9</b>			<b>91.9</b>	<b>79.5</b>	<b>64.7</b>
Pacherrez	Pucalá	77.8	66	1.00	66		
<b>Total</b>		<b>77.8</b>			<b>66</b>	<b>50</b>	<b>33</b>
Pampagrande	Pucalá	36.4	66	1.00	66		
<b>Total</b>		<b>36.4</b>			<b>66</b>	<b>50</b>	<b>33</b>

#### 4.4.3 Método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de EE.UU.

##### A. Pérdida inicial y constante de velocidad

Representan las propiedades físicas de los suelos de las cuencas, uso de la tierra y la condición antecedente. Si la cuenca está en una condición saturada,  $I_a$ , se aproximará a cero (0). Si la cuenca está seca, entonces,  $I_a$  aumentará para representar a la lámina de precipitación máxima que puede caer en la cuenca sin escurrimiento. Dependerá del terreno de la cuenca, uso del suelo, tipo de suelo, y el tratamiento del suelo. Oscila entre el 10-20% de la precipitación total para las áreas boscosas.

La tasa de pérdida constante es la capacidad de infiltración final de los suelos. El SCS (1986) clasifica los suelos sobre la base de esta capacidad de infiltración.

Cuadro 11. Grupos de suelos y tasas de infiltración

Grupo	Descripción	Rango de tasa de pérdida (Pul/hr)	Rango de tasa de pérdida (cm/hr)
<b>A</b>	Arena profunda, loess (material geológico sedimentario eólico. Lo forman depósitos de limo originados por la deposición de partículas muy finas con tamaños que van desde los 10 a los 50 micrómetros y que son transportadas por las tormentas de polvo a lo largo de miles de años) profunda y limos agregados.	0.30 - 0.45	0.76 - 1.14
<b>B</b>	Loess poco profundo, franco arenoso.	0.15 – 0.30	0.38 - 0.76
<b>C</b>	Arcilla margas, margas arenosas poco profundas, suelos bajos en materia orgánica, suelos por lo general alta en arcilla.	0.05 – 0.15	0.13 - 0.38
<b>D</b>	Los suelos se hinchan cuando está húmedo, arcillas pesadas plásticas y ciertos suelos salinos.	0.00 – 0.05	0.0 0.13

### B. Número de Curca (SCS)

Estima el exceso de precipitación en función de la precipitación acumulada, la cobertura del suelo, uso del suelo y la humedad antecedente, mediante la siguiente ecuación:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Donde:

$P_e$ : exceso de precipitación acumulada en el tiempo t,

$P$ : precipitaciones acumuladas (profundidad) en el tiempo t;

$I_a$ : abstracción inicial (pérdida inicial),

$S$ : retención máximo potencial, medida de la capacidad de una cuenca a lo abstracto y retener a la precipitación de tormenta. Hasta que la lluvia acumulada supera a la abstracción inicial, exceso de precipitación, y por lo tanto la segunda vuelta, será cero.

A partir del análisis de los resultados de muchas cuencas experimentales pequeñas, el SCS desarrolló una relación empírica de  $I_a$  y  $S$ :

$$I_a = 0.2 S$$

Por lo tanto, el excedente acumulado en el tiempo  $t$  es:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S}$$

Exceso adicionales para un intervalo de tiempo se calcula como la diferencia entre el exceso acumulado a finales y principios del periodo.

La máxima retención,  $S$ , y las características de la cuenca están relacionados a través de un parámetro intermedio, el número de curva (CN) como:

$$S = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{1000 - 10 CN}{CN} & \text{(foot - pound system)} \\ \frac{25400 - 254 CN}{CN} & \text{(SI)} \end{array} \right\}$$

Los valores de la CN oscilan entre 100 (en cuerpos de agua) a unos 30 para los suelos permeables con altas tasas de infiltración.

La expresión para el cálculo del caudal máximo, es la siguiente:

$$Q_p = \frac{1.91xP_e xA}{T_c},$$

Donde:

- $Q_p$  : Caudal pico (L/s)  
 $A$  : Área de drenaje de la cuenca (Ha)  
 $T_c$  : Tiempo de concentración (h)  
 $P_e$  : Exceso de precipitación acumulada en el tiempo t,

### C. Estimación de la CN

La CN de una cuenca puede estimarse en función del uso del suelo, tipo de suelo y la humedad antecedente (tablas publicadas por el SCS).

Para una cuenca que se compone de varios tipos de suelo y usos del suelo, un CN compuesto se calcula como:

$$CN_{composite} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i}$$

CN = CN compuestos utilizados para el cálculo del volumen de escorrentía; i = índice de las cuencas hidrográficas subdivisiones de uso del suelo uniforme y el tipo de suelo; CNi = CN para la subdivisión i, y Ai = área de drenaje de la subdivisión i.

Cuadro 12. Número de curva para áreas urbanas, para la = 0.2S

Descripción de la cobertura		Número de curva por grupos hidrológicos de suelos			
Tipo de cobertura y condición hidrológica	Porcentaje de área impermeable	A	B	C	D
Desarrollo íntegro de zonas urbanas					
Espacio abierto (jardines, parques, campos de golf, cementerios, etc.)					
Condición pobre (cubierta vegetal <50%)		68	79	86	89
Condición regular (pasto cubren el 50% a 75%)		49	69	79	84
Condición bueno (cubierta herbácea > 75%)		39	61	74	80
Áreas impermeables:					
Estacionamientos pavimentados, techos, calzadas, etc. (Con exclusión del derecho de vía).		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentos; bordillos y drenajes pluviales (con exclusión de derecho de vía).		98	98	98	98
Pavimentos; zanjas abiertas (incluido el derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluido el derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra (incluido el derecho de vía)		72	82	87	89
Áreas urbanas de desierto occidentales					
Paisaje natural del desierto (áreas permeables solamente).		63	77	85	88
Paisajes desérticos artificiales (barrera impermeable de malezas, arbustos del desierto con 1 – a 2" de arena o mulch de grava y las fronteras de la cuenca).		96	96	96	96
Distritos Urbanos					
Comercios y negocios					
Industrias					
Distritos residenciales por tamaño promedio de lotes.	85	89	92	94	95
1/8 ha o menos (casas)	72	81	88	91	93
1/4 ha					
1/3 ha					
1/2 ha	65	77	85	90	92
1 ha	38	61	75	83	87
2 ha	30	57	72	81	86
	25	54	70	80	85
Desarrollo las zonas urbanas					
Áreas graduadas recientemente (áreas permeables solamente, sin vegetación).	20	51	68	79	84
	12	46	65	77	82
Tierras en reposo (CN se determina usando los tipos de cobertura).					
		77	86	91	94

Cuadro 13. Número de curva para tierras agrícolas cultivadas, para  $la = 0.2S$

Descripción de la cobertura		Condición hidrológica <sup>2</sup>	Número de curva por grupos hidrológicos de suelos			
Tipo de cobertura	Tratamiento <sup>1</sup>		A	B	C	D
Barbecho	Suelo desnudo	Pobre	77	86	91	94
	Cobertura de residuos del cultivo (CR)	Bueno	76 74	85 83	90 88	93 90
Cultivos en fila (surco)	Fila recta (SR)	Pobre	72	81	88	91
		Bueno	67	78	85	89
	SR + CR	Pobre	71	80	87	90
		Bueno	64	75	82	85
	Contorneada (C)	Pobre	70	79	84	88
		Bueno	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
		Bueno	64	74	81	85
	Contorneada y terrazas (C y T)	Pobre	66	74	80	82
		Bueno	62	71	78	81
C y T + CR	Pobre	65	73	79	81	
	Bueno	61	70	77	80	
Grano pequeño	SR	Pobre	65	76	84	88
		Bueno	63	75	83	87
	SR + CR	Pobre	64	75	83	86
		Bueno	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
		Bueno	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
		Bueno	60	72	80	83
	C y T	Pobre	61	72	79	82
		Bueno	59	70	78	81
C y T + CR	Pobre	60	71	78	81	
	Bueno	58	69	77	80	
Sembríos cerrados al voleo leguminosas rotación pradera	SR	Pobre	66	77	85	89
		Bueno	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
		Bueno	55	69	78	83
	C y T	Pobre	63	73	80	83
		Bueno	51	67	76	80

<sup>1</sup> cubierta de residuos de cosecha sólo se aplica si los residuos es al menos el 5% de la superficie durante todo el año.

<sup>2</sup> Se basa en la combinación de factores que afectan la infiltración y el escurrimiento, incluyendo (a) densidad y el dosel de las zonas vegetativas, (b) cantidad de la cobertura durante todo el año, (c) la cantidad de hierba o leguminosas sembradas en rotaciones, (d) porcentaje de cubierta de residuos en la superficie de la tierra (bueno  $\geq 20\%$ ), y (e) el grado de rugosidad de la superficie.

Bueno: Factores que tienen a aumentar el peligro de infiltración y escurrimiento.

Pobres: Factores que fomentan la infiltración y tienden a disminuir el escurrimiento.

Cuadro 14. Número de curva para otras tierras agrícolas, para la = 0.2S

Descripción de la cobertura	Condición hidrológica	Número de curva por grupos hidrológicos de suelos			
		A	B	C	D
Pastos, praderas, o rangos - forraje para buriles <sup>3</sup>	Pobre	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
Pradera - pasto continuo, protegido del pastoreo y generalmente segado para heno.	----	30	58	71	78
Mezcla de maleza y mala hierba <sup>4</sup>	Pobre	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Bueno	30	48	65	73
Bosque – combinación de hierba (huerto o plantación forestal) <sup>5</sup> .	Pobre	57	73	82	86
	Bueno	45	65	76	82
	Pobre	32	58	72	79
Bosques <sup>6</sup>	Pobre		66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Bueno	30	55	70	77
Granjas - edificios, calles, calzadas, y muchos de los alrededores.	----	59	74	82	86

<sup>3</sup> Pobre: menor al 50% de la cobertura vegetal o muy pastoreado sin cobertura.  
Regular: del 50 al 75% de la cobertura vegetal y no pastoreado en gran medida.  
Bueno: mayor al 75% de la cobertura vegetal, rozado en ocasiones o ligeramente.

<sup>4</sup> Pobre: menor al 50% de la cobertura vegetal  
Regular: 50 al 75% de la cobertura vegetal  
Bueno: mayor al 75% de la cobertura vegetal

<sup>5</sup> CN se calcularon para cubiertas de las áreas 50%de bosques y 50% de hierba (pasto).

<sup>6</sup> Pobre: manto del bosque, árboles pequeños y matorrales son destruidos por el pastoreo intensivo o la quema regular.  
Regular: Bosques se rozan pero no quemadas, hojarasca de bosque cubre el suelo.  
Bueno: Bosque están protegidos por el pastoreo y la hojarasca y matorrales cubren adecuadamente el suelo.

Cuadro 15. Número de curva para pastizales áridos y semiáridos, para la = 0.2S

Descripción de la cobertura	Condición hidrológica <sup>7</sup>	Número de curva por grupos hidrológicos de suelos			
		A <sup>8</sup>	B	C	D
Mezcla herbácea - pastos, malezas y matorrales de bajo crecimiento.	Pobre		80	87	93
	Regular		71	81	89
	Bueno		62	74	85
Mezcla de roble-álamo, caoba de montaña, matorrales amarga, arces y otros.	Pobre		66	74	79
	Regular		48	57	63
	Bueno		30	41	48
Piñonero, sotohierba de bosque, otros.	Pobre		75	85	89
	Regular		58	73	80
	Bueno		41	61	71
Artemisa con sotohierba de bosque.	Pobre		67	80	85
	Regular		51	63	70
	Bueno		35	47	55
Arbusto del desierto - las plantas más importantes incluyen maleza, palo verde, mezquite, cactus, otros.	Pobre	63	77	85	88
	Regular	55	72	81	86
	Bueno	49	68	79	84

#### 4.4.4 Análisis de la información pluviométrica

Las CN de las microcuencas de Montería, Pacherrez y Pampagrande, se han estimado para condiciones antecedentes de humedad secas (CN(I)); y para la microcuenca Juana Ríos, se ha considerado condiciones antecedentes de humedad normales (CN(II)).

Los números de curva equivalentes pueden calcularse con la siguiente relación.

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

#### A. Estimación de las CN para de las microcuencas

La CN ponderado para cada microcuenca, se estimó considerando los

<sup>7</sup> Pobre: menor a 30% de cobertura vegetal (hojarasca, hierba)  
Regular: 30 a 70% de cobertura vegetal  
Bueno: mayor a 70% de cobertura vegetal

<sup>8</sup> CN han sido desarrollados exclusivamente para arbusto del desierto.

cuadros 13, 14 y 15 y las áreas de influencia.

Cuadro 16. Número de curva ponderado por microcuenca

Microcuenca	Grupo de suelo	Condición hidrológica	Número de Curva (CN I)	Área	Número de Curva (CN II)
Juana Ríos 1	C	Regular	79	5	
Juana Ríos 2	C	Regular	81	10.7	
Juana Ríos 3	C	Pobre	80	36	
Juana Ríos 4	B	Regular	58	250	
Juana Ríos 5	B	Regular	71	68	
Juana Ríos 6	A	Bueno	64	20	
Juana Ríos 7	B	Pobre	67	16	
<b>CN (compuesto)</b>			<b>63.6</b>		
Montería 1	D	-----	78	12	
Montería 2	C	Pobre	87	29	
Montería 3	C	Regular	81	28	
Montería 4	C	Pobre	73	83	
Montería 5	B	Pobre	80	143.5	
Montería 6	A	Bueno	72	1.4	
<b>CN (compuesto)</b>			<b>78.7</b>		<b>61</b>
Pampagrande 1	C	Regular	81	36	
Pampagrande 2	B	Pobre	77	33	
Pampagrande 3	A	Bueno	72	0.7	
<b>CN (compuesto)</b>			<b>80.5</b>		<b>63</b>
Pacherrez 1	C	Regular	81	52	
Pacherrez 2	B	Pobre	77	23	
Pacherrez 3	A	Bueno	72	2	
<b>CN (compuesto)</b>			<b>79.6</b>		<b>62</b>

### E. Estimación del tiempo de concentración (Tc) y retardo (Tlag)

El tiempo de concentración se calculó haciendo uso del programa de diseño "River" (considera los métodos de Kirpich, Temez y CSC).

El tiempo de retardo es el 60% del tiempo de concentración (CSC), expresado en minutos, (cuadro 17).

$$Tlag = 0.6 * Tc$$

Cuadro 17. Tiempo de concentración y retardo por microcuenca

Microcuenca	Tiempo de concentración (Tc), (h)	Tiempo de retardo (Tlag), (min)
Juana Ríos	5.2	187
Montería	6.0	216
Pampagrande	1.9	68
Pacherrez	3.8	137

#### 4.4.5 Diseño del modelo.

#### 4. Modelo de cuenca

Se diseñó en base a 4 microcuencas (Juana Ríos, Montería, Pacherrez y Pampagrande), considerando sus características fisiográficas o parámetros:

- Pérdidas iniciales, se aplicó el modelo de la Curva Número (CN), del Servicio de Conservación de Suelos de EE.UU. (SCS). Considerando condiciones de humedad normales para la microcuenca Juana Ríos, y condición seca para las otras tres microcuencas.
- Transformación de lluvia. Se empleó el método de CN, en función del tiempo de retardo.

#### B. Modelo Meteorológico

A cada microcuenca se asignó tres (03) pluviómetros, que corresponden a los tiempos de retorno de 10, 25 y 50 años. Se ha considerado como tormenta de proyecto al hietograma de 24 horas, a partir de las estaciones analizadas.

#### C Especificaciones de control

Se trata de indicar el inicio y término de la simulación y el incremento de tiempo. Se ha considerado un tiempo de cálculo de 5 minutos y de 48 horas para el cómputo y salidas de los hidrogramas.

#### 4.4.6 Resultados

##### A. Método CSC - aplicación directa de las fórmulas

Empleando la fórmula del caudal pico ( $Q_p$ ), los resultados son los siguientes:

**Cálculo de la retención máxima (S)**

Microcuenca	CN	CN(I)	S (mm)
Juana Ríos	63.6	64	145
Montería	78.7	61	164
Pampagrande	80.5	63	146
Pacherrez	79.6	62	155

**Cálculo de la abstracción inicial (Ia)**

Microcuenca	S (mm)	Ia
Juana Ríos	145	29
Montería	164	33
Pampagrande	146	29
Pacherrez	155	31

**Cálculo del exceso de precipitación - infiltración potencial (Pe)**

Microcuenca	P <sub>50</sub> (mm)	P <sub>25</sub> (mm)	P <sub>10</sub> (mm)	Pe <sub>50</sub>	Pe <sub>25</sub>	Pe <sub>10</sub>
Juana Ríos	104	96	77	25	21	12
Montería	92	80	65	16	10	5
Pampagrande	66	50	33	7	3	0.1
Pacherrez	66	50	33	6	2	0.03

**Cálculo del caudal pico (Qp)**

Microcuenca	A (ha)	Tc	Qp <sub>50</sub>	Qp <sub>25</sub>	Qp <sub>10</sub>
Juana Ríos	406	5	380	318	178
Montería	297	6	149	98	49
Pampagrande	36	2	27	9	0.33
Pacherrez	78	4	25	8	0.10

## B. Modelo hidrológico HEC HMS

En la figura N° 9, se indica la ubicación y ámbito de cada microcuenca con respecto a la cuenca Chancay Lambayeque.



Figura 9. Ubicación de las microcuencas

En la figura N° 10, se indica los resultados de la simulación para un tiempo de retorno de 10 años.

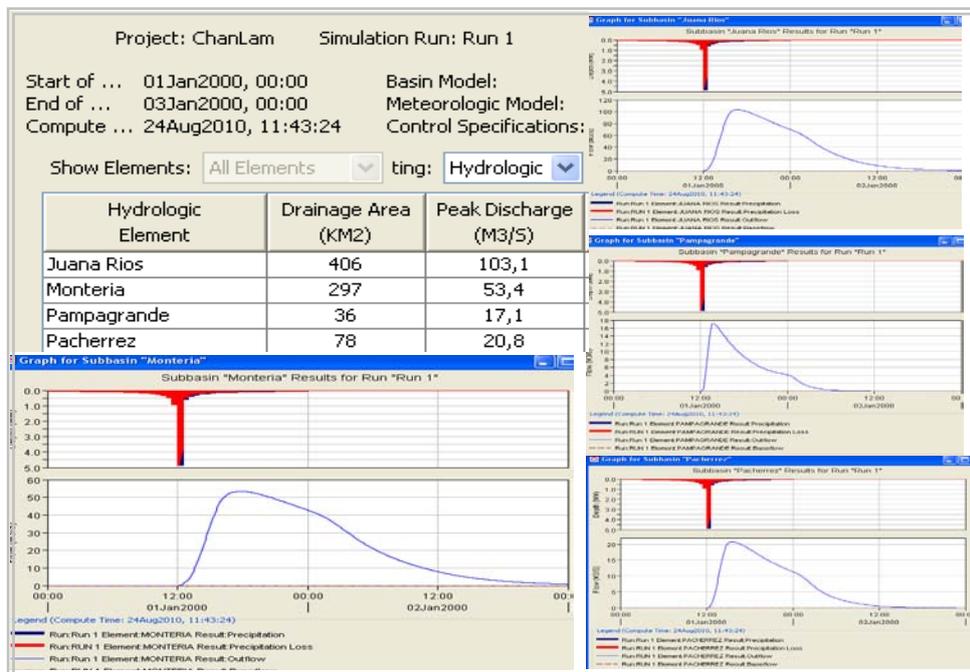


Figura 10. Caudales para 10 años de periodo de retorno por microcuencas

En la figura N° 11, se muestra los resultados de la simulación para un tiempo de retorno de 25 años.

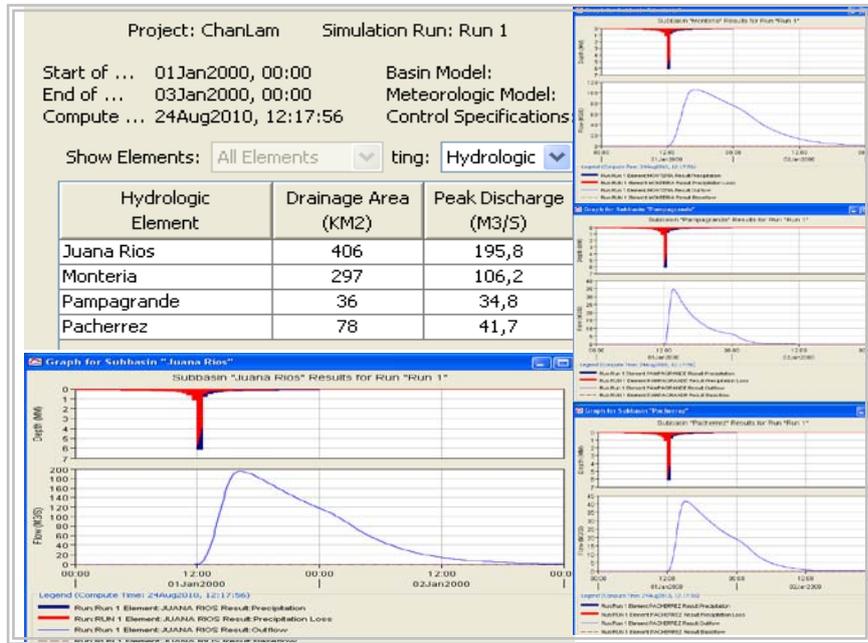


Figura 11.Caudales para 25 años de periodo de retorno por microcuencas

En la figura N° 12, se muestra los resultados de la simulación para un tiempo de retorno de 50 años.

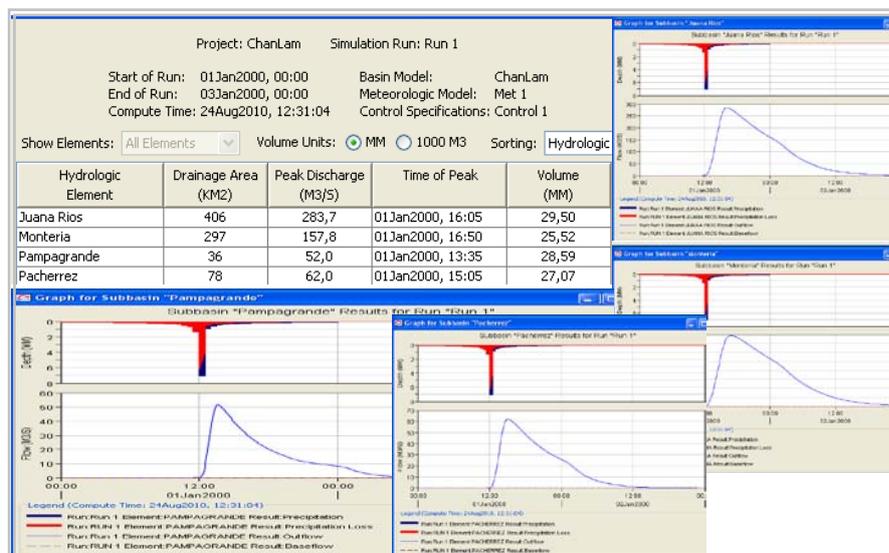


Figura 12. Caudales para 50 años de periodo de retorno por microcuencas  
 En el cuadro 18, se muestra un resumen de los caudales de cada microcuencas para los tiempos de retorno 10, 25 y 50 años.

Cuadro 18. Caudales de las microcuencas

Microcuenca	Caudal (m <sup>3</sup> /s)		
	10	25	50
Juana Ríos	103	196	284
Montería	53	106	158
Pampagrande	17	35	52
Pacherrez	21	42	62

#### 4.4.7 Resumen

En el cuadro 19, se muestra un cuadro comparativo de la estimación del caudal por diferentes métodos. Los resultados obtenidos mediante el modelo HEC-HMS, se sumarán al caudal calculado en la estación de Raca Rumi, para tener el caudal total.

Método	Caudal (m <sup>3</sup> /s)		
	10	25	50
Empírico	127	180	320
Fórmula CSC	228	433	580
HEC HMS	194	379	556
Microcuenca	Caudal (m <sup>3</sup> /s)		
	10	25	50
Raca Rumi	360	542	734
Juana Ríos	103	196	284
Montería	53	106	158
Pampagrande	17	35	52
Pacherrez	21	42	62
<b>Total</b>	<b>554</b>	<b>921</b>	<b>1,290</b>

Cuadro 19. Caudales por métodos diferentes y caudales totales

#### 4.5 Conclusiones

- ✓ El caudal de escurrimiento máximo alcanza 1,290 m<sup>3</sup>/s, para un periodo de retorno de 50 años.
  
- ✓ Del análisis del tiempo de concentración (Tc) y el tiempo de retorno (Tlag), se observa que la probabilidad que los caudales de aporte de las quebradas se sumen al caudal de la cuenca alta es mínimo o improbable. Sin embargo se está asumiendo que esto ocurre aguas debajo de la quebrada Pacherez, para mantener el criterio conservador de mayor exigencia con fines de diseño de obras de defensa ribereña.
  
- ✓ Se recomienda modelar o simular el sistema incluyendo condiciones de aprovechamiento del embalse y el caudal calculado (1,280 m<sup>3</sup>/s), considerando el tiempo de retorno de 50 años.



## CAPITULO 5

### MODELAMIENTO HIDRAULICO

#### 5.1 Simulación hidráulico en flujo estacionario: conceptos básicos

##### 5.1.1 Flujo gradualmente variado

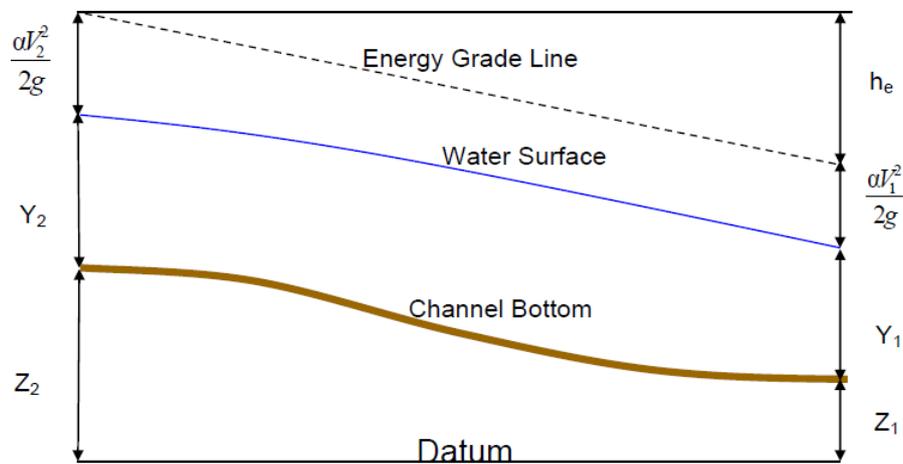
Los cálculos están orientados a flujo unidimensional, para flujo estacionario gradualmente variado y para régimen mixto (subcrítico y supercrítico). Desarrollado con la ecuación de la energía, por un proceso iterativo: standart step method.

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Donde,

- $Z_1$  y  $Z_2$  = elevación del cauce en la sección
- $Y_1$  y  $Y_2$  = elevación del agua en la sección
- $V_1$  y  $V_2$  = velocidades promedios
- $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  = coeficiente de velocidad
- $g$  = aceleración de la gravedad
- $h_e$  = pérdida de energía

A continuación se muestra un diagrama de los términos de la ecuación.



La pérdida  $h_e$  se compone de pérdidas por fricción y pérdidas por contracción o expansión.

### 5.1.2 Condiciones de frontera

Una condición de frontera aguas arriba es aplicada como un hidrograma del flujo de descarga en función del tiempo.

Cuatro tipos de condiciones de frontera para aguas abajo, se indica:

*Stage Hydrograph.* Nivel de agua en función del tiempo, si la corriente fluye en un entorno como el remanso de un estuario o bahía en la que se rige la elevación de la superficie del agua por las fluctuaciones de la marea, o donde desemboca en un lago o reservorios.

*Flow Hydrograph.* Puede utilizarse si los datos registrados está disponible y el modelo está calibrado a un evento de inundación específico

*Single Valued Rating Curve.* Es función monótona de la etapa y el flujo. Puede emplearse para describir con precisión la etapa de flujo como cascadas, estructuras hidráulicas de control, aliviaderos, presas.

*Normal Depth.* Se introduce la pendiente de fricción, considerada como la profundidad normal, si existen las condiciones de flujo uniforme. Dado que las condiciones de flujo uniforme no existen normalmente en las corrientes naturales, esta condición de frontera debe ser utilizada aguas abajo del área de estudio.

## **5.2 Información requerida para la simulación**

### **5.2.1 Coeficientes de rugosidad**

La elección del coeficiente de rugosidad (“n” de Manning), se realizó mediante la observación en campo de las características del cauce principal y de los márgenes derecha e izquierda, así como la comparación con estudios anteriores y tablas (Cuadro 5.1).

Los valores de “n” varían según las características de los tramos del río. Sin embargo, para este proyecto se considera el coeficiente constante para cada tramo.

Cuadro N° 5.1. Valores del coeficiente de rugosidad para cauces naturales

<b>Valores de Manning</b>			
<b>Tipo de canal y descripción</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Normal</b>	<b>Máximo</b>
<b>A. Cauces naturales</b>			
<b>1. Canales principales</b>			
a. Limpio, recto, lleno, sin fisuras, fondo profundo	0.025	0.03	0.033
b. Igual al anterior, pero con algo de piedras y hierba	0.03	0.035	0.04
c. Limpio, sinuoso, poco profundo y bancos	0.033	0.04	0.045
d. Igual al anterior, pero con algo de hierba y piedras	0.035	0.045	0.05
e. Igual al anterior, niveles inferiores, más pendientes y secciones menos efectivas	0.04	0.048	0.055
f. Como el "d" pero mas piedras	0.045	0.05	0.06
g. Tramo lento, hierbas, fondo profundo	0.05	0.07	0.08
h. Tramo con mayor maleza, fondo profundo, o recorrido de crecidas con soporte de madera y arbustos bajos	0.07	0.1	0.15
<b>2. Llanura de inundación</b>			
a. Pastura sin arbustos			
1. Pasto corto	0.025	0.03	0.035
2. Pasto alto	0.03	0.035	0.05
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.02	0.03	0.04
2. Cultivo maduro alineado	0.025	0.035	0.045
3. Campo de cultivo maduro	0.03	0.04	0.05
c. Arbustos			
1. Arbustos escasos, mucha maleza,	0.035	0.05	0.07
2. Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.05	0.06
3. Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.04	0.06	0.08
4. Arbustos mediano a denso, en invierno	0.045	0.07	0.11
5. Arbustos mediano a denso, en verano	0.07	0.1	0.16
d. Árboles			
1. Terreno despejado con tocones de árboles, sin brotes	0.03	0.04	0.05
2. igual que el anterior, pero con muchos brotes	0.05	0.06	0.08
3. Soporte de madera, algunos árboles caídos, pequeño crecimiento inferior, flujo por debajo de las ramas	0.08	0.1	0.12
4. Igual al anterior, pero con flujo por encima de las ramas	0.1	0.12	0.16
5. Sauces densos, en verano, rectos	0.11	0.15	0.2
<b>3. Cauces de montañas, sin vegetación en el canal, márgenes usualmente empinados, con árboles y arbustos sobre márgenes sumergidos</b>			
a. Fondo: grava, guijarros, y algo de cantos radodos	0.03	0.04	0.05
b. Fondo: guijarros con mucho canto rodado	0.04	0.05	0.07

Fuente HEC RAS

En el cuadro 5.2, se indica los coeficientes de rugosidad por tramos y diferenciado por márgenes y cauce principal.

Cuadro N° 5.2. Valores del coeficiente de rugosidad por tramos

<b>Zona</b>	<b>Cauce</b>	<b>Margen derecha</b>	<b>Margen izquierda</b>
04	0.045 – 0.060	0.040 – 0.080	0.035 – 0.050
03	0.035 – 0.050	0.045 – 0.110	0.045 – 0.110
02	0.033 – 0.045	0.040 – 0.080	0.040 – 0.080
01	0.030 – 0.040	0.040 – 0.080	0.040 – 0.080

### 5.2.2 Caudales

Se considera un flujo permanente o estacionario; el caudal no varía con el tiempo. Los efectos de laminación de avenidas no se tomarán en cuenta en el modelo.

Según el capítulo IV, el caudal total de la cuenca para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años son 554, 921 y 1290 m<sup>3</sup>/s respectivamente. A partir de este punto se suman los caudales de las quebradas Juana Ríos, Montería, Pampagrande y Pacherez, estimados en 194, 379 y 556 m<sup>3</sup>/s, para los años de recurrencia indicados.

### 5.2.3 Pendiente del cauce

La pendiente del cauce de la zona 4 es 1.10%, que corresponde al tramo del puente San Carlos a la bocatoma Raca Rumi. La pendiente de la zona 3, es 0.57%, que corresponde al tramo de la bocatoma Raca Rumi al partidor La Puntilla. La pendiente del cauce de la zona 2 es 0.23%, que corresponde al tramo desde el partidor La Puntilla, hasta la bocatoma Monsefú - Eten y la pendiente de la zona 1, desde la bocatoma Monsefú – Eten hasta el mar, es 0.15%

### 5.2.4 Topografía

La topografía fue realizada en tres tramos. El primer tramo del litoral marino hasta la bocatoma Mosefú – Etén, a cargo del Proyecto Especial Olmos

Tinajones (PEOT) y de la Junta de Usuarios Chancay Lambayeque (JUDRCHL); el segundo tramo fue considerado desde la bocatoma Monsefú – Etén hasta el partidor La Puntilla, realizado por el PEOT y el tercer tramo corresponde del partidor La Puntilla hasta el puente San Carlos, elaborado a cargo de la JUDRCHL. La longitud total de la topografía es aproximadamente 86 Km.

La topografía ha considerado lo siguiente:

- ✓ En las zonas planas del cauce se consideró un área adicional de 200 m. como mínimo en cada margen.
- ✓ En zonas que exista coronación con probabilidad que ocurra desbordes (en cualquier margen), se consideró un área adicional (área agrícola) de 100 m.
- ✓ En zonas que contengan coronación de borde del cauce sin probabilidad de desborde, se consideró un área adicional de 50 m. a ambas márgenes.
- ✓ En todas las estructuras de cruce (puentes) e infraestructura hidráulica se fijó en el estribo de ambas márgenes un BM auxiliar para la georreferenciación.
- ✓ En los tramos de curva, se consideró mayor densidad de puntos de relleno topográfico.
- ✓ El control horizontal y vertical, tuvo en cuenta la Red Geodésica, validada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

#### **5.2.5 Modelo Digital de Terreno (MDT)**

Es la representación digital de la superficie terrestre; conjunto de capas (generalmente ráster) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (DEM).

A partir de las curvas de nivel se elaboró una Red Irregular de Triángulos (TIN), en los que se conoce la elevación y posición.

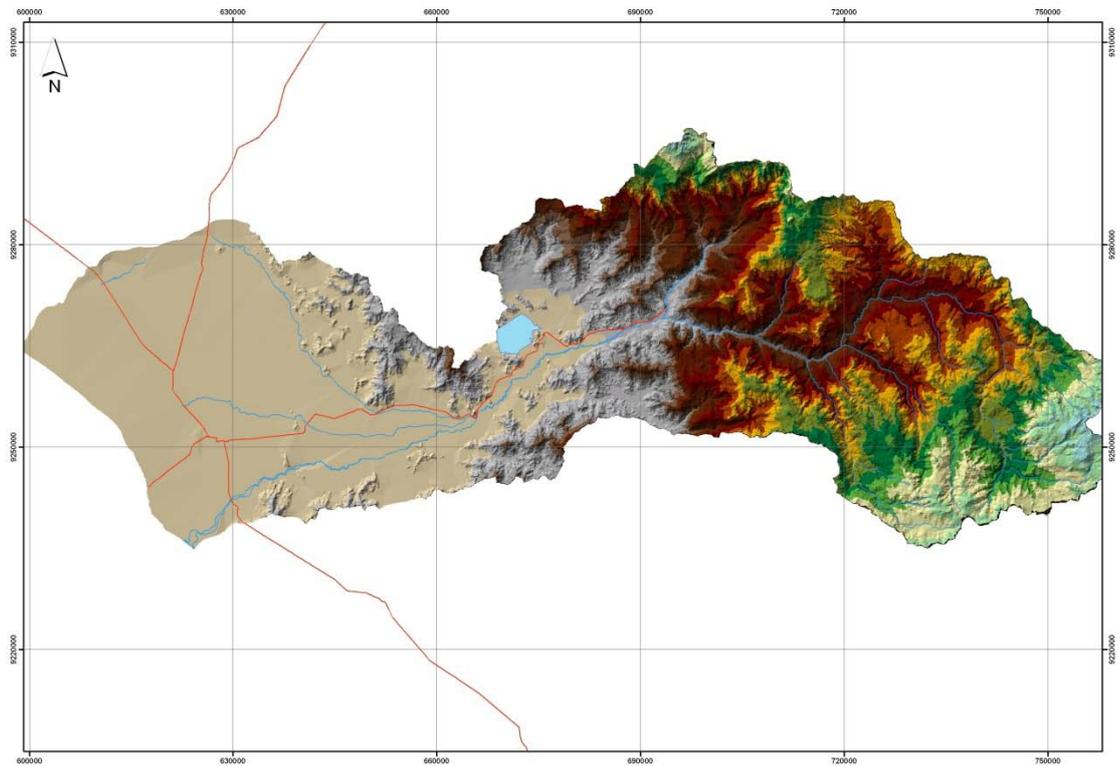


Figura 5.1. Modelo Digital de Elevaciones – TIN, cuenca Chancay Lambayeque

### 5.2.6 Ancho estable teórico del cauce (B)

Con el empleo del programa River, se estimó el ancho estable del cauce del río. El programa considera 5 métodos: (1) Recomendación Práctica, (2) Método de Petits, (3) Método de Simons y Henderson, (4) Método de Blench y Altunin y (5) Método de Manning y Strickler. Todos estos métodos son empíricos y bajo la teoría del régimen estable.

#### Tramo 4. Bocatoma Raca Rumi - Puente San Carlos

a. **Recomendación Práctica.** Este método está en función directa del caudal; según el cuadro siguiente, el ancho estable es 84.70 m.

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M <sup>3</sup> /S)	ANCHO ESTABLE ( B2 )
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

- b. **Método de Petits.** La expresión empleada es la siguiente  $B = 4.44 * Q^{0.5}$ , el ancho estable es 120.29 m
- c. **Método de Simons y Henderson.** Considerando un fondo de arena y orillas de cauce de grava y la expresión indicada, el ancho estable es 78.57 m.

Metodo de Simons y Henderson

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

Fondo y Orillas de Arena ..... K1 = 5.70  
 Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo ..... K1 = 4.20  
 Fondo y Orillas de Material Cohesivo ..... K1 = 3.60  
 Fondo y Orillas del cauce de Grava ..... K1 = 2.90  
 Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo ..... K1 = 2.80

- d. **Método de Blench y Altunin.** Considerando un factor de fondo (Fb) de 1.2 y un factor de orilla (Fs) de 0.1 y la expresión indicada, el ancho estable es 169.87 m.

$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$

Factor de Fondo (Fb)

0.80 - Mat. Finos (Dm<0.50 mm)  
 1.20 - Mat. Gruesos (Dm>0.50 mm)

Factor de Orilla (Fs)

0.10 - Mat. Suelos  
 0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos  
 0.30 - Mat. Cohesivos

- e. **Método de Manning Strickler.** Este método incluye como parámetros de cálculo a los coeficiente de rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m), tomando valores de 0.045, 10 y 0.70 respectivamente, el ancho estable es 93.80 m.

Metodo de Manning y Strickler

$$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

10 - Valor Practico  
 12 - Mat. Aluvial  
 16 - Mat Facilmente erosionable  
 03 - Mat. muy resistente

0.50 - Rios de Cauces Aluviales  
 0.70 - Rios de Cauces Arenosos  
 1.00 - Rios de Cauce de Montaña

En resumen tenemos que, el ancho estable en este tramo puede variar desde los 78.57 hasta 169.87 metros; para fines prácticas, se adopta un valor de 120 m como ancho estable del río; pudiendo éste variar según la geomorfología del río.

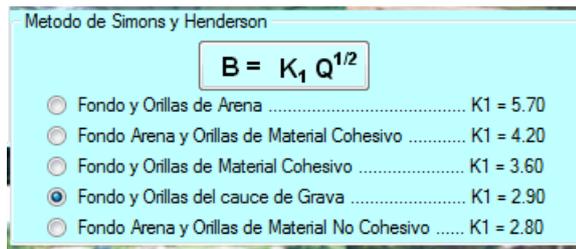
Método	B (m)
Recomendación Práctica	84.70
Método de Petits	120.29
Método de Simons y Henderson	78.57
Método de Blench y Altunin	169.87
Método de Manning Strickler	93.80

### Tramo 3. La Puntilla - Bocatoma Raca Rumi

- a. **Recomendación Práctica.** Este método está en función directa del caudal; según el cuadro siguiente, el ancho estable es 84.7 y 115.99 m.

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M <sup>3</sup> /S)	ANCHO ESTABLE ( B2 )
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

- b. **Método de Petits.** La expresión empleada es la siguiente  $B = 4.44 * Q^{0.5}$ , el ancho estable es 120.59 y 155.59 m
- c. **Método de Simons y Henderson.** Considerando un fondo de arena y orillas de cauce de grava y la expresión indicada, el ancho estable es 78.57 y 101.62 m.



- d. **Método de Blench y Altunin.** Considerando un factor de fondo (Fb) de 1.2 y un factor de orilla (Fs) de 0.1 y la expresión indicada, el ancho estable es 169.87 y 219.72 m.



- e. **Método de Manning Strickler.** Este método incluye como parámetros de cálculo a los coeficiente de rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m), tomando valores de 0.045, 10 y 0.70 respectivamente, el ancho estable es 106.98 y 138.38 m.



En resumen tenemos que, el ancho estable puede variar desde los 101.62 hasta 219.72 metros, para el caudal de diseño de 1228 m<sup>3</sup>/s. Para el caudal de diseño de 734 m<sup>3</sup>/s, el ancho varía desde los 84.70 metros hasta 169.87 metros. Con fines prácticas, se adopta en promedio 150 m como ancho estable del río; pudiendo éste variar según la geomorfología del río.

Método	B (m)
Recomendación Práctica	84.70 - 115.99
Método de Petits	120.29 - 155.59
Método de Simons y Henderson	78.57 - 101.62
Método de Blench y Altunin	169.87 - 219.72
Método de Manning Strickler	106.98 - 138.38

## Tramo 2. Bocatoma Monsefú Eten - La Puntilla

- a. **Recomendación Práctica.** Este método está en función directa del caudal; según el cuadro siguiente, el ancho estable es 115.99 y 119.54 m.

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M <sup>3</sup> /S)	ANCHO ESTABLE ( B2 )
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

- b. **Método de Petits.** La expresión empleada es la siguiente  $B = 4.44 * Q^{0.5}$ , el ancho estable es 155.59 y 159.47 m.
- c. **Método de Simons y Henderson.** Considerando un fondo de arena y orillas de cauce de grava y la expresión indicada, el ancho estable es 101.62 y 104.16 m.

Metodo de Simons y Henderson	
$B = K_1 Q^{1/2}$	
<input type="radio"/> Fondo y Orillas de Arena .....	K1 = 5.70
<input type="radio"/> Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo .....	K1 = 4.20
<input type="radio"/> Fondo y Orillas de Material Cohesivo .....	K1 = 3.60
<input checked="" type="radio"/> Fondo y Orillas del cauce de Grava .....	K1 = 2.90
<input type="radio"/> Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo .....	K1 = 2.80

- d. **Método de Blench y Altunin.** Considerando un factor de fondo (Fb) de 1.2 y un factor de orilla (Fs) de 0.1 y la expresión indicada, el ancho

estable es 219.72 y 225.20 m.

$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$

Factor de Fondo (F<sub>b</sub>)

0.80 - Mat. Finos (D<sub>m</sub><0.50 mm)

1.20 - Mat. Gruesos (D<sub>m</sub>>0.50 mm)

Factor de Orilla (F<sub>s</sub>)

0.10 - Mat. Suelos

0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos

0.30 - Mat. Cohesivos

- e. **Método de Manning Strickler.** Este método incluye como parámetros de cálculo a los coeficiente de rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m), tomando valores de 0.040, 10 y 0.70 respectivamente, el ancho estable es 157.14 y 161.06 m.

Metodo de Manning y Strickler

$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$

n

K

m

Coeficiente - Tipo de Material (K)

10 - Valor Practico

12 - Mat. Aluvial

16 - Mat Facilmente erosionable

03 - Mat. muy resistente

Coeficiente Cauce (m)

0.50 - Rios de Cauces Aluviales

0.70 - Rios de Cauces Arenosos

1.00 - Rios de Cauce de Montaña

En resumen tenemos que, el ancho estable puede variar desde los 104.16 hasta 225.20 metros, para el caudal de diseño de 1290 y 101.62 hasta 219.72, para caudal de diseño de 1228 m<sup>3</sup>/s. P

Para fines prácticas, se adopta en promedio 180 m como ancho estable del río; pudiendo éste variar según la geomorfología del río.

Método	B (m)
Recomendación Práctica	115.99 - 119.54
Método de Petits	155.59 - 159.47
Método de Simons y Henderson	101.62 - 104.16
Método de Blench y Altunin	219.72 - 225.20
Método de Manning Strickler	157.14 - 161.06

**Tramo 1. Mar - Bocatoma Monsefú Eten**

- a. **Recomendación Práctica.** Este método está en función directa del caudal; según el cuadro siguiente, el ancho estable es 119.54 m.

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M <sup>3</sup> /S)	ANCHO ESTABLE ( B2 )
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

- b. **Método de Petits.** La expresión empleada es la siguiente  $B = 4.44 * Q^{0.5}$ , el ancho estable es 159.47 m
- c. **Método de Simons y Henderson.** Considerando un fondo de arena y orillas de arena y la expresión indicada, el ancho estable es 204.72 m.

Metodo de Simons y Henderson

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

- Fondo y Orillas de Arena ..... K1 = 5.70
- Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo ..... K1 = 4.20
- Fondo y Orillas de Material Cohesivo ..... K1 = 3.60
- Fondo y Orillas del cauce de Grava ..... K1 = 2.90
- Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo ..... K1 = 2.80

- d. **Método de Blench y Altunin.** Considerando un factor de fondo (Fb) de 1.2 y un factor de orilla (Fs) de 0.1 y la expresión indicada, el ancho estable es 225.20 m.

$$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$$

Factor de Fondo (Fb)

- 0.80 - Mat. Finos (Dm<0.50 mm)
- 1.20 - Mat. Gruesos (Dm>0.50 mm)

Factor de Orilla (Fs)

- 0.10 - Mat. Suelos
- 0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos
- 0.30 - Mat. Cohesivos

- e. **Método de Manning Strickler.** Este método incluye como parámetros de cálculo a los coeficiente de rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m), tomando valores de 0.035, 12 y 0.50 respectivamente, el ancho estable es 202.77 m.

En resumen tenemos que, el ancho estable puede variar desde los 119.54 hasta 225.20 metros; para fines prácticas, se adopta en promedio 200 m como ancho estable del río; pudiendo éste variar según la geomorfología del río.

Método	B (m)
Recomendación Práctica	119.54
Método de Petits	159.47
Método de Simons y Henderson	204.72
Método de Blench y Altunin	225.20
Método de Manning Strickler	202.77

### 5.3 Determinación del eje del río

La longitud del eje del río es 86,520 m. La progresiva 0+000, inicia en el litoral marino y tiene las siguientes coordenadas: Este (X) 622836, Norte (Y) 9235735. La progresiva 86+520 (fin del tramo), tiene las siguientes coordenadas: Este (X) 691339, Norte (Y) 9268456. Figura 5.2.

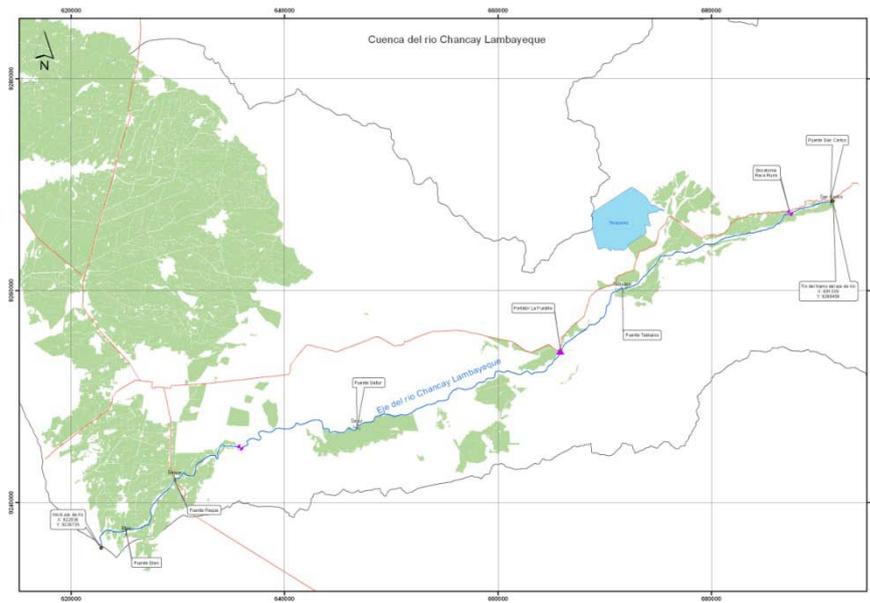


Figura 5.2. Eje del río Chancay Lambayeque

#### 5.4 Trabajo previo con Sistema de Información Geográfica (preRas)

Estos pasos previos fue realizado con ArcView 3.2 y ArcGis 9.3. En esta fase; se creó lo siguiente:

- ✓ Información geométrica (eje del cauce, márgenes izquierda y derecha, delimitación del área de flujo y secciones transversales).
- ✓ Topología y atributos al cauce del río.
- ✓ Topología y atributos a las secciones cauce del río.
- ✓ Creación de archivos de exportación para HEC-RAS

#### 5.5 Trabajo con HEC RAS

En esta fase de la simulación se realiza los siguientes pasos:

- ✓ Importación de la geometría del SIG
- ✓ Introducción de parámetros faltantes
- ✓ Introducción de datos hidráulicos
- ✓ Realizar la corrida en flujo estacionario y régimen mixto
- ✓ Generación de un archivo de exportación para SIG.

## **5.6 Post proceso con SIG**

En esta fase de la simulación se realiza los siguientes pasos:

- ✓ Importación del archivo generado en la fase de trabajo con HEC-RAS.
- ✓ Creación de ficheros vectoriales de superficies que son ocupados por las secciones transversales.
- ✓ Creación de las zonas de inundación por cada tipo de caudal.
- ✓ Creación del fichero del calado y tirante.
- ✓ Creación del fichero de la velocidad del flujo.

## **5.7 Plan de simulación**

Con fines de un modelamiento más robusto se ha interpolado las secciones transversales principales cada 25 metros; para un flujo estacionario y régimen mixto

## **5.8 Resultados**

Los resultados corresponden a la simulación hidráulica del río desde el puente San Carlos, el litoral marino, con las condiciones indicadas líneas arriba.

### **5.8.1 Tramo Mar - Bocatoma Monsefú Eten**

#### **A. Evaluación de los parámetros hidráulicos**

Los resultados se detallarán en tramos de 5 kilómetros, para las siguientes variables: tirante o calado, velocidad del flujo y Número de Froude.

##### **a. Tirante o calado máximo**

En el cuadro 5.3, se muestra los niveles de agua (en metros) para los caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.3. Niveles máximos de tirantes o calados

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
00+000 - 05+000	1.32	1.67	1.94
05+000 - 10+000	1.86	2.29	2.60
10+000 - 15+000	2.35	2.86	3.24
15+000 - 19+100	3.20	3.76	4.20

### b. Velocidad de flujo máximo

En el cuadro 5.4, se indica las velocidades máximas (en m/s) para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.4. Velocidades del flujo

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
00+000 - 05+000	1.32	1.55	1.72
05+000 - 10+000	1.72	2.05	2.29
10+000 - 15+000	2.23	2.63	2.99
15+000 - 19+100	2.47	2.95	3.33

### c. Número de Froude

En el cuadro 5.5, se muestra el Número de Froude para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.5. Número de Froude

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
00+000 - 05+000	0.46	0.46	0.45
05+000 - 10+000	0.46	0.51	0.52
10+000 - 15+000	0.63	0.65	0.67
15+000 - 19+100	0.72	0.76	0.80

Los tirantes máximos varían de acuerdo a los tramos, los mayores valores se encuentran en el kilometraje de 15 a 18, cerca a la bocatoma Monsefú Eten. Para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno, los valores son 3.20, 3.76 y 4.20 metros, respectivamente.

Las velocidades máximas varían de acuerdo al recorrido, las mayores velocidades se encuentran en el tramo del kilómetro 15 al 18. Para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno, los valores son 2.47, 2.95 y 3.33 metros por segundo.

Según el cuadro 5.5, el régimen del flujo a lo largo de todo el tramo es subcrítico, con Número de Froude menores a 1.

#### **B. Llanura de inundación**

El área afectada directa como consecuencia del desborde del río (llanura de inundación), para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno se indica a continuación.

Escenarios	Caudal de máxima avenida (m <sup>3</sup> /s)	Periodo de retorno (años)	Áreas agrícolas inundables (has)
Escenario 1	554	10	721
Escenario 2	921	25	920
Escenario 3	1,290	50	1,154

En las siguientes figuras se observa la llanura de inundación, para caudales con periodos de recurrencia de 10, 25 y 50 años.

El área total inundable para 10 años es de 972 ha y un área bajo riego de 721 Ha; para 25 años el área total inundable es de 1,300 Ha y 920 Ha bajo riego y para 50 años el área total inundable es de 1,474 Ha y 1,154 Ha bajo riego.

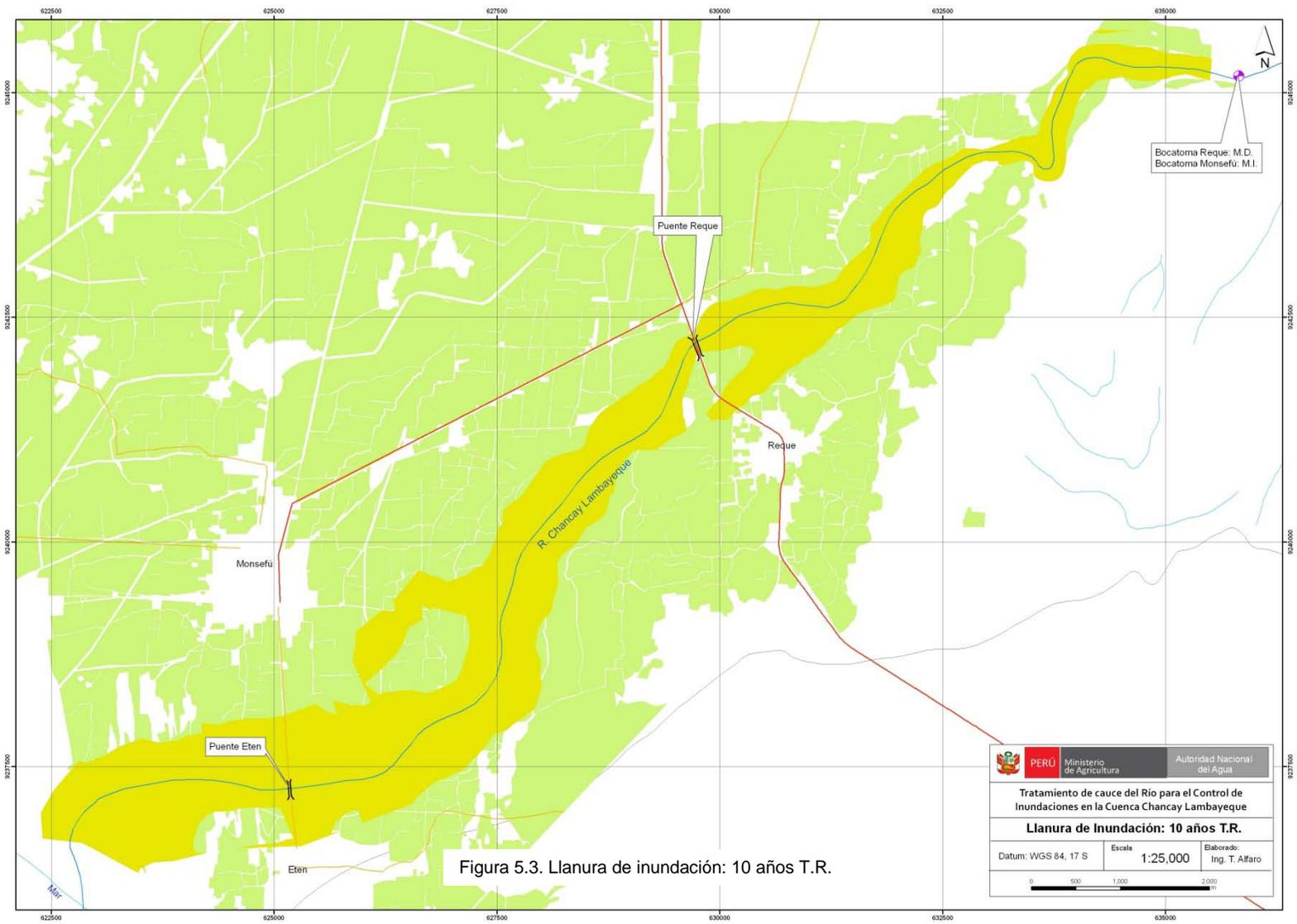


Figura 5.3. Llanura de inundación: 10 años T.R.

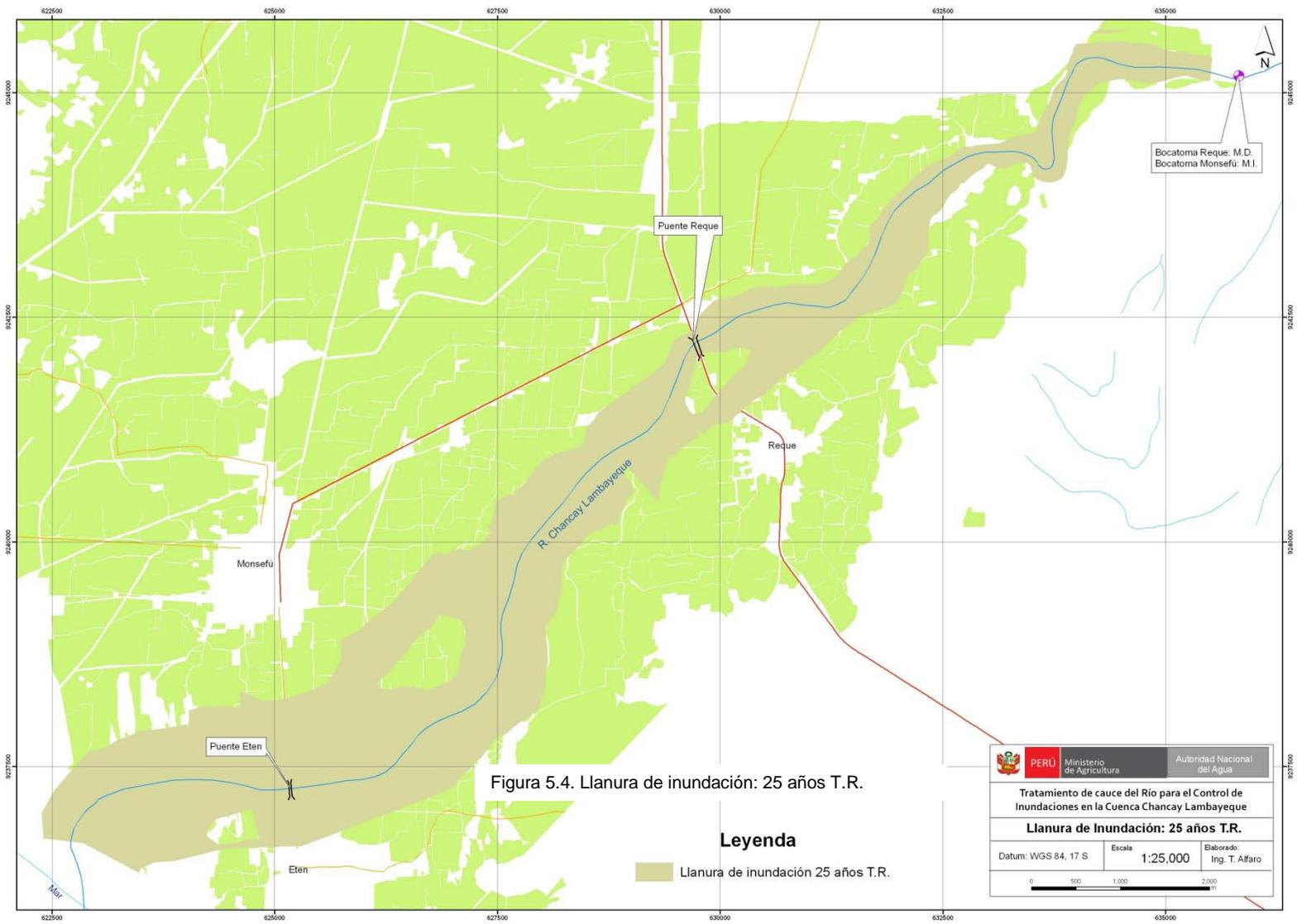
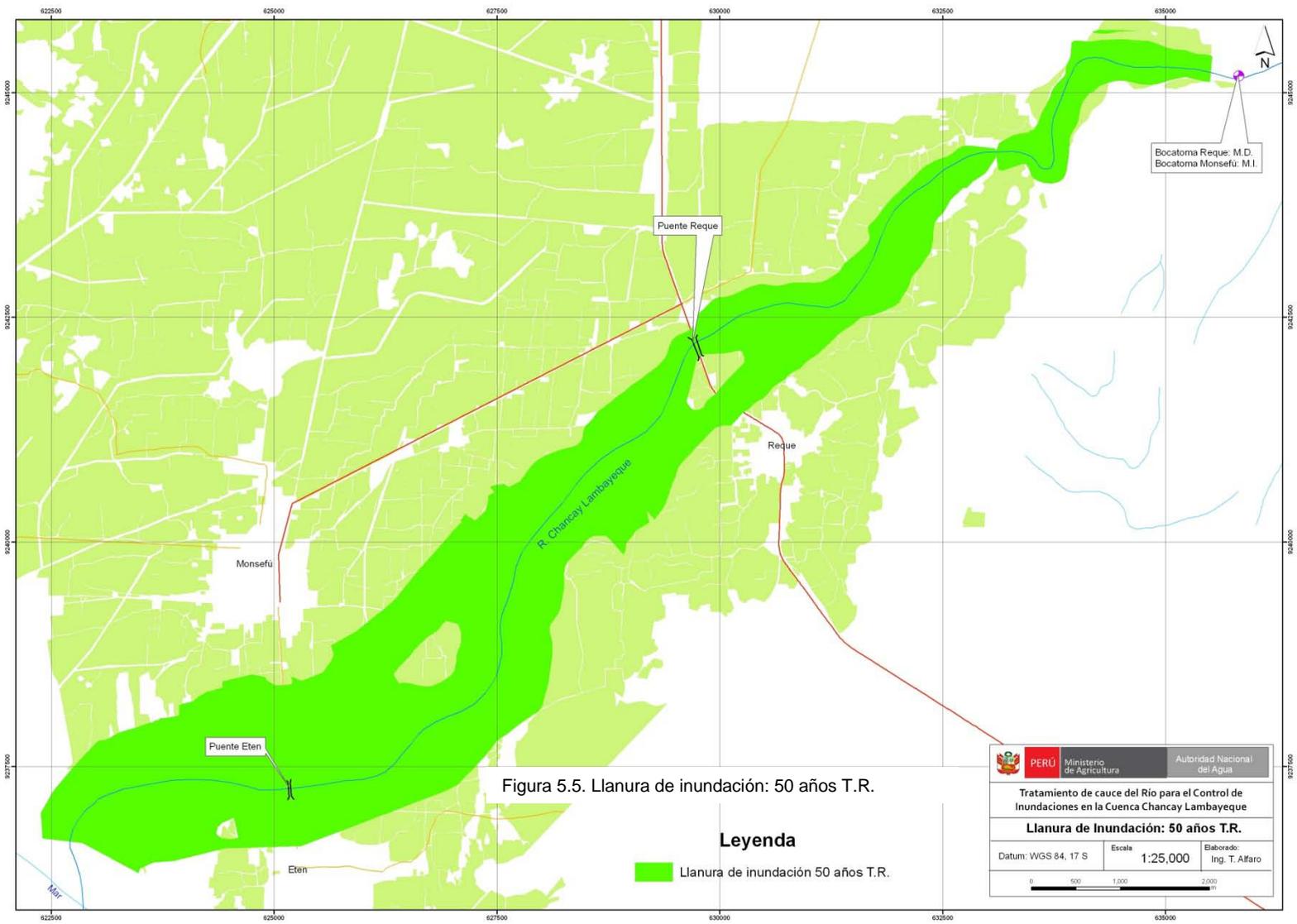


Figura 5.4. Llanura de inundación: 25 años T.R.

**Leyenda**  
 Llanura de inundación 25 años T.R.

<b>Tratamiento de cauce del Río para el Control de Inundaciones en la Cuenca Chancay Lambayeque</b>	
<b>Llanura de Inundación: 25 años T.R.</b>	
Datum: WGS 84, 17 S	Elaborado: Ing. T. Alfaro
Escala: 1:25,000	



A lo largo del tramo se ubica la bocatoma Monsefú Eten y los canales derivadores de Monsefú y Reque con una capacidad de riego de 3,363 y 710 Ha, respectivamente. Si la infraestructura hidráulica llegaran a colapsar o sedimentarse debido a las inundaciones y erosiones, el efecto inmediato sería el desabastecimiento de agua hacia los campos de cultivo; estaría en riesgo la pérdida del 20 al 30% de los campos agrícolas, unos 815 a 1,222 Ha.

### 5.8.2 Tramo Bocatoma Monsefú Eten – La Puntilla

#### C. Evaluación de los parámetros hidráulicos

Los resultados se mostrarán en tramos de 5 kilómetros, para las siguientes variables: tirante o calado, velocidad del flujo y Número de Froude.

#### d. Tirante o calado máximo

En el cuadro 5.6, se muestra los rangos de niveles de agua (en metros) para los caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.6. Niveles máximos de tirantes o calados (rango)

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
19+100 - 24+100	1.67-2.74	2.13-3.38	2.51-3.92
24+100 - 29+100	1.61-3.24	2.04-3.91	2.39-4.42
29+100 - 34+100	1.25-4.03	1.54-4.38	2.10-5.46
34+100 - 39+100	1.33-3.13	1.86-3.79	2.27-4.31
39+100 - 44+100	1.24-3.58	1.64-4.32	1.86-4.88
44+100 - 49+100	1.42-3.33	1.83-3.90	2.15-4.34
49+100 - 54+100	0.53-1.67	0.76-1.93	0.94-2.17
54+100 - 55+980	1.16-1.82	1.38-2.14	1.58-2.40

El tirante promedio en este tramo, para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 2.20, 2.70 y 3.10 m, respectivamente.

### e. Velocidad de flujo

En el cuadro 5.7, se indican los rangos de velocidades (m/s) para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.7. Velocidades del flujo

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
19+100 - 24+100	0.65-3.22	0.85-3.65	0.98-3.97
24+100 - 29+100	0.84-3.43	1.02-3.78	1.17-3.99
29+100 - 34+100	1.00-3.62	1.29-3.97	1.52-4.30
34+100 - 39+100	1.20-3.25	1.44-3.51	1.67-3.85
39+100 - 44+100	0.88-2.40	1.12-3.07	1.32-3.55
44+100 - 49+100	1.05-3.16	1.29-3.53	1.47-3.82
49+100 - 54+100	0.84-2.93	1.05-3.09	1.21-3.42
54+100 - 55+980	1.31-2.62	1.63-3.13	1.87-3.50

Las velocidades promedio en este tramo, para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 1.72, 2.00 y 2.23 m, respectivamente.

### f. Número de Froude

En el cuadro 5.8, se indican los rangos del Número de Froude para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.8. Número de Froude

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
19+100 - 24+100	0.16-0.98	0.17-0.96	0.18-0.93
24+100 - 29+100	0.17-0.99	0.19-0.96	0.20-0.92
29+100 - 34+100	0.21-1.10	0.24-1.20	0.24-1.00
34+100 - 39+100	0.27-0.91	0.28-0.88	0.30-0.86
39+100 - 44+100	0.16-0.69	0.18-0.77	0.20-0.82
44+100 - 49+100	0.22-1.06	0.25-0.98	0.26-0.95
49+100 - 54+100	0.29-1.14	0.34-0.88	0.37-0.90
54+100 - 55+980	0.36-0.86	0.40-0.92	0.42-0.96

Los promedios del Número de Froude en este tramo, para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 0.46, 0.47 y 0.47 m, respectivamente.

Según el cuadro 5.8, el régimen del flujo a lo largo de todo el tramo es generalmente subcrítico, con valores del Número de Froude menores a 1.

#### **D. Llanura de inundación**

El área afectada directa como consecuencia del desborde del río (llanura de inundación), para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno se indica a continuación.

Escenarios	Caudal de máxima avenida (m <sup>3</sup> /s)	Periodo de retorno (años)	Áreas total inundables (has)	Áreas agrícolas inundables (has)
Escenario 1	533 - 554	10	811	680
Escenario 2	879 - 921	25	1,154	950
Escenario 3	1,228 - 1,290	50	1,475	1,225

En las siguientes figuras se observa la llanura de inundación, para caudales con periodos de recurrencia de 10, 25 y 50 años.

El área total inundable para 10 años es de 811 ha y un área bajo riego de 680 Ha; para 25 años el área total inundable es de 1,154 Ha y 950 Ha bajo riego y para 50 años el área total inundable es de 1,475 Ha y 1,225 Ha bajo riego.

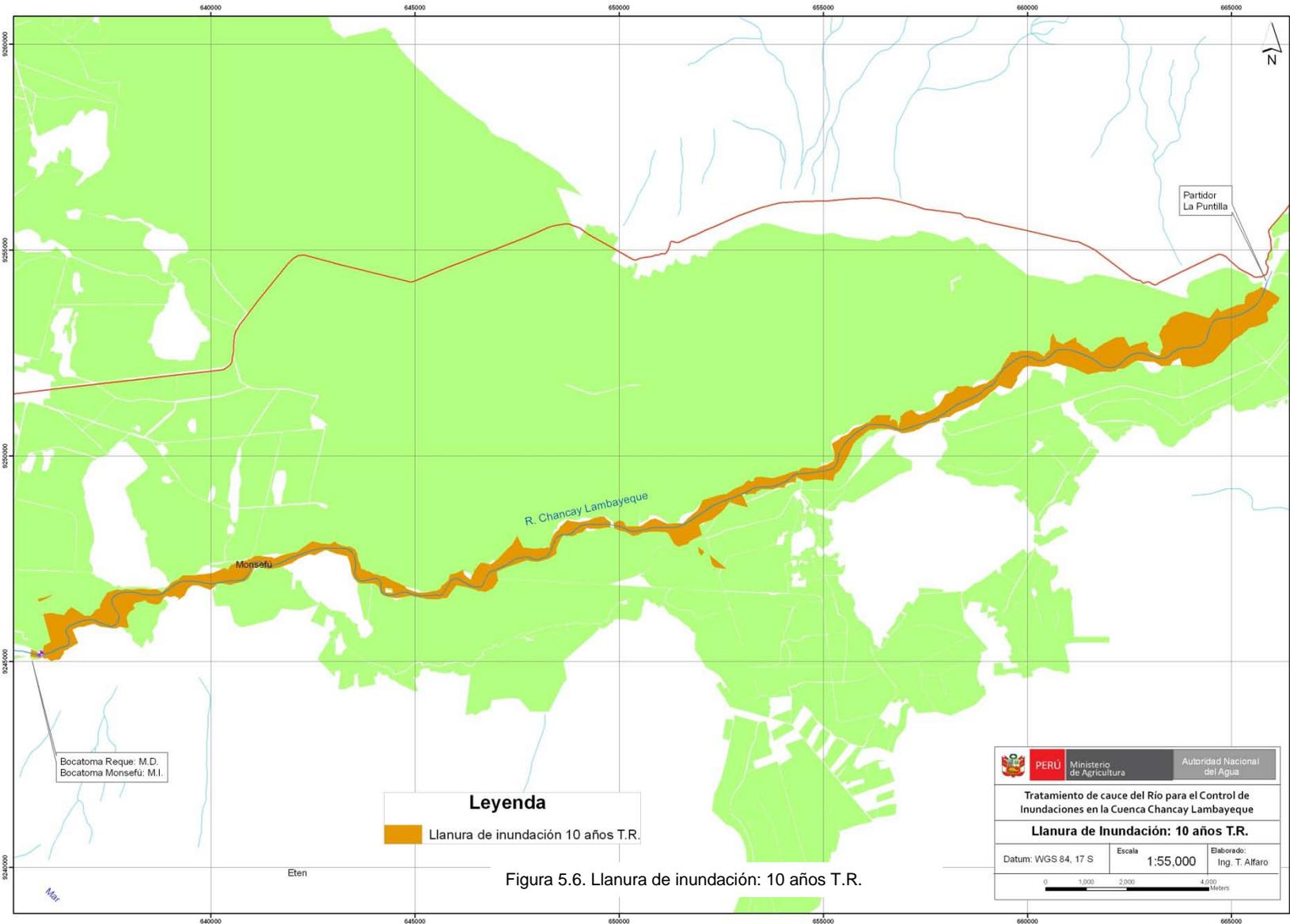
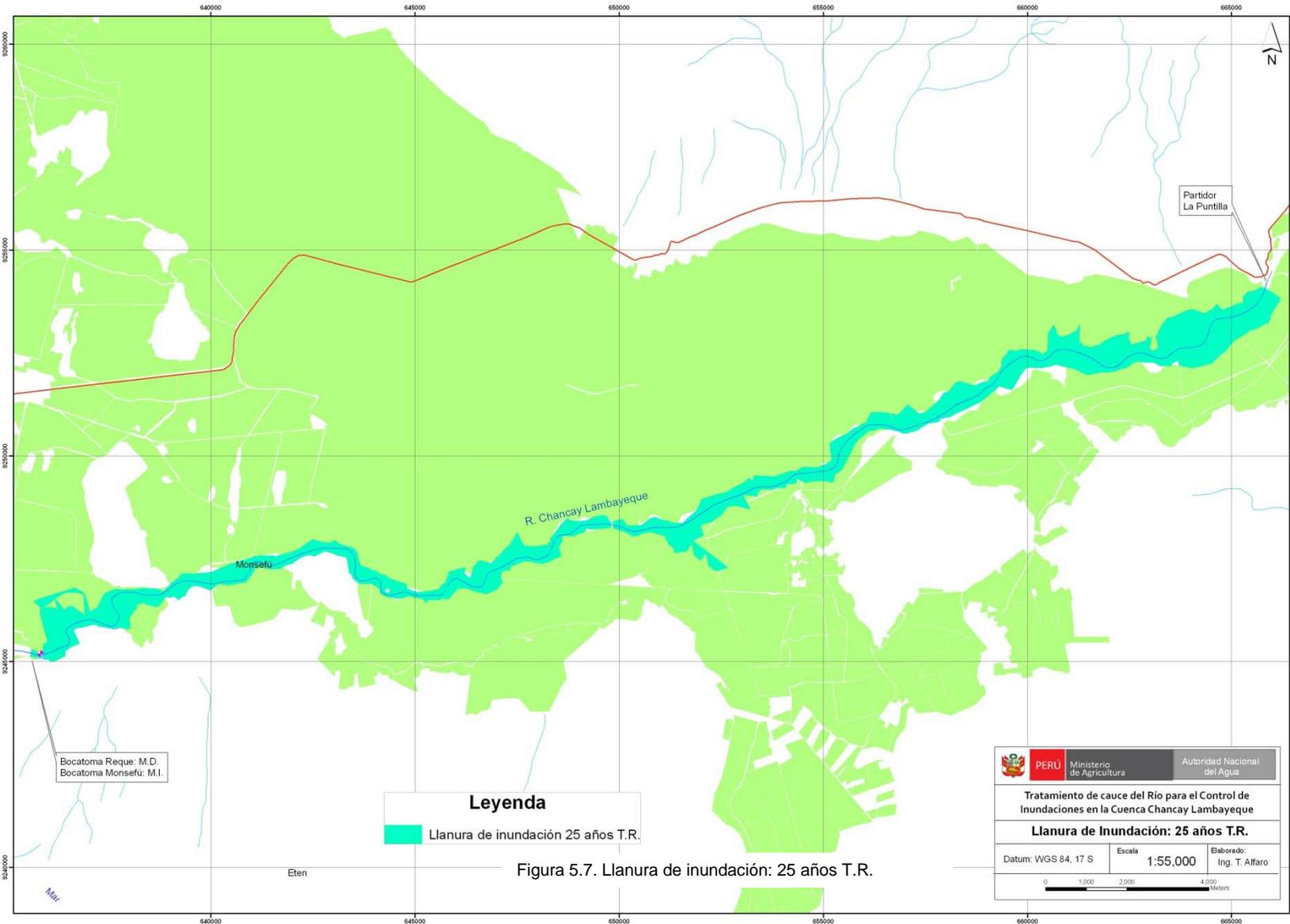
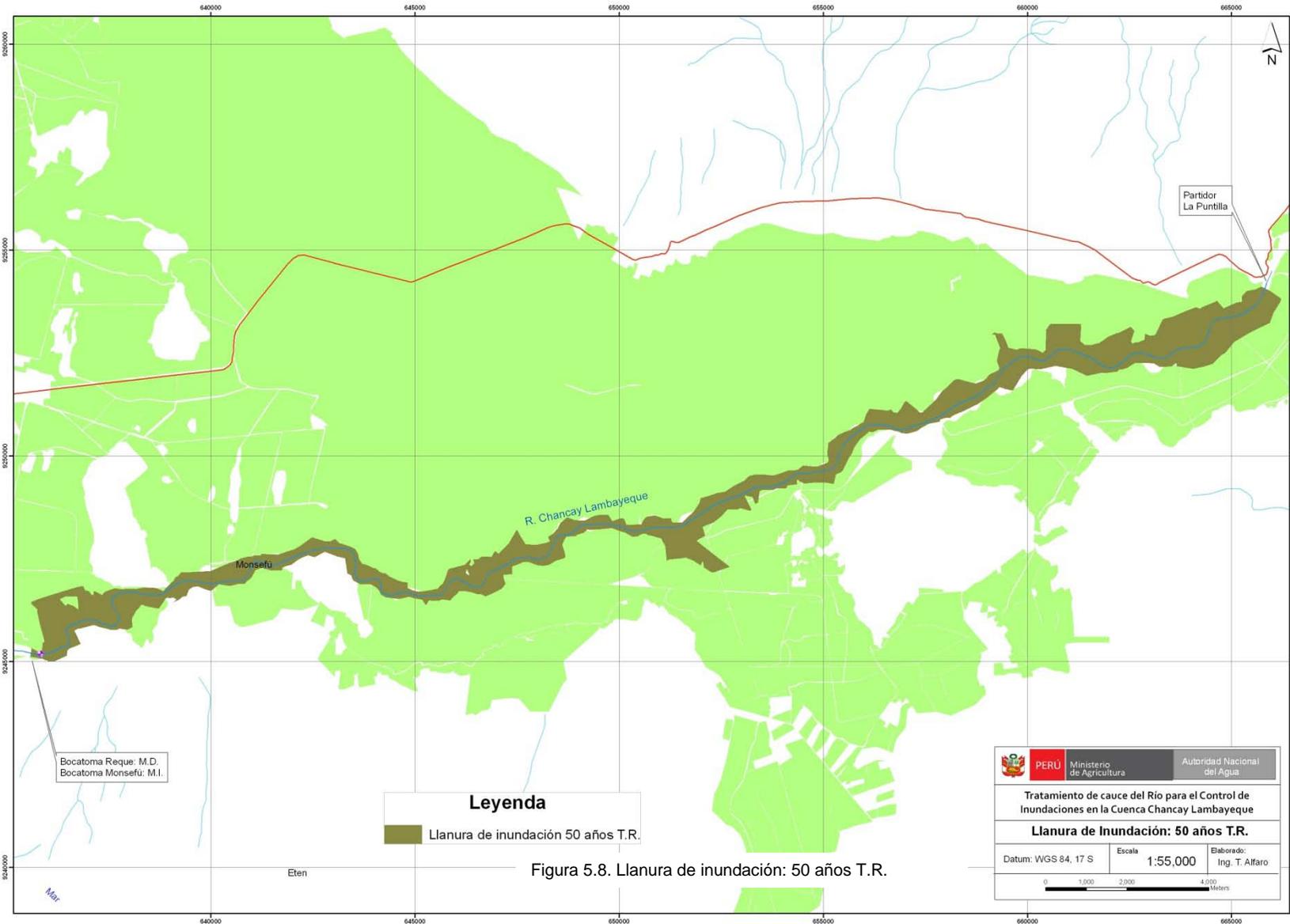


Figura 5.6. Llanura de inundación: 10 años T.R.





### 5.8.3 Tramo La Puntilla – Bocatoma Raca Rumi

#### E. Evaluación de los parámetros hidráulicos

Los resultados se mostrarán en tramos de 5 kilómetros, para las siguientes variables: tirante o calado, velocidad del flujo y Número de Froude.

##### g. Tirante o calado máximo

En el cuadro 5.9, se muestra los rangos de niveles de agua (en metros) para los caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.9. Niveles máximos de tirantes o calados (rango)

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
55+980 - 60+980	1.17 - 1.78	1.42 - 2.18	1.62 - 2.47
60+980 - 65+980	1.14 - 2.04	1.39 - 2.31	1.56 - 2.57
65+980 - 70+980	1.16 - 1.93	1.34 - 2.30	1.57 - 2.63
70+980 - 75+980	1.19 - 1.79	1.41 - 1.99	1.58 - 2.17
75+980 - 80+980	1.39 - 2.06	1.67 - 2.35	1.85 - 2.58
80+980 - 82+780	1.29 - 1.58	1.56 - 1.84	1.83 - 2.06

El tirante promedio en este tramo, para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 2.20, 2.70 y 3.10 m, respectivamente.

##### h. Velocidad de flujo

En el cuadro 5.10, se indican los rangos de velocidades (m/s) para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.10. Velocidades del flujo

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
55+980 - 60+980	0.48 - 1.85	0.46 - 2.06	0.65 - 2.30
60+980 - 65+980	0.36 - 2.50	0.50 - 2.80	0.70 - 2.83
65+980 - 70+980	1.16 - 2.93	1.38 - 3.40	1.57 - 3.52
70+980 - 75+980	0.31 - 2.76	0.44 - 3.07	0.36 - 3.30
75+980 - 80+980	0.73 - 3.19	0.86 - 3.55	0.98 - 3.92
80+980 - 82+780	0.86 - 2.85	1.09 - 3.27	1.29 - 2.88

Las velocidades promedio en este tramo, para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 1.72, 2.00 y 2.23 m, respectivamente.

#### i. Número de Froude

En el cuadro 5.11, se indican los rangos del Número de Froude para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.11. Número de Froude

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
55+980 - 60+980	0.22 - 0.66	0.25 - 0.67	0.27 - 0.69
60+980 - 65+980	0.21 - 0.98	0.23 - 0.97	0.26 - 0.86
65+980 - 70+980	0.29 - 1.17	0.2 - 1.18	0.34 - 1.12
70+980 - 75+980	0.38 - 1.30	0.41 - 1.19	0.42 - 1.11
75+980 - 80+980	0.27 - 1.33	0.29 - 1.33	0.31 - 1.36
80+980 - 82+780	0.39 - 1.21	0.41 - 1.24	0.42 - 1.14

Los promedios del Número de Froude en este tramo, para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 0.70, 0.70 y 0.69 m, respectivamente.

En general el régimen del flujo a lo largo de todo el tramo es generalmente subcrítico, con valores del Número de Froude menores a 1; sin embargo hay tramos con regímenes supercríticos.

## F. Llanura de inundación

El área afectada directa como consecuencia del desborde del río (llanura de inundación), para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno se indica a continuación.

Escenarios	Caudal de máxima avenida (m <sup>3</sup> /s)	Periodo de retorno (años)	Áreas total inundables (has)	Áreas agrícolas inundables (has)
Escenario 1	360 - 533	10	850	832
Escenario 2	542 - 879	25	1,050	1,035
Escenario 3	734 - 1228	50	1,235	1,207

En las siguientes figuras se observa la llanura de inundación, para caudales con periodos de recurrencia de 10, 25 y 50 años.

El área total inundable para 10 años es de 850 ha y un área bajo riego de 832 Ha; para 25 años el área total inundable es de 1,050 Ha y 1035 Ha bajo riego y para 50 años el área total inundable es de 1,235 Ha y 1,207 Ha bajo riego.

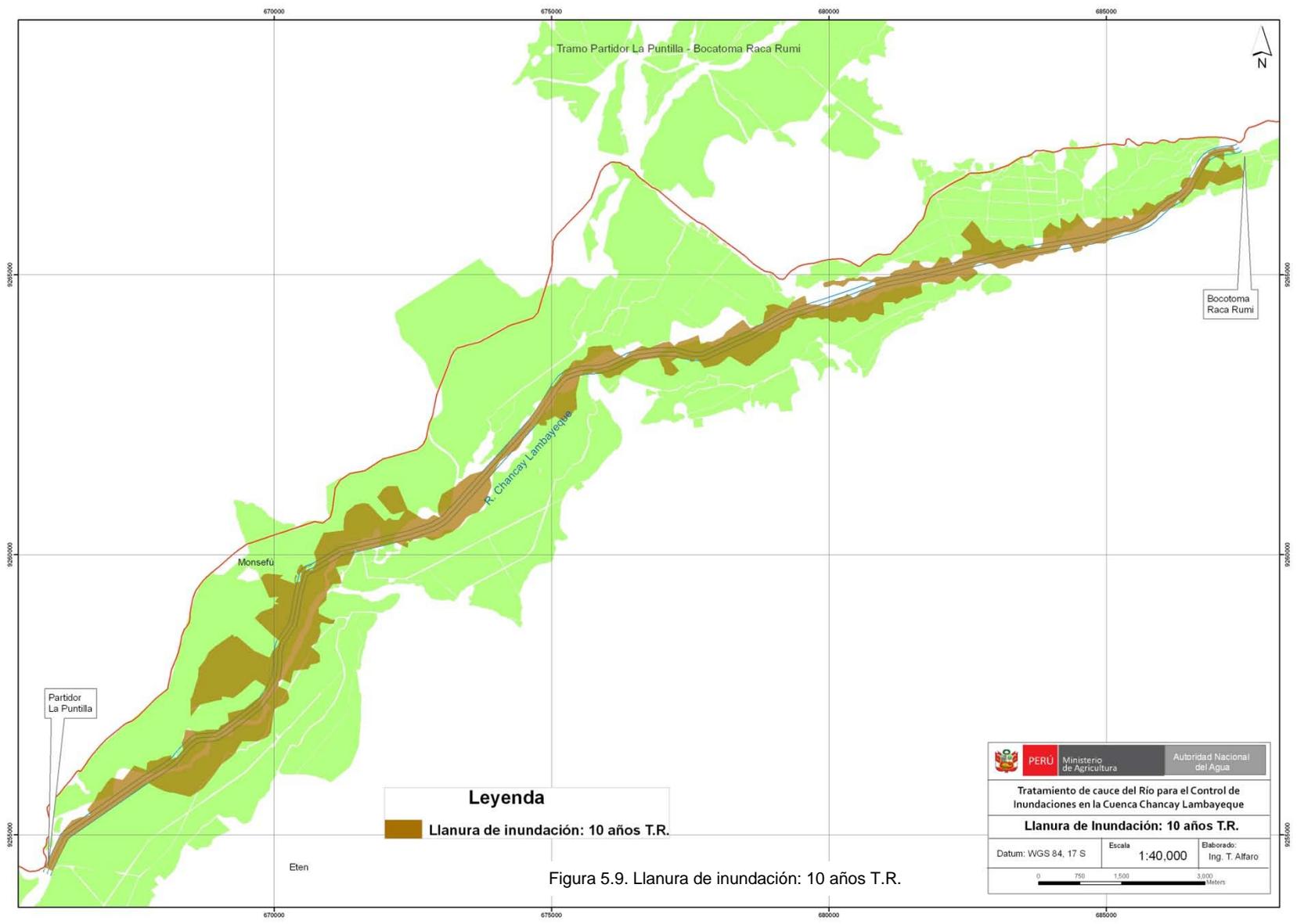


Figura 5.9. Llanura de inundación: 10 años T.R.

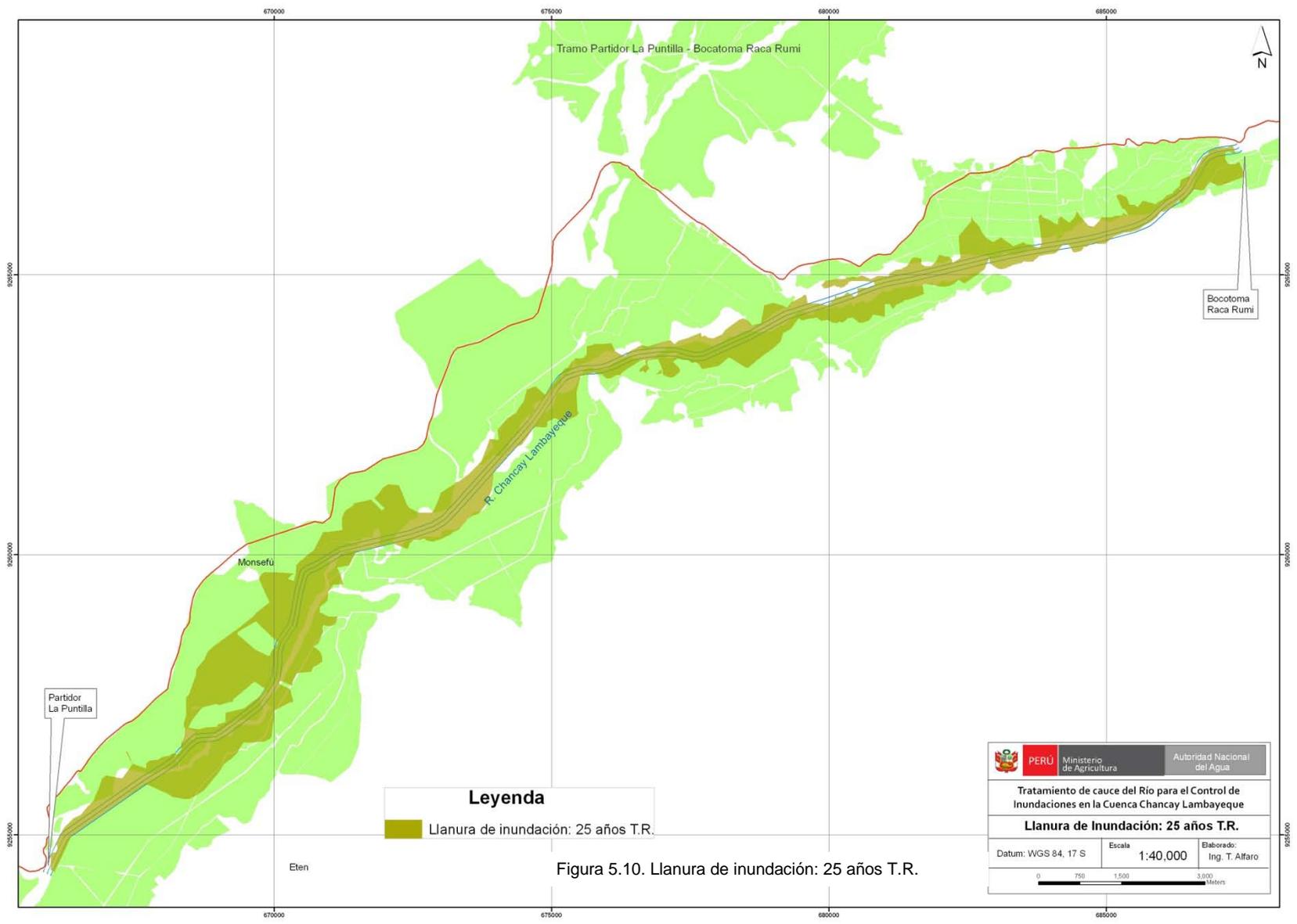


Figura 5.10. Llanura de inundación: 25 años T.R.

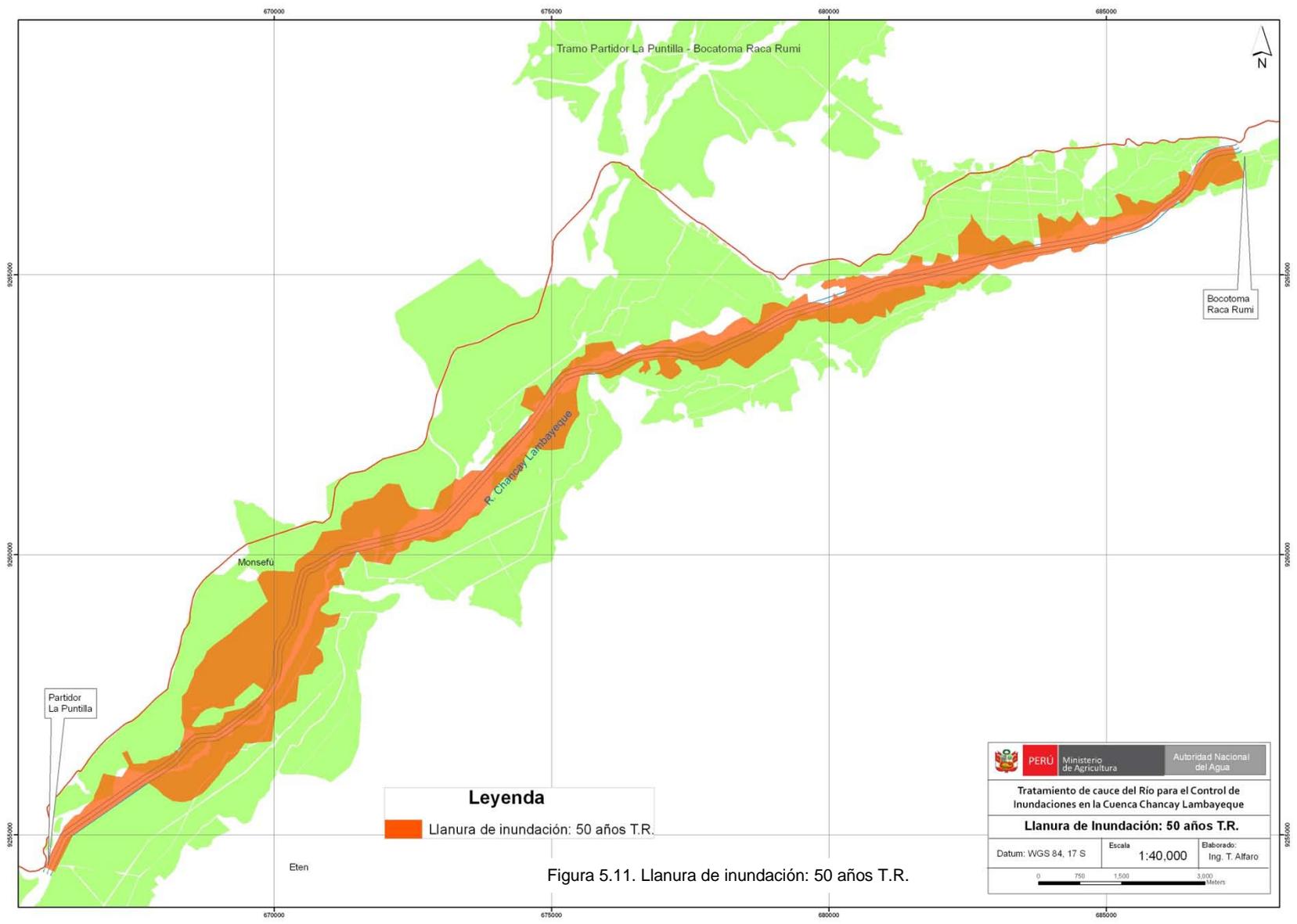


Figura 5.11. Llanura de inundación: 50 años T.R.

#### 5.8.4 Tramo Bocatoma Raca Rumi – Puente San Carlos

##### G. Evaluación de los parámetros hidráulicos

Los resultados se muestran en un solo tramo, para las siguientes variables: tirante (calado), velocidad del flujo y Número de Froude.

##### j. Tirante o calado máximo

En el cuadro 5.12, se muestra los rangos de niveles de agua (en metros) para los caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.12. Niveles máximos de tirantes o calados (rango)

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
82+780 - 87+100	1.10 – 1.82	1.29 - 2.1	1.44 – 2.34

El tirante promedio en este tramo, para los 3 de periodo de retorno son 1.46, 1.70 y 1.89 m, respectivamente.

##### k. Velocidad de flujo

En el cuadro 5.13, se indican los rangos de velocidades (m/s) para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.13. Velocidades del flujo

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
82+780 - 87+100	0.64 - 3.13	0.94 – 3.26	1.10 - 4.27

Las velocidades promedios en este tramo, para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 1.89, 2.10 y 2.69 m, respectivamente.

## I. Número de Froude

En el cuadro 5.14, se indican los rangos del Número de Froude para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 5.11. Número de Froude

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
82+780 - 87+100	0.31 – 1.04	0.33 - 0.97	0.35 – 1.26

Los promedios del Número de Froude en este tramo, para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 0.68, 0.65 y 0.81 m, respectivamente.

Para caudales de 10 y 25 años de periodo de retorno, el régimen del flujo a lo largo de todo el tramo es generalmente subcrítico; para el caudal de 50 años, se presentan flujos de régimen subcrítico y supercrítico.

## H. Llanura de inundación

El área afectada directa como consecuencia del desborde del río (llanura de inundación), para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno se indica a continuación.

Escenarios	Caudal de máxima avenida (m <sup>3</sup> /s)	Periodo de retorno (años)	Áreas total inundables (has)	Áreas agrícolas inundables (has)
Escenario 1	360	10	90	86
Escenario 2	542	25	108	102
Escenario 3	734	50	120	112

En las siguientes figuras se observa la llanura de inundación, para caudales con periodos de recurrencia de 10, 25 y 50 años.

El área total inundable para 10 años es de 90 ha y un área bajo riego de 86 Ha; para 25 años el área total inundable es de 108 Ha y 102 Ha bajo riego y para 50 años el área total inundable es de 120 Ha y 112 Ha bajo riego.

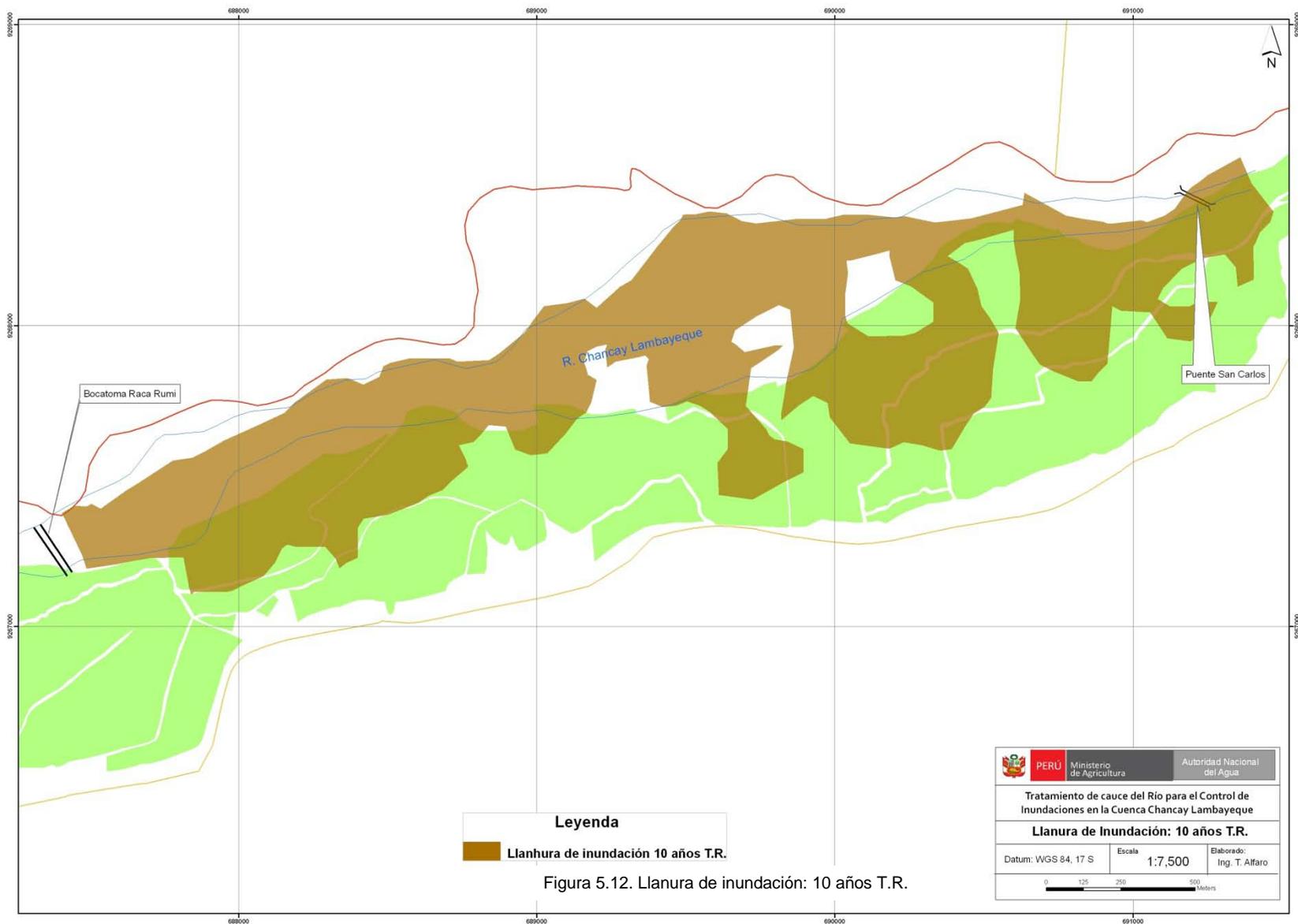
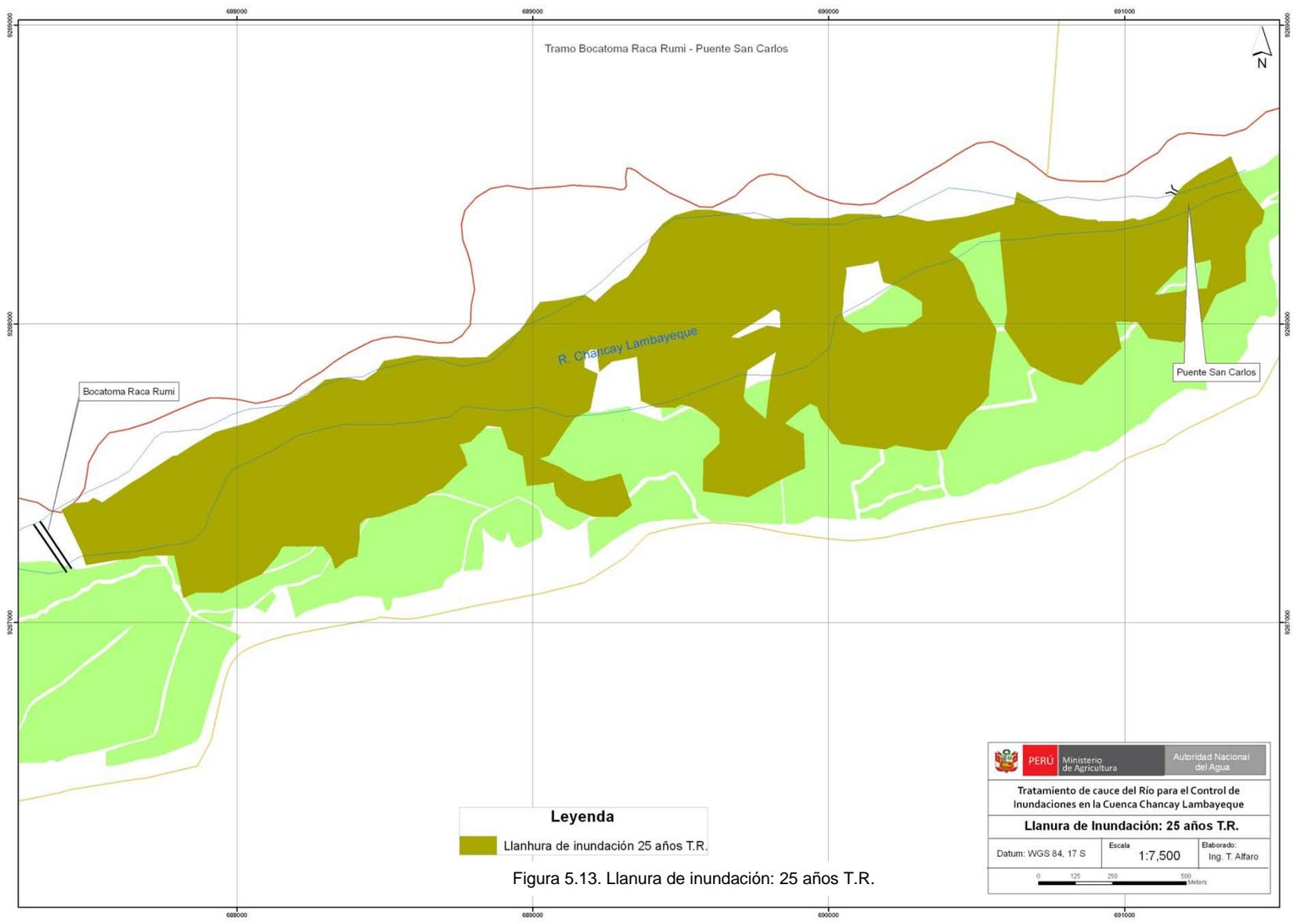


Figura 5.12. Llanura de inundación: 10 años T.R.



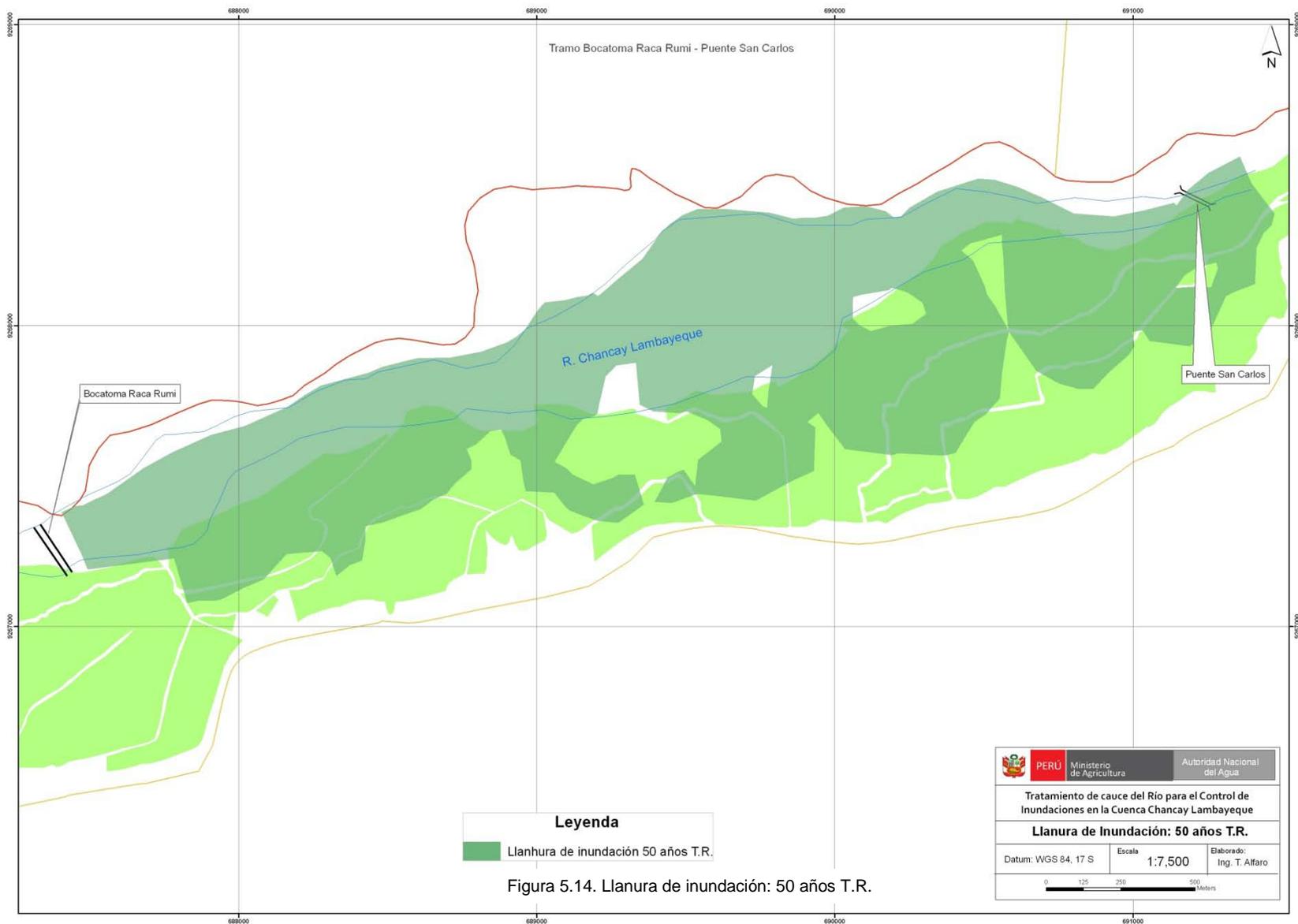


Figura 5.14. Llanhura de inundación: 50 años T.R.

## **CAPITULO 6**

### **PROPUESTA DE ACCIONES ESTRATEGICAS**

#### **6.1 Identificación de zonas vulnerables**

El análisis de los tramos vulnerables, se describirán en tramos de 5 Km, siendo la progresiva 0+000 el litoral marino.

##### **A. Zona Mar-bocatoma Monsefú Eten**

**Tramo 0+000 – 5+000.** En este tramo el Ministerio de Transporte ha estado construyendo diques enrocados a la altura del puente Eten. Se caracteriza, por ser el tramo más próximo al litoral marino, con pendientes muy bajas susceptibles de ser inundadas grandes áreas.

La vulnerabilidad de este tramo, se detalla:

- ✓ Material de arrastre acumulado en el cauce del río.
- ✓ Riesgo de inundación de la ciudad de Eten, las viviendas ubicadas al lado izquierdo de la margen del río tienen mayor riesgo de ser inundadas.
- ✓ En el sector Cumpa El Milagro, de la margen izquierda del río, se ha identificado un tramo con riesgo de inundación.
- ✓ En la margen derecha, se han identificado dos tramos críticos con riesgo de inundación: Cusupe y Cusupe Palmo.

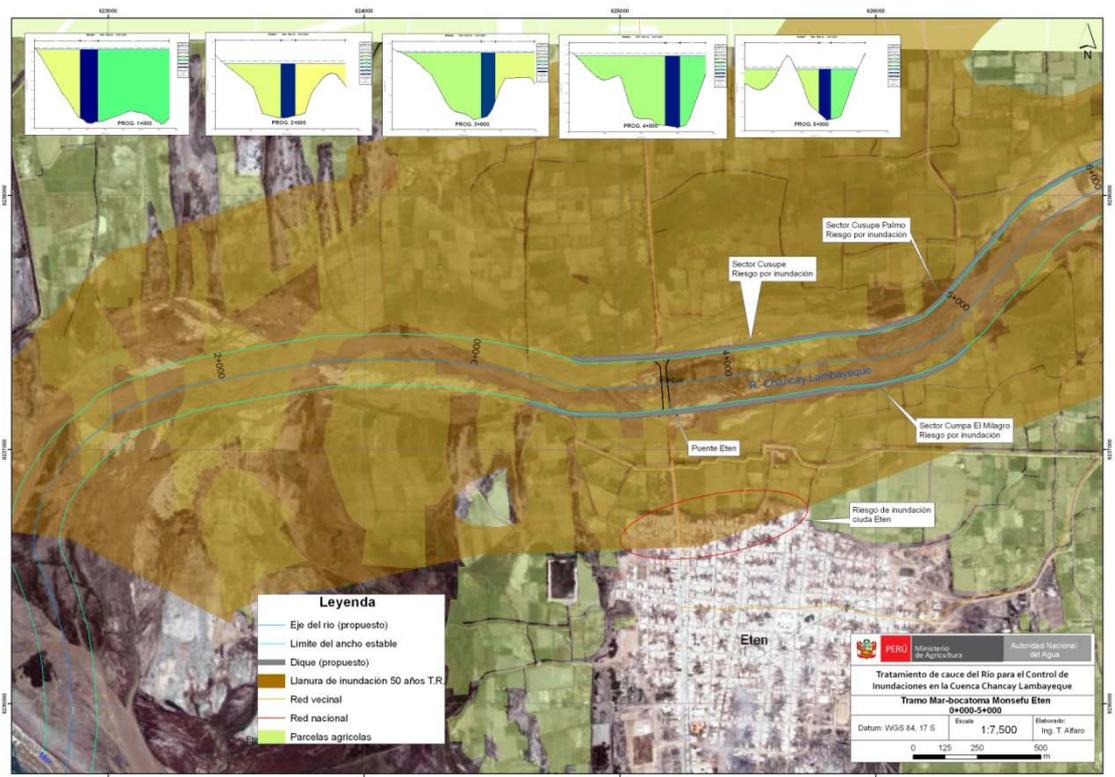


Figura 6.1. Tramos críticos, progresiva 0+000-5+000

**Tramo 5+000 – 10+000.** La información de vulnerabilidad de los tramos críticos, se detalla:

### Margen izquierda

- ✓ El centro poblado Cascajal, a la altura de la progresiva 6+000, se observa riesgo por inundación.
- ✓ Sector Cumpa, el riesgo es por erosión e inundación.
- ✓ Sector Cascajales, el riesgo es por inundación y erosión, ocasionando pérdidas de áreas agrícolas y cultivos.
- ✓ En el sector Reque, se observa, el cauce colmatado con material de arrastre y vegetación, quedando desprotegido la Toma del canal Eten.

### Margen derecha

- ✓ El sector Muysil Cafena, las márgenes son vulnerable al peligro por erosión de e inundación; asimismo, se aprecia el cauce colmatado.



### Margen derecha

- ✓ El sector Callanca, está expuesto a por erosión de margen e inundación, poniendo en riesgo áreas de cultivo y la carretera Monsefú-Callanca.
- ✓ El sector San Bartolo, el riesgo es por erosión de suelos agrícolas.

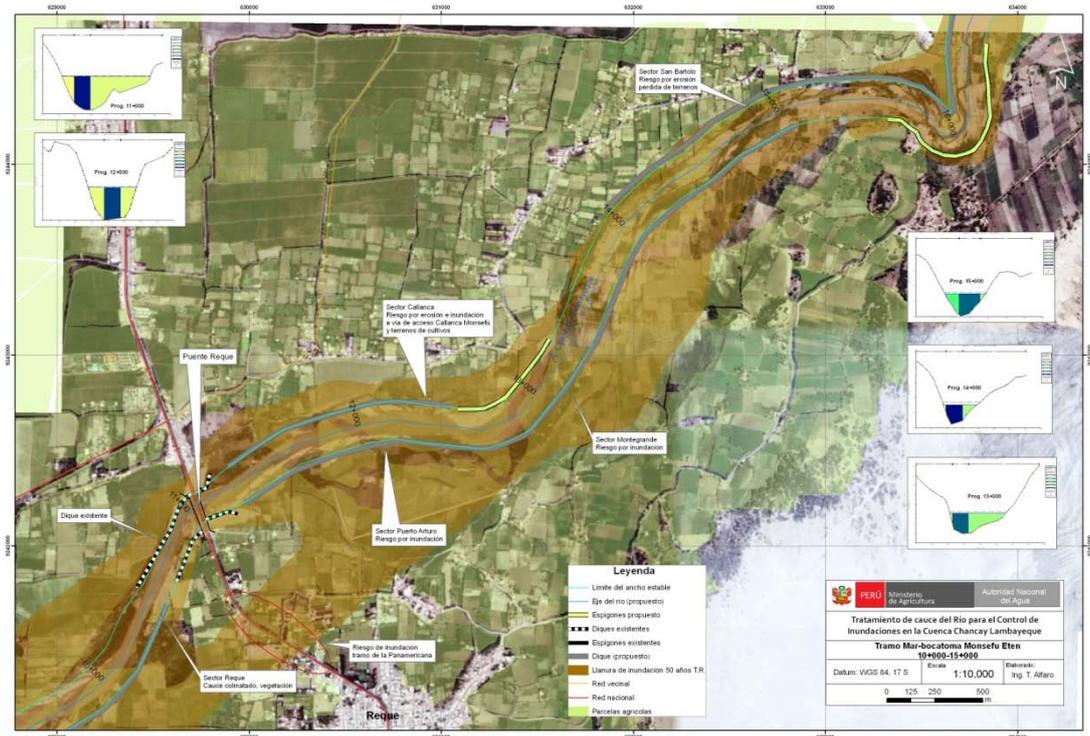


Figura 6.3. Tramos críticos, progresiva 10+000-15+000

**Tramo 15+000 – 20+000.** Último tramo de la zona que va del Mar hasta la bocatoma Monsefú Eten. Se han identificado los siguientes sectores vulnerables.

### Margen izquierda

- ✓ Sector Alican Bajo, el riesgo es por inundación y erosión de suelo agrícola y cultivos.

### Margen derecha

- ✓ Sector San Bartolo, está expuesta a erosión de terreno agrícola, ocasionando pérdidas de cultivos.

- ✓ Sector Alican Bajo y Caimito Mala Muerte, la erosión de las márgenes ponen en riesgo la carretera Callanca Monsefú y áreas de cultivo.

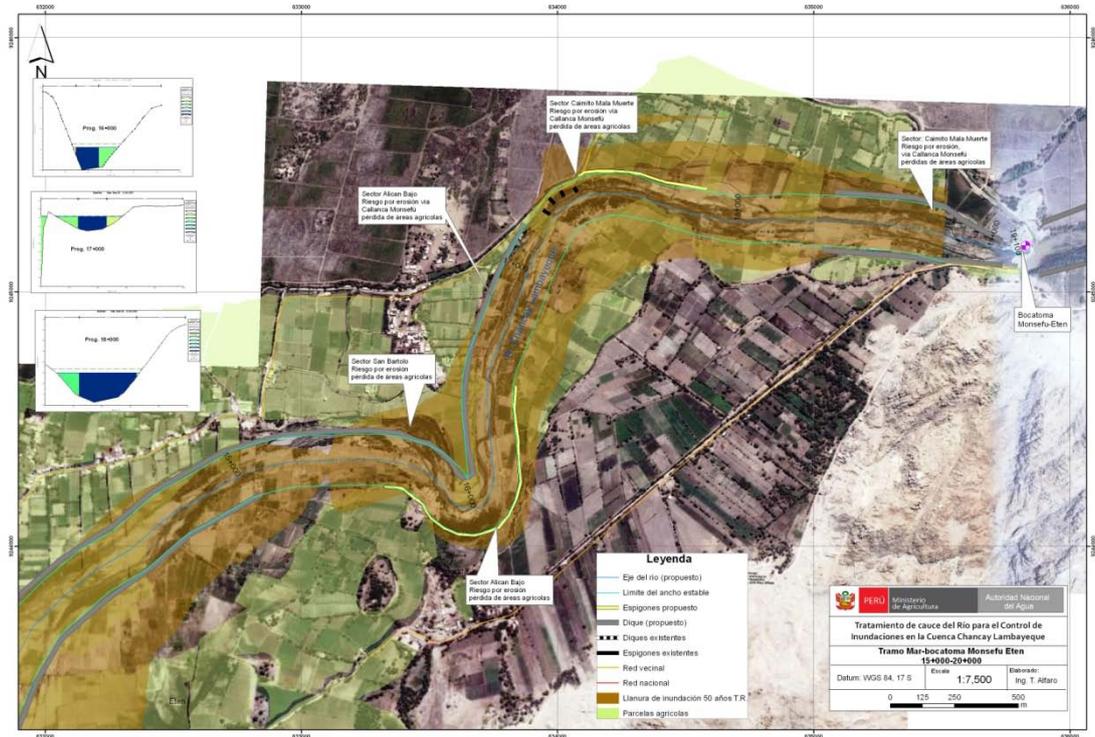


Figura 6.4. Tramos críticos, progresiva 15+000-20+000

## B. Zona bocatoma Monsefú Eten-La Puntilla

**Tramo 20+000 – 25+000.** Los sectores críticos se detallan.

### Margen izquierda

- ✓ Sector Calerita I-Tuman, a la altura de la progresiva 20+000, el riesgo es por inundación; en la altura de la progresiva 21+000, el cauce se encuentra colmatado. Asimismo, en la progresiva 23-24+000, la pérdidas de cultivos es por erosión de suelos.

### Margen derecha

- ✓ Sector Isla Pomalca, el riesgo es por inundación y erosión, entre las progresivas 20+000-21+000.

- ✓ En los sectores Ventarrón Pomalca Zanjón Pomalca, el riesgo es por erosión de los suelos.

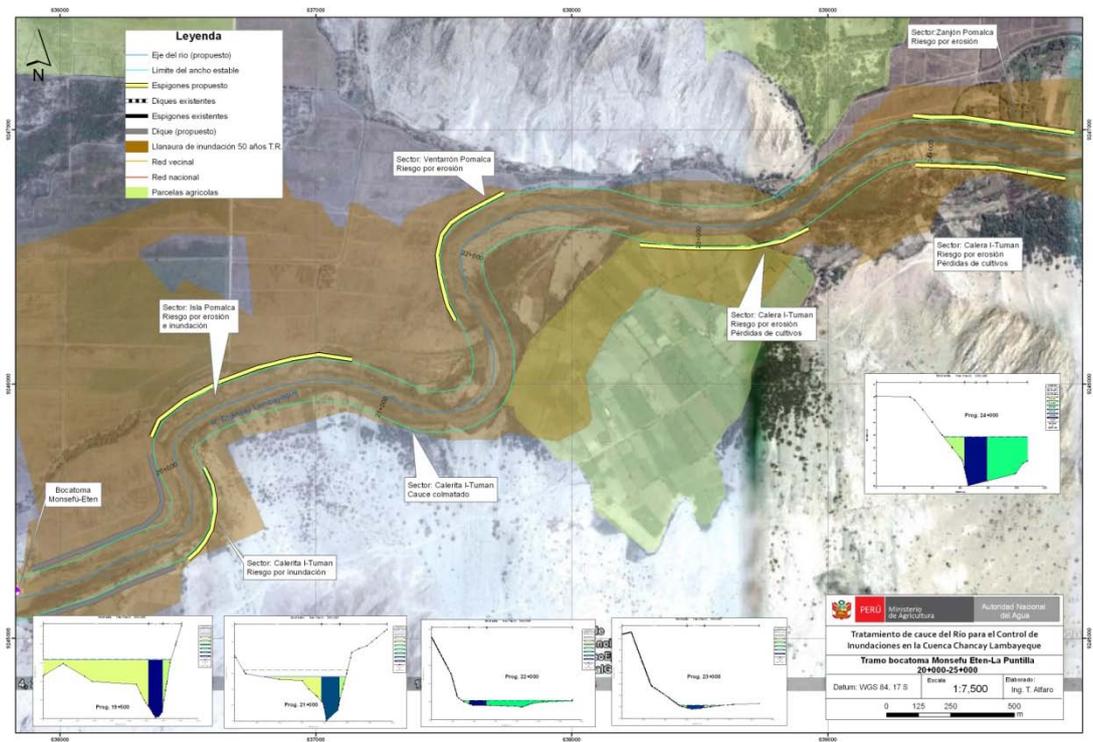


Figura 6.5. Tramos críticos, progresiva 20+000-25+000

### Tramo 25+000 – 30+000.

#### Margen izquierda

- ✓ El principal sector en riesgo es Calerita Tuman, debido a la erosión de esta margen.

#### Margen derecha

- ✓ En esta margen el sector vulnerable a la erosión es Calerita II Tumán; también se aprecia el cauce colmatado.

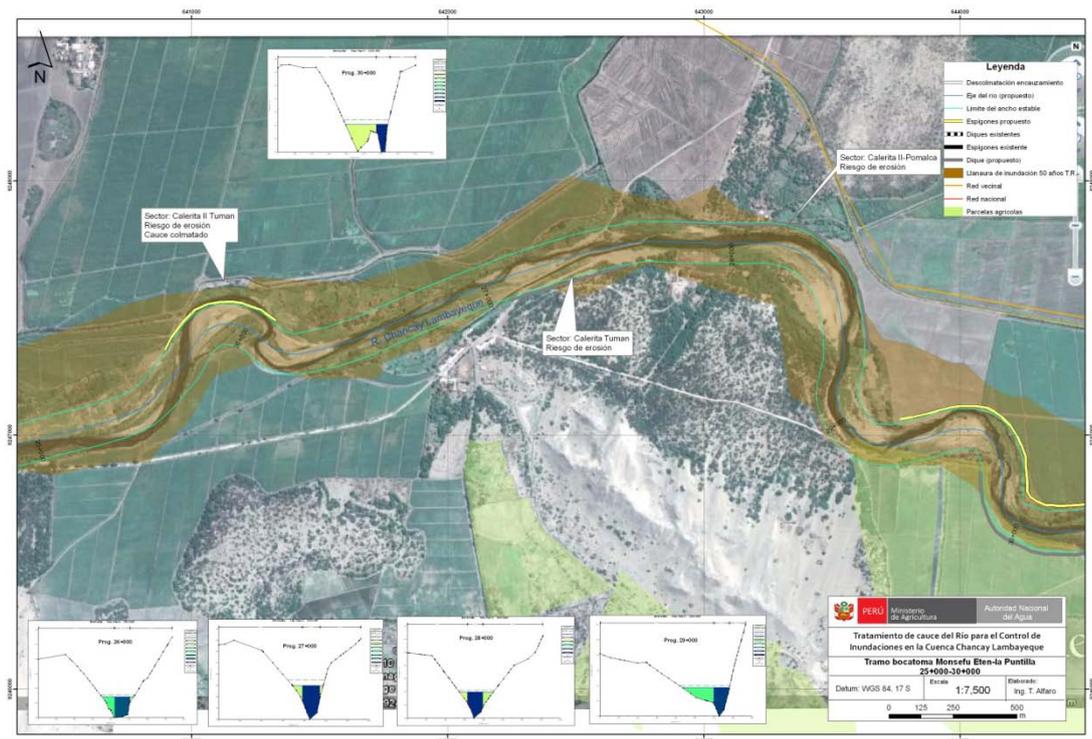


Figura 6.6. Tramos críticos, progresiva 25+000-30+000

**Tramo 30+000 – 35+000.** Este tramo es vulnerable a los efectos de las avenidas extremas por lo siguiente.

#### Margen izquierda

- ✓ El sector Campo Monte-Pomalca, se encuentra expuesta a la erosión de suelos y pérdidas de cultivos.
- ✓ El sector Saltur, el cauce se encuentra colmatado y con riesgo de erosión de márgenes.

#### Margen derecha

- ✓ En el sector Rinconazo-Tuman, la erosión de las márgenes, ponen en riesgo al centro poblado de Rinconazo, a la altura de la progresiva 32+000.
- ✓ En el sector Tuman, el cauce se encuentra colmatado y pérdidas de cultivos debido a la por erosión de la margen.

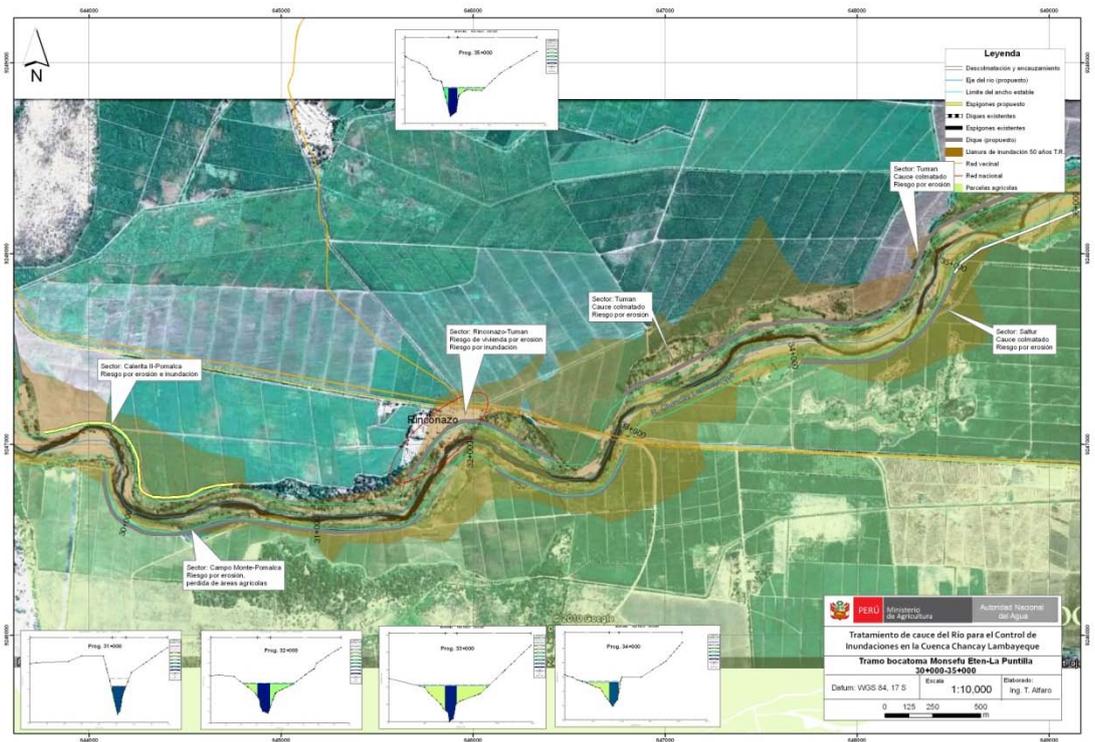


Figura 6.7. Tramos críticos, progresiva 30+000-35+000

## Tramo 35+000 – 40+000. .

### Margen izquierda

- ✓ En el sector Saltur el cauce se encuentra colmatado, poniendo en riesgo las áreas de cultivos.
- ✓ En el sector Pucalá, el riesgo es por inundación.

### Margen derecha

- ✓ Los sectores Tumán y Pucalá, están colmatados por material de arrastre y se encuentran en riesgo por erosión e inundación.

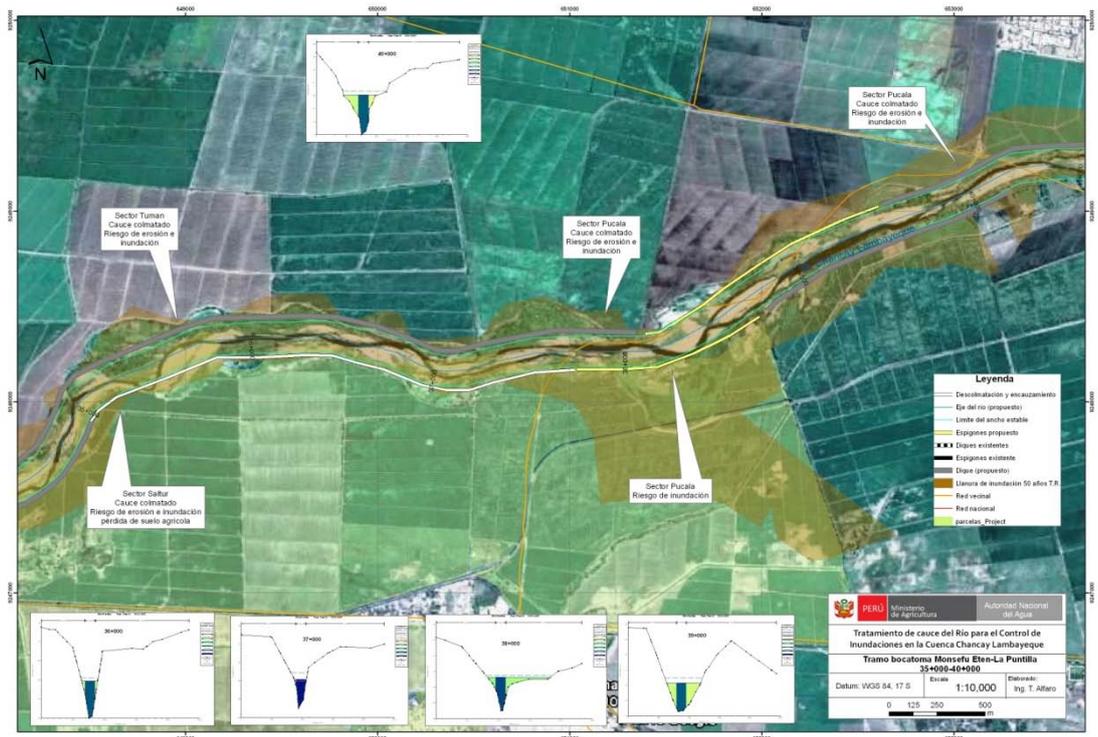


Figura 6.8. Tramos críticos, progresiva 35+000-40+000

**Tramo 40+000 – 45+000.** En este tramos se encuentran los siguientes sectores críticos.

#### Margen izquierda

- ✓ Sector Caña de Azúcar, el cauce se encuentra colmatado, con riesgo de erosión de las márgenes.
- ✓ Sector Cholocal, hay presencia de gran material de arrastre colmatado.

#### Margen derecha

- ✓ En los sectores de Pucalá y San Roque Pucalá, el riesgo por erosión de márgenes es alto; así como por inundación, ocasionando pérdida de terrenos y cultivos.

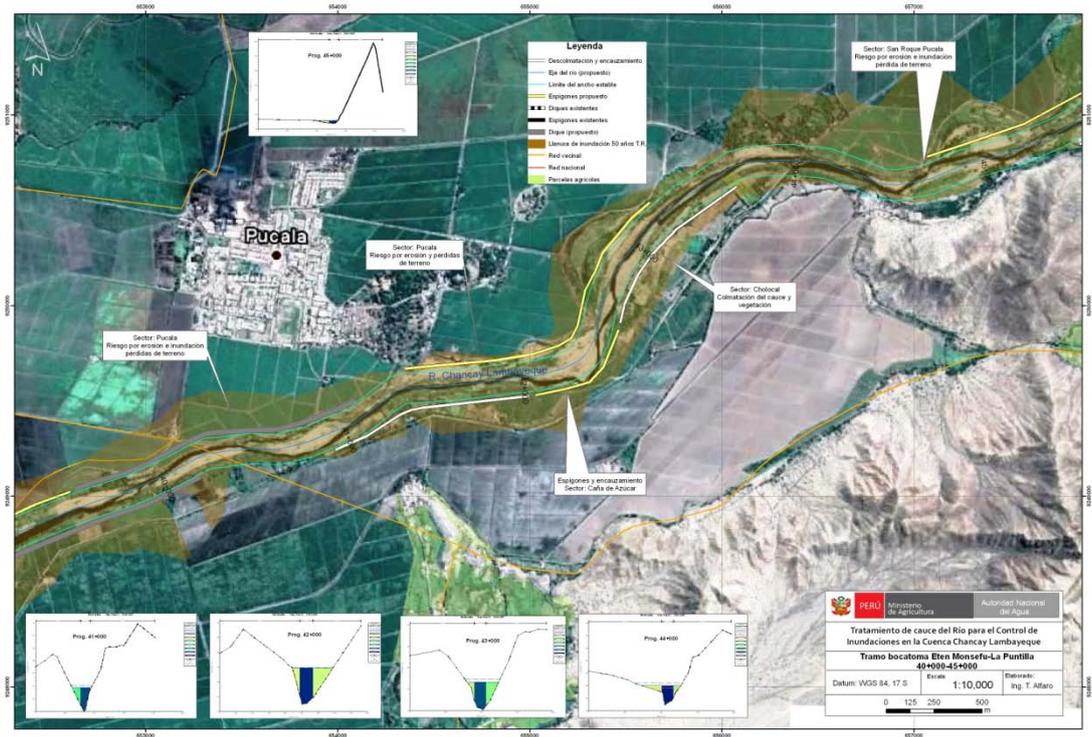


Figura 6.9. Tramos críticos, progresiva 40+000-45+000

**Tramo 45+000 – 50+000.** En general, en este tramo, el río es sinuoso, formando meandros moderados.

### Margen izquierda

- ✓ En el sector Caballo Blanco, el cauce se encuentra colmatado y con vegetación, obstaculizando el flujo del caudal.
- ✓ En el sector Pacherez, el riesgo es por erosión de los márgenes del cauce.

### Margen derecha

- ✓ En esta margen, el sector identificado es San Roque-Pucalá; en este sector el riesgo es por inundación y erosión, generando pérdidas de cultivos y áreas agrícolas.

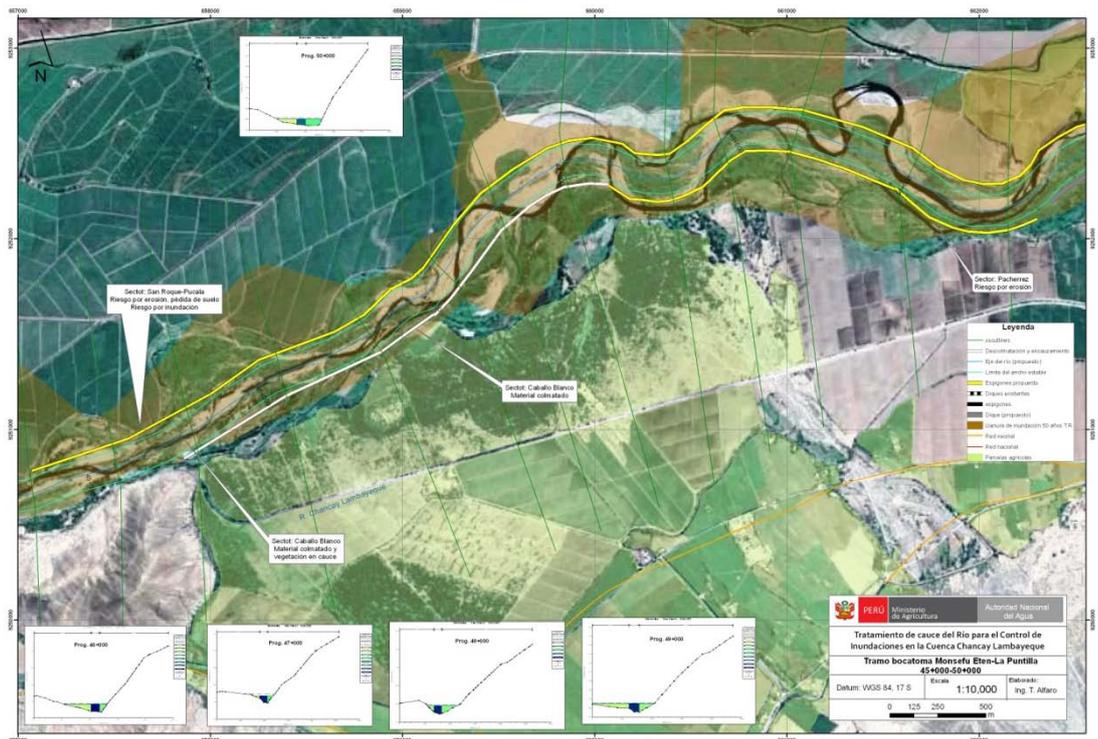


Figura 6.10. Tramos críticos, progresiva 45+000-50+000

**Tramo 50+000 – 55+000.** En este tramo, el río es sinuoso, formando meandros moderados. Las vulnerabilidades se indican.

**Margen izquierda**

- ✓ Los sectores Pacherez y Pampagrande, presentan riesgos por erosión e inundación, ocasionando pérdidas de terrenos agrícolas y cultivos.

**Margen izquierda**

- ✓ El sector Pucala, presenta riesgo por erosión e inundación, ocasionando pérdidas de terrenos agrícolas y cultivos.

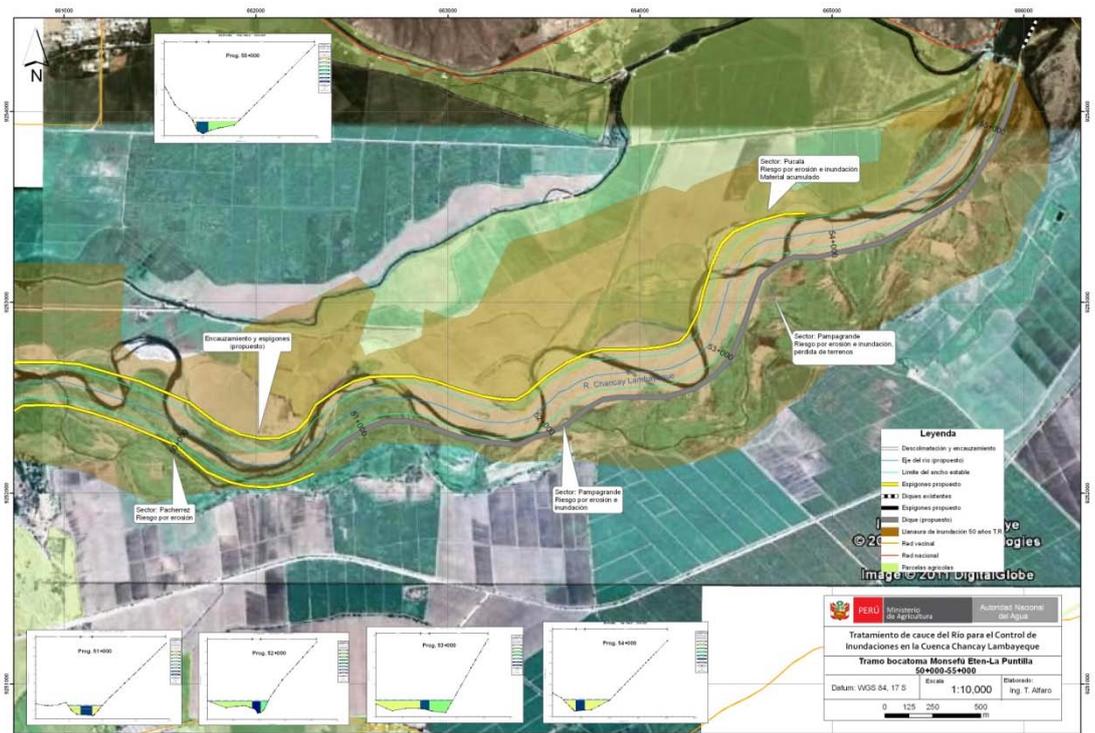


Figura 6.11. Tramos críticos, progresiva 50+000-55+000

### C. Zona La Puntilla-bocatoma Raca Rumi

**Tramo 55+000 – 60+000.** Se aprecia áreas que aparentemente, han sufrido daños por inundación, principalmente en la margen izquierda. Los sectores vulnerables se indican.

#### Margen izquierda

- ✓ En el sector Pampagrande, el cauce se encuentra colmatado con material de arrastre, y existe riesgo por inundación.

#### Margen derecha

- ✓ El sector Pucala, es vulnerable frente a las erosiones de los márgenes, ocasionando pérdidas de terrenos agrícolas.
- ✓ En el sector El Palo Pomalca, la erosión e inundaciones, poniendo en riesgo los terrenos aledaños y cultivos.

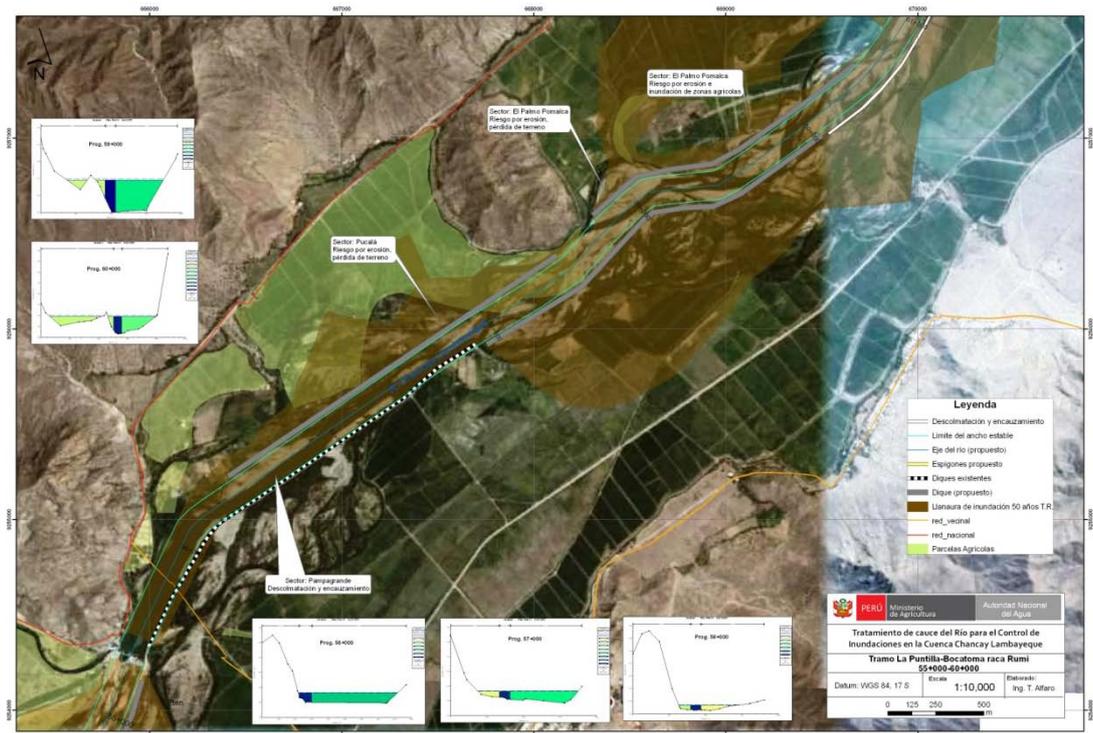


Figura 6.12. Tramos críticos, progresiva 55+000-60+000

**Tramo 60+000 – 65+000.** Se aprecia áreas que aparentemente, han sufrido daños por inundación, en ambas márgenes. En todo este tramo existe gran material de arrastre colmatado. Los sectores vulnerables se indican.

#### Margen izquierda

- ✓ El sector Tablazos, presenta cauce colmatado y zonas de riesgo por erosión e inundación en zonas de cultivos.

#### Margen derecha

- ✓ En esta margen, se han identificado los sectores El Palmo-Pomalca y San José-Pucalá, con gran cantidad de material colmatado en el cauce y riesgo por erosión e inundación en zonas agrícolas.

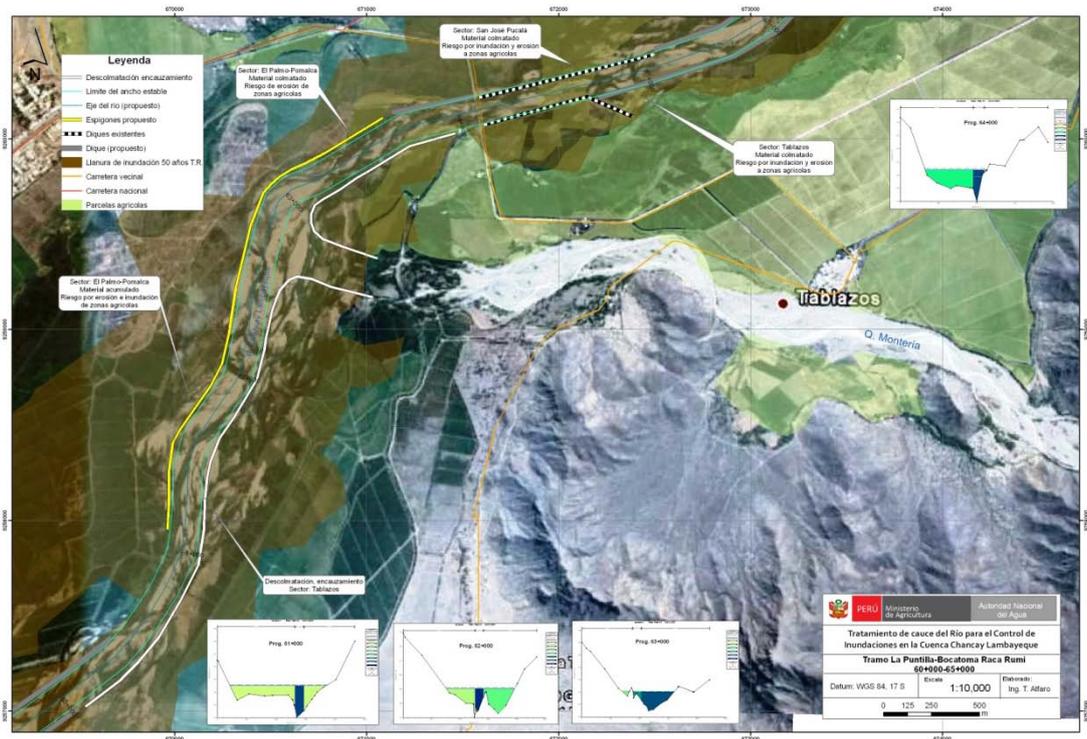


Figura 6.13. Tramos críticos, progresiva 60+000-65+000

**Tramo 65+000 – 70+000.** Se aprecia áreas que aparentemente, han sufrido daños por inundación, en ambos márgenes. En todo este tramo existe gran material de arrastre colmatado. Los sectores vulnerables se indican.

#### Margen izquierda

- ✓ Sector Tablazo, el material acumulado en el cauce, incrementa el peligro de inundación y erosión de los suelos, ocasionando pérdidas en las zonas agrícolas.

#### Margen derecha

- ✓ En el sector San José Pucala, el cauce se encuentra colmatado, incrementando el riesgo de inundación y erosión de zonas agrícolas.

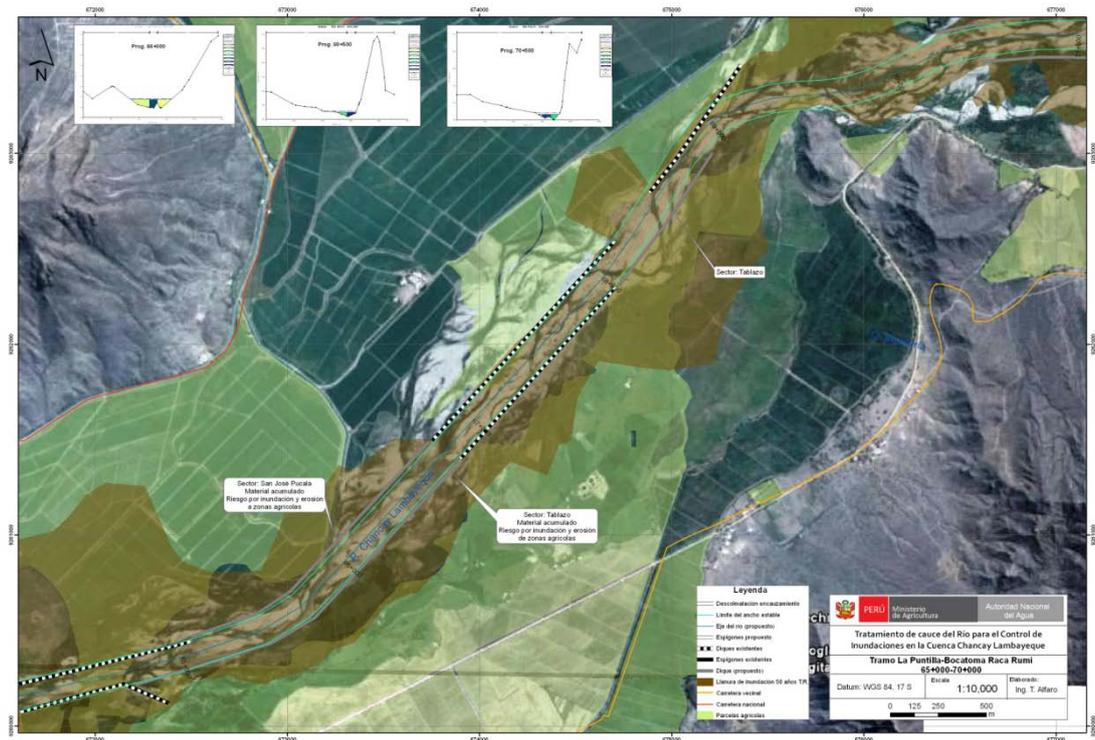


Figura 6.14. Tramos críticos, progresiva 65+000-70+000

**Tramo 70+000 – 75+000.** Se aprecia áreas que han sido afectados por las inundaciones en ambas márgenes. El cauce se presenta algo sinuoso y entrelazado. Los detalles de los puntos críticos se indican.

### Margen izquierda

- ✓ En el Sector San Juan-Chongoyape, el cauce se presenta con gran cantidad de material acumulado, incrementando el riesgo de inundación de zonas agrícolas.
- ✓ Sector Huaca Blanca, en este sector el riesgo es por inundación de zonas agrícolas, además de material acumulado en el cauce.

### Margen derecha

- ✓ Sector Potrecillo-Chongoyape, sector con riesgo de erosión de márgenes y pérdidas de suelo agrícola. Presencia de material acumulado en el cauce.

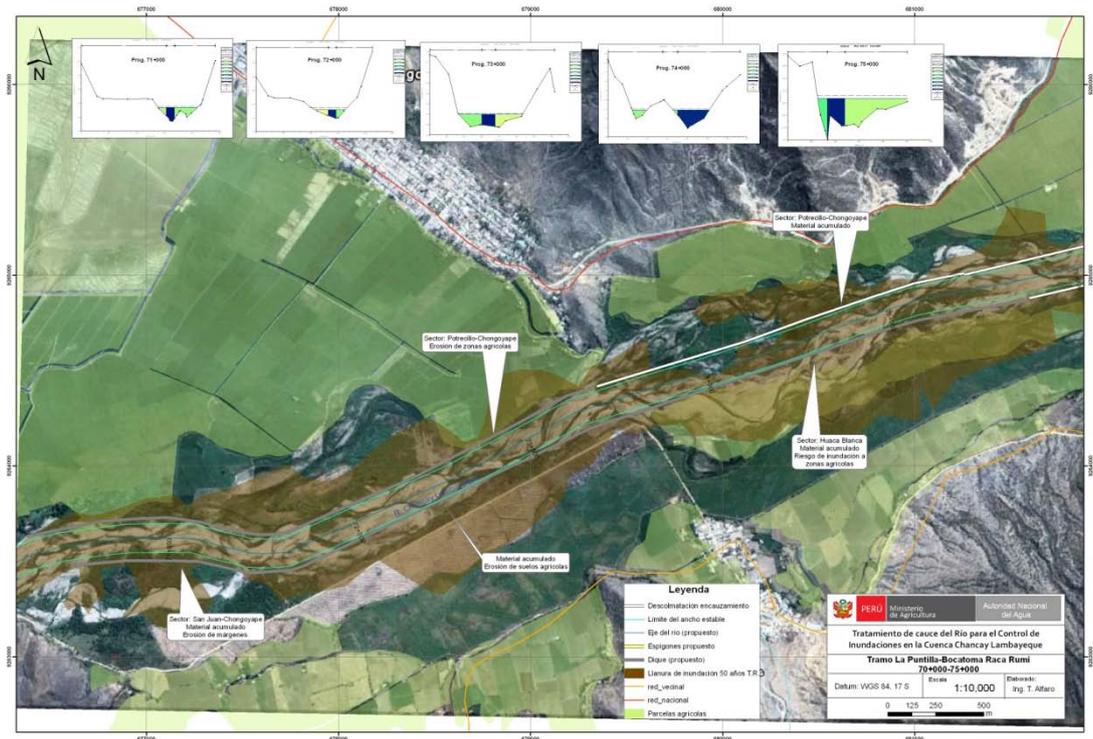


Figura 6.15. Tramos críticos, progresiva 70+000-75+000

**Tramo 75+000 – 80+000.** En este tramo se aprecia material acumulado, de cauce entrelazado moderado.

### Margen izquierda

- ✓ En esta margen se ha identificado el sector Huaca Blanca, con riesgo de erosión, poniendo en peligro de colapso, la carretera La Ramada Huaca Blanca y la toma rústica de captación de agua.

### Margen derecha

- ✓ Sector Huanabal-Chongoyape, cauce colmatado, con riesgo de erosión de las zonas agrícolas.
- ✓ Sector La Ramada, gran material colmatado en el cauce, que incrementa el riesgo de erosión de zonas agrícolas.

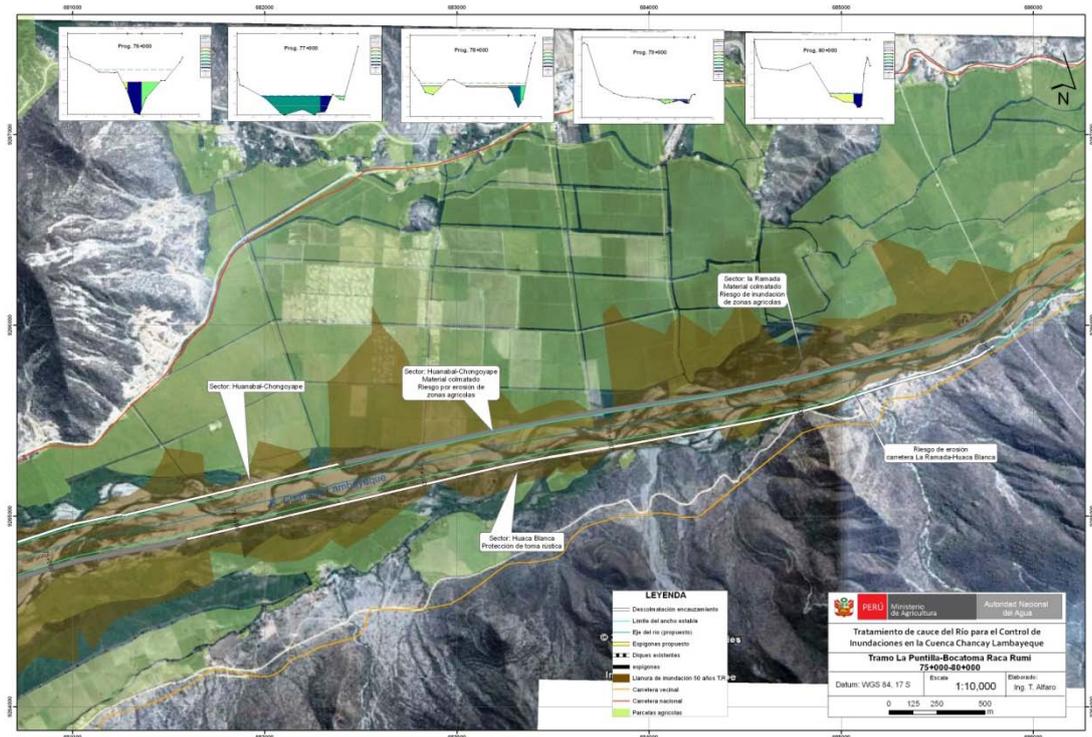


Figura 6.16. Tramos críticos, progresiva 75+000-80+000

#### D. Zona bocatoma Raca Rumi-puente San Carlos

**Tramo 80+000 – 86+520.** En este tramo se aprecia gran cantidad de material colmatado, obstaculizando el flujo de caudal, desde el puente peatonal San Carlos, hasta la bocatoma Raca Rumi.

##### Margen izquierda

- ✓ En los sectores Chongoyape y La Ramada, el riesgo es por erosión de los suelos agrícolas, y material colmatado.

##### Margen derecha

- ✓ En el sector Cajamarca-Llama, el material colmatado del cauce y la erosión de esta margen, ponen en riesgo la carretera que va a Santa Cruz. El mismo riesgo se presenta en el sector San Carlos-Llama, poniendo en peligro el puente San Carlos y la carretera vía Santa Cruz.

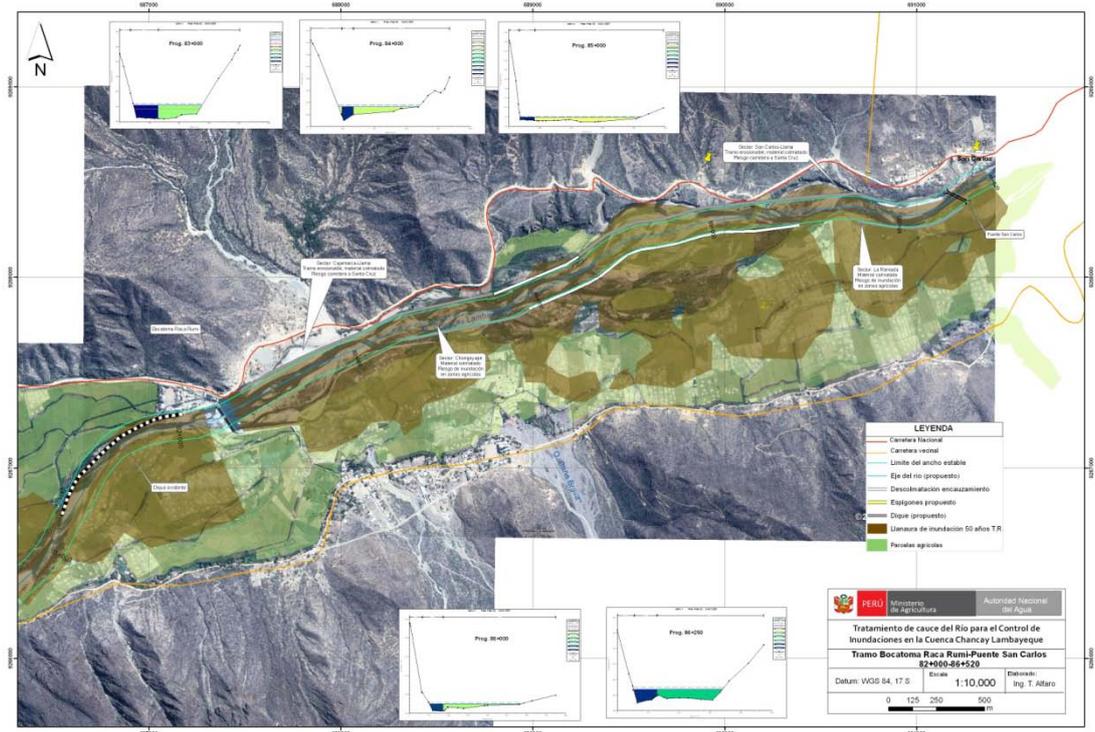


Figura 6.17. Tramos críticos, progresiva 80+000-86+520

## 6.2 Medidas estructurales

En algunos tramos se recomienda estructuras laterales o diques, con material propio o material de préstamo, revestidos de material resistente a la erosión y abrasión. En otros tramos se recomienda espigones ya sea enrocado, de gaviones u otro material que garanticen su durabilidad.

Cuando se refiera a **diques**, debe tenerse en cuenta, sí la velocidad del agua es mayor a la velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado, se recomienda emplear filtro de geotextil o filtro de grava; así como, la plantación de gramíneas (carrizos) entre los poros dejados por el enrocado, el cual fortalecerá, la protección contra el lavado del material del cuerpo del dique.

Si la estructura de protección son los **espigones**, se debe tener en cuenta el ancho estable del río, sin llegar a un estrechamiento excesivo, debe ser compatible con la tendencia natural del curso de agua. Los radios de curvaturas que se adopten en el

diseño, no debe ser menor de 2.5 veces ni mayor a 8 veces del ancho estable. Si los radios de curvatura son menores, la separación de los espigones disminuye y económicamente es conveniente construir diques paralelos al río. Si los radios son mayores, el río tiende a formar un cauce con menores radios dentro de la curva y no todos los espigones trabajan eficientemente (citado por Álvarez).

Para el diseño de espigones a nivel de perfil, pre-factibilidad, factibilidad y expediente técnico, se debe tener en cuenta los siguientes temas:

- ✓ Localización en planta.
- ✓ Radios de curvaturas.
- ✓ Longitud de las tangentes.
- ✓ Ancho estable del río.
- ✓ Longitud de los espigones.
- ✓ Elevación de la cresta.
- ✓ Espaciamiento entre espigones.
- ✓ Número de espigones.
- ✓ Pendiente de la corona.
- ✓ Ángulo de orientación respecto a la orilla.
- ✓ Taludes laterales de los espigones, permeabilidad del espigón.
- ✓ Características y tamaños de los materiales para la construcción.
- ✓ Determinación de las condiciones de flujo alrededor de los espigones.
- ✓ Cálculo de las socavaciones en la curva y en la cabeza de los espigones.

A nivel de todo el tramo que corresponde al estudio, deben realizarse trabajos complementarios de limpieza y descolmatación del cauce tomando como referencia el ancho estable y la pendiente indicada. Para estas actividades se recomienda emplear los siguientes tipos de maquinaria pesada: Bulldozer con una potencia promedio de 250 HP, excavadora de potencia 190 HP, volquete de 12 m<sup>3</sup> o más, cargador frontal de 170 HP.

En la figura 6.17, se muestra la sección típica del dique.

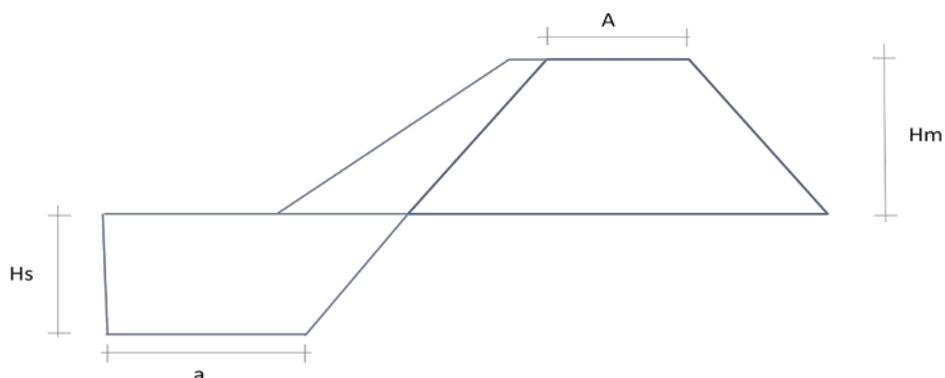


Figura 6.18. Sección típica del dique enrocado

Las propuestas de las estructuras se describen en tramos de 5 kilómetros.

### A. Zona Mar-bocatoma Monsefú Eten

En general, se recomienda trabajos de limpieza, descolmatación y conformación de cauce, así como diques y espigones (enrocados u otro material adaptado a la zona), en ambas márgenes y en los sectores como se indica en los planos pertenecientes a cada progresiva.

Considerando los diferentes niveles de agua a lo largo el tramo, características del terreno y parámetros hidráulicos, se propone las siguientes dimensiones del dique.

Dimensión (m)	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
	4.00	3.60	4.00	1.10	1.40	1.60	2.00	4.70	5.50

#### Tramo 0+000 – 5+000.

Se propone la construcción de estructuras laterales, en el sector Cumpa El Milagro en la margen izquierda y en los sectores Cusupe y Cusupe Palmo en la margen derecha; estas obras protegerán áreas agrícolas, la ciudad de Eten y el puente.

#### Tramo 5+000 – 10+000.

En el sector Cascajales, margen izquierda; se propone la construcción de un dique

de aproximadamente 1 Km, para proteger áreas agrícolas y al centro poblado Cascajal. En esta misma margen, sector Reque, también se propone un dique de de 1.20 Km, para proteger áreas agrícolas de la inundación y la Toma del canal Eten.

En la margen derecha, sectores Cusupe Palmo y Muysil Cafena se propone la construcción de 3.0 Km de diques, con la finalidad de proteger los suelos de la erosión y mitigar los daños inundación.

El resto de tramo, se recomienda la conformación del cauce y limpieza de los tramos colmatados.

**Tramo 10+000 – 15+000.**

En la margen izquierda, se propone la construcción de un dique desde la progresiva 11+000 hasta la progresiva 15+000, para proteger de las inundaciones los cultivos de los sectores Puerto Arturo y Montegrande.

En la margen derecha se propone un dique de 1.0 Km y una batería de espigones en una longitud de 500 metros, para proteger de la erosión e inundación los campos agrícolas del sector Callanca y la carretera que une Callanca - Monsefú. En el sector San Bartolo, el dique propuesto es de 1.0 Km, para proteger los cultivos de las inundaciones.

**Tramo 15+000 – 20+000.**

En el sector Alican Bajo, de la margen izquierda, se propone una batería de espigones que cubra unos 800 metros, protegiendo de la erosión los suelos agrícolas. También se propone un dique de 500 metros para proteger el canal Monsefú Eten y la carretera de acceso.

En los sectores Alican Bajo y San Bartolo, de la margen derecha, se proyecta la construcción de un dique de 2.0 Km, para proteger de la erosión e inundaciones los predios agrícolas y la carretera Callanca Mosefú. En la misma margen, pero en el sector Caimito Mala Muerte, se propone un dique de 500 metros para proteger la carretera Callanca Mosefú y cultivos de la erosión.

## B. Zona bocatoma Monsefú Eten-La Puntilla

En general, se recomienda trabajos de limpieza, descolmatación y conformación de cauce, así como diques y espigones (enrocados u otro material adaptado a la zona), en ambas márgenes y en los sectores como se indica en los planos pertenecientes a cada progresiva. En algunos tramos, se propone la corrección del cauce, ya que presentan sinuosidades formando meandros moderados.

Considerando los diferentes niveles de agua a lo largo el tramo, características del terreno y parámetros hidráulicos, se propone las siguientes dimensiones del dique.

Para las progresivas 20+000 hasta la progresiva 49+000

Dimensión (m)	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
	4.00	3.70	4.00	1.40	1.60	2.10	2.40	5.10	5.60

Para las progresivas 49+000 hasta la progresiva 55+000

Dimensión (m)	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
	4.00	3.50	3.80	1.30	1.50	2.00	2.20	4.80	5.30

### Tramo 20+000 – 25+000.

En el sector Calerita I-Tuman, margen izquierda, se propone un dique de 500 metros aproximadamente, aguas arriba de la bocatoma. En este mismo sector se propone una batería de espigones en una longitud de 400 metros, entre las progresivas 20+000 - 23+000 y 24+000, para proteger del riesgo de erosión de campos agrícolas.

Aguas arriba de la bocatoma Monsefú - Eten, margen derecha, una alternativa es la construcción de un dique, como protección de la bocatoma y áreas agrícolas. En el sector Isla Pomalca, entre las progresivas 20+000 y 21+000, se propone una batería de espigones en una longitud de 800 metros; en el sector Ventarrón Pomalca, a la altura de la progresiva 22+00, se plantea espigones en una longitud de 500 metros. Asimismo, en el sector Zanjón Pomalca, entre las progresivas 24 y 25+000, se plantea espigones en una longitud de 500 metros. Estas obras tendrán la finalidad de proteger contra la erosión de los suelos.

**Tramo 25+000 – 30+000.**

En el sector Calerita Tuman, de la margen izquierda, se plantea un dique de 400 metros, para controlar la erosión, entre las progresivas 27+000 y 28+000.

En la margen derecha, sector Calerita II-Tuman, progresiva 26+000, se propone 400 metros de espigones para proteger de la erosión los suelos agrícolas; en este mismo sector entre las progresiva 28 y 29+000, se plantea un dique de 500 metros, para mitigar los riesgos por erosión. Entre las progresivas 29 y 30+000, debe construirse una batería de espigones en una longitud de 500 metros.

**Tramo 30+000 – 35+000.**

En las progresivas 30+000 y 33+000, se plantea dos bloques de diques uno de 1.50 Km y el otro de 800 metros, para proteger los campos de cultivos del sector Monte-Pomalca. En el sector Saltur, se propone un dique de 1.0 Km ubicado entre las progresivas 34 y 35+000, esta estructura evitará el proceso de erosión del sector.

En la margen derecha, sector Calerita II-Pomalca, los espigones cubrirán 500 metros de longitud, entre las progresivas 30+000 y 31+000. En la Progresiva 32+000, sector Rinconazo-Tuman, se plantea una estructura lateral para proteger de los riegos de erosión e inundación del centro poblado Rinconazo. En el sector Tuman, se propone la construcción de una dique de 2 Km. de longitud, para proteger de la erosión e inundación las áreas de cultivos y corregir el trazo del cauce.

**Tramo 35+000 – 40+000.**

En general, se recomienda limpieza, descolmatación, que permitirá corregir el trazo del cauce.

En la progresiva 38+000, se plantea la construcción de espigones, en una longitud aproximada de 1.0 Km, así, como la construcción de 1.0 Km de dique, en la progresiva 39 y 40+000, para proteger las áreas de cultivo del sector Pucala, de la margen izquierda.

En los sectores Tuman y Pucala, margen derecha, se plantea la construcción de diques y espigones, tal como se indica en el plano respectivo. Tiene la finalidad de proteger de las erosiones e inundaciones; así, como encauzar y corregir el cauce el río.

**Tramo 40+000 – 45+000.**

En general, se plantea limpieza, descolmatación y conformación de cauce. En la margen requiere completar una batería de espigones, entre la progresiva 42 y 43+000, del sector Caña de azúcar.

En la margen derecha, en la progresiva 40 y 41+000, del sector Pucala, se plantea la construcción de 1.0 Km de dique. En este mismo sector, se propone 1.20 Km de espigones, entre las progresivas 42 y 43+000.

**Tramo 45+000 – 50+000.**

Las obras estarán orientadas a corregir el trazo del cauce, así como proteger los cultivos de las inundaciones y pérdida de suelos por erosión. Por lo tanto, se plantea en la margen derecha la construcción de espigones. En la margen izquierda, se plantea construir espigones desde la progresiva 48+000 hasta el kilometraje 50+000, tal como se indica en el plano respectivo.

**Tramo 50+000 – 55+000.**

Como en el caso del tramo anterior, las obras estarán orientadas a corregir el trazo del cauce, así como proteger los cultivos de las inundaciones y pérdida de suelos por erosión, de los sectores Pacherrez y Pampagrande de la margen izquierda.

En la margen derecha, sector Pucala, se propone espigones y la construcción de diques.

**C. Zona La Puntilla-bocatoma Raca Rumi**

Se recomienda trabajos de limpieza, descolmatación y conformación de cauce, así como diques y espigones (enrocados u otro material adaptado a la zona), en ambas márgenes y en los sectores como se indica en los planos pertenecientes a cada progresiva. En algunos tramos, se propone la corrección del cauce, ya que presentan sinuosidades formando meandros moderados.

Considerando los diferentes niveles de agua a lo largo el tramo, características del terreno y parámetros hidráulicos, se propone las siguientes dimensiones del dique.

Para las progresivas 55+000 hasta la progresiva 68+000, se propone las siguientes medidas promedios.

Dimensión (m)	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
	4.00	3.40	3.60	2.00	2.2	3.00	3.2	5.40	5.80

Para las progresivas 68+000 hasta la progresiva 82+000, se propone las siguientes medidas promedios.

Dimensión (m)	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
	4.00	2.60	2.80	1.40	2.0	2.10	2.40	4.00	4.80

**Tramo 55+000 – 60+000.**

En la margen izquierda, se proyecta un dique de 2.0 Km, a partir de kilometraje 58+000 hasta el 60+000, para proteger los predios agrícolas de las inundaciones.

En el tramo derecho, también se propone la construcción de un dique, el cual permitirá reducir las pérdidas por inundación y erosión de los sectores Pucala y El Palmo Pomalca. Debe complementarse con limpieza y descolmatación del cauce.

#### **Tramo 60+000 – 65+000**

En el sector Tablazos de la margen izquierda, se propone limpieza, descolmatación y conformación de cauce. En la margen derecha, sector El Palmo-Pomalca, se propone la construcción de espigones en una longitud de 2.20 Km, para proteger de la erosión e inundación de los predios agrícolas.

#### **Tramo 65+000 – 70+000**

En el sector Tablazo, progresiva 65+000 hasta el 66+570, y en la progresiva 68 al 69+000, se plantea la construcción de dos diques, para proteger las tierras agrícolas de las erosiones e inundaciones. En la margen derecha en la progresiva 65+000 hasta la 66+570, sector San José-Pucala, igualmente, se propone un dique para proteger los cultivos de la erosión e inundación.

#### **Tramo 70+000 – 75+000**

En todo el tramo de la margen izquierda, se propone la construcción de un dique para proteger el sector San Juan Chongoyape, de las erosiones e inundaciones.

En el sector Potrecillo-Chogoyape de la margen derecha, se plantea la construcción de un dique, desde la progresiva 70+500 hasta la progresiva 73+000. En el kilometraje 74 y 75+000, se propone la corrección del cauce, mediante la limpieza y conformación de cauce.

#### **Tramo 75+000 – 80+000**

Se propone limpieza y conformación de cauce, para proteger la toma rústica del sector Huaca Blanca y la carretera La Ramada-Huaca Blanca, de la margen izquierda. En la margen derecha debe ser reforzado con un dique, para proteger las áreas agrícolas de los sectores Huanabal-Chongoyape y la Ramada.

#### D. Zona bocatoma Raca Rumi - puente San Carlos

Trabajos de limpieza, descolmatación y conformación de cauce, así como diques y espigones (enrocados u otro material adaptado a la zona), en ambas márgenes y en los sectores como se indica en los planos pertenecientes a cada progresiva.

Considerando los diferentes niveles de agua a lo largo el tramo, características del terreno y parámetros hidráulicos, se propone las siguientes dimensiones del dique.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	2.50	2.70	1.40	1.60	2.10	2.30	3.90	4.30

#### Tramo 80+000 – 86+520

Entre la progresiva 83+000 y 84+000, se plantea un dique para proteger las áreas agrícolas del sector Chongoyape. A partir de la progresiva 85+800 hasta el puente San Carlos, se plantea un dique para proteger esta estructura y el sector La Ramada.

En la margen derecha, a partir de la bocatoma Raca Rumi hasta la progresiva 84+000, se propone un dique para proteger la carretera vía Santa Cruz, en el sector Cajamarca-Llama. Asimismo, en la progresiva 84+500 hasta el puente San Carlos se propone otro dique para proteger la carretera en el sector San Carlos – Llama.

Actividades de reforestación deben estar presentes en la parte alta y media de la cuenca; así, como en las áreas recuperadas, dentro de los límites de la faja marginal.

#### 6.3 Medidas no estructurales

Se propone lo siguiente:

- ✓ Programa de Forestación y reforestación en la parte alta y media de la cuenca; así como, en las áreas de recuperación, ubicado en la faja

marginal. Este Programa debe ser considerado en los Planes de Desarrollo de la Región de Lambayeque, municipalidades involucradas, organizaciones de regantes y proyectos especiales.

- ✓ Resoluciones Administrativas, emitidas por la Autoridad Local de Agua; donde se especifiquen respetar el ancho estable del río, caudales máximos de diseño, entre otros parámetros o variables.
  
- ✓ Programa de capacitación y sensibilización, sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc. Este programa debe ser promovido por el Gobierno Regional, Gobierno Local, Sectores y entidades privadas.

## CAPITULO 7

### IMPACTOS DEL ESTUDIO

#### 7.1 Impactos ambientales

La ejecución de obras de defensa ribereña y control de inundaciones del tipo estructural genera un impacto positivo en el medio ambiente, permite delimitar el ancho estable del río, la faja marginal y recuperar áreas. Estas áreas recuperadas pueden ser incorporadas a la agricultura o ser considerados zonas intangibles con fines de forestación o reforestación.

Estas áreas además, permitirán el incremento de la biodiversidad y convertirse en refugio de mamíferos como "ratón" (*Pyllotis* sp.), "rata" (*Rattus rattus*), "zorro" (*Lycalopex sechurae*) de la costa, "la vizcacha" (*Lagidium peruvianum*), "ardilla de nuca blanca" (*Sciurus stramineus*).; aves como " huerequeque", "pavi aliblanca", "perdiz" (*Nothoprocta* sp.), "gorrión peruano" (*Zonotrichia capensis*), "putilla" (*Pyrocephalus rubinus*), "gallinazos" (negro y el camaronero), el "quebrantahuesos" o caracara (*Polyborus plancus*), la "chiroca" (*Icterus graceannae*), "chilalo" u "hornero" (*Furnarius leucopus*); reptiles como "lagartija y salamanquejas" (*Tropidurus* spp.), "saltojo" (*Phyllodactylus* sp.), iguana y el pacaso, boa (*Boa constrictor*), "macanche" (*Bothrops barnetti*), "coralillos" (*Micrurus* spp.) y peces de río como "charcocha" (*Lebiasina bimaculata*), "life" (*Trichoamycterus* sp.) y "lisa" (*Mugil* sp.).

Un tratamiento integral del cauce del río Chancay Lambayeque, permitiría proteger de las inundaciones y erosiones a 3,598 Ha de predios agrícolas y recuperar 706 Ha con fines de reforestación, a través de programas a corto y mediano plazo. Lograr la reforestación de estas áreas, aportaría al medio ambiente la captura de 2,400 Tn/añoCO<sub>2</sub>; así como la liberación de 320 millones m<sup>3</sup> de oxígeno.

La ejecución de las obras debe contemplar un mínimo de desbroce de especies arbustivas y arbóreas; en caso de darse en grandes cantidades, podría darse un impacto negativo, en el sentido que estas áreas son refugios de diferentes especies animales.

## **7.2 Impactos Socio - económicos**

La protección de áreas de cultivos, centros poblados, infraestructuras de riego y vial, a través de la ejecución de un proyecto de control de inundaciones y defensa ribereña, genera impactos positivos en la sociedad.

Evita las pérdidas de las propiedades privadas e infraestructura, debido a desbordes de avenidas. Caso contrario, traerá desconcierto y afectará emocionalmente a la población. Asimismo, decaerá la economía de la gente afectando su poder adquisitivo, llegando al extremo de migrar a otras regiones o localidades en busca de mejoras en su calidad de vida. Una ejecución de obras bien planificadas y sostenibles traerá consigo tranquilidad en los usuarios y sentirán la intervención del Estado promotor, así como, de las instituciones Locales y Regionales.

## **7.3 Impactos Institucional - político**

Al contar con un estudio de tratamiento integral de cauces, elaborado sobre el concepto hidráulico, conservación del medio ambiente y la participación de diferentes actores; traerá consigo que las autoridades, cuenten con una herramienta de gestión participativa al momento de priorizar proyectos de defensa ribereña.

Las áreas recuperadas podrían generar conflictos entre los usuarios agrícolas y las autoridades. Los primeros al posesionarse sobre estas tierras, muchas veces obstaculizan obras de defensa ribereña u otra actividad, como la de mantenimiento y conformación de cauce del río.

## **CAPITULO 8**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1 conclusiones**

Con el apoyo del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se han instalado 105 puntos geodésicos de Orden "C", a ambas márgenes del río Chicama, en el sistema WGS 84. Estos hitos permitirá que levantamiento topográficos que se realicen en el futuro amarrados a esta red geodésica.

Los caudales empleados para la simulación hidráulica del río, corresponde a los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años, calculados con información de caudales de la estación de Raca Rumi y precipitación máxima para 24 horas de varias estaciones.

La estimación de los parámetros hidráulicos y geomorfológicos, ha tenido como fuente a estudios anteriores relacionados con el tema; así como, a información levantada en campo, tanto por el personal profesional de la Autoridad Nacional del Agua como de la Junta de Usuarios.

La ejecución progresiva de las obras planteadas, permitirá proteger directamente 4,304 Ha en total y 3,598 Ha de predios agrícolas, e indirectamente entre 25 a 30% del área total de riesgo, con la protección de bocatomas y canales. Además, de infraestructura vial y centros poblados.

#### **7.2 Recomendaciones**

Al contar con un estudio de tratamiento integral de cauces, elaborado sobre el concepto hidráulico, conservación del medio ambiente y la participación de diferentes actores; traerá consigo que las autoridades, cuenten con una

herramienta de gestión participativa al momento de priorizar proyectos de defensa ribereña.

Se recomienda a la Administración Local de Agua de Chancay Lambayeque que emita un documento haciendo de conocer a las instituciones la existencia de esta red y su intangibilidad. Asimismo, se recomienda a la Junta de Usuarios realizar mantenimiento por lo menos dos veces al año a fin de evitar su deterioro.

Se recomienda el empleo de estos caudales para el diseño de obras de defensas ribereñas, estructuras hidráulicas (bocatoma) y de cruce (puente); así como, los demás parámetros propuestos.

Para la ejecución de estas estructuras, se recomienda realizar los estudios de pre-inversión (perfil, pre-factibilidad y factibilidad), considerando los principios y criterios detallados en este Estudio.