



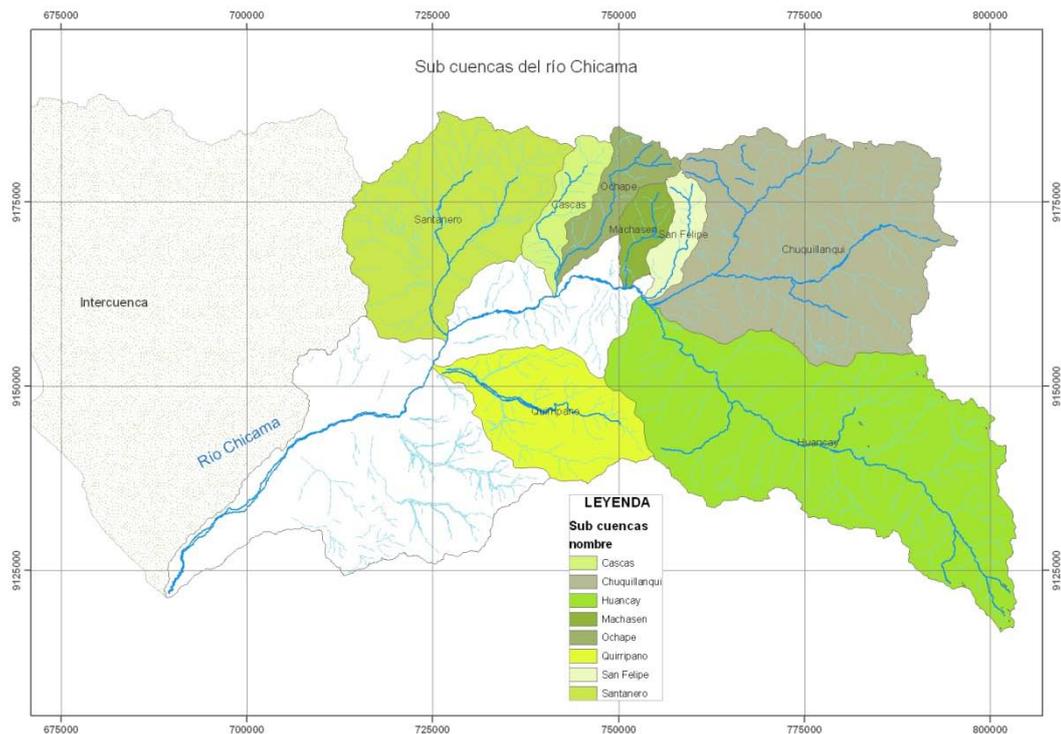
PERÚ

Ministerio  
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 CHICAMA



Lima – Perú  
2010

## **MINISTERIO DE AGRICULTURA**

Ing. Rafael Quevedo Flores  
Ministro de Agricultura

## **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**

Ing. Carlos Pagador Moya  
Jefe

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

Ing. Jorge Luis Montenegro Chavesta  
Director

Elaborado por:

***Ing. Tomás Alfaro Abanto***

Revisado por:

***Ing. Carlos Perleche Fuentes***

## **INDICE**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

### **CAPITULO 1**

#### **I. INTRODUCCION**

- 1.1 Propósito
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Alcances del estudio
- 1.4 Antecedentes
- 1.5 Problemática
- 1.6 Metodología del estudio
  - 1.6.1 Actividades previas
  - 1.6.2 Actividades de campo
  - 1.6.3 Actividades de gabinete

### **CAPITULO 2**

#### **II. INFORMACION BASICA DE LA CUENCA**

- 2.1 Generalidades
  - 2.1.1 Ubicación
  - 2.1.2 Centros urbanos
  - 2.1.3 Vías de comunicación
- 2.2 Características fisiográficas
  - 2.2.1 Área de la cuenca
  - 2.2.2 Perímetro de la cuenca
  - 2.2.3 Pendiente predominante del cauce
- 2.3 Características climatológicas
  - 2.3.1 Precipitación
  - 2.3.2 Temperatura
  - 2.3.3 Humedad Relativa
- 2.4 Características geológicas

- 2.5 Red de drenaje y otros sistemas hídricos
- 2.6 Infraestructura hidráulica y de cruce
  - 2.6.1 Infraestructura hidráulica
  - 2.6.2 Infraestructura de cruce en el tramo de estudio
- 2.7 Ecología
- 2.8 Características socio-económico

### **CAPITULO 3**

#### **III. RED DE APOYO GEODESICO**

- 3.1 Establecimiento del Punto Geodésico
- 3.2 Procedimiento
- 3.3 Datos de los puntos de Orden "C"
- 3.4 Mapa de ubicación

### **CAPITULO 4**

#### **IV. CAUDALES MAXIMOS**

- 4.1 Planteamiento
- 4.2 Considerando el Estudio Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama
  - 4.2.1 Análisis
  - 4.2.2 Características de las Sub-cuencas de Drenaje
  - 4.2.3 Cálculo de las lluvias máximas
  - 4.2.4 Cálculo de los factores característicos de la zona de estudio
  - 4.2.5 Cálculo del caudal máximo por el Método Racional
  - 4.2.6 Cálculo del caudal máximo por el Método del Hidrograma Triangular
  - 4.2.7 Caudales promedios finales
- 4.3 Considerando el método estadístico
  - 4.3.1 Función LogNormal 2 Parámetros
  - 4.3.2 Función LogNormal 3 Parámetros
  - 4.3.3 Función Gamma 2 Parámetros
  - 4.3.4 Función Gumbel
  - 4.3.4 Función LogGumbel
- 4.4 Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la Cuenca del río Chicama
- 4.5 Influencia del Cambio climático en el clima

#### 4.6 Conclusiones y recomendaciones

### **CAPITULO 5**

#### **V. MODELAMIENTO HIDRAULICO**

- 5.1 Simulación hidráulico en flujo estacionario: conceptos básicos
  - 5.1.1 Flujo gradualmente variado
  - 5.1.2 Condiciones de frontera
- 5.2 Información requerida para la simulación
  - 5.2.1 Coeficientes de rugosidad
  - 5.2.2 Caudales
  - 5.2.3 Pendiente del cauce
  - 5.2.4 Topografía
  - 5.2.5 Modelo Digital de Terreno (MDT)
  - 5.2.6 Ancho estable teórico del cauce (B)
- 5.3 Determinación del eje del río
- 5.4 Trabajo previo con Sistema de Información Geográfica (preRas)
- 5.5 Trabajo con HEC RAS
- 5.6 Post proceso con SIG
- 5.7 Plan de simulación
- 5.8 Resultados
  - 5.8.1 Evaluación de los parámetros hidráulicos
  - 5.8.2 Llanura de inundación

### **CAPITULO 6**

#### **VI. PROPUESTA DE ACCIONES ESTRATEGICAS**

- 6.1 Identificación de zonas vulnerables
- 6.2 Medidas estructurales
- 6.3 Medidas no estructurales

### **CAPITULO 7**

#### **VII. IMPACTOS DEL ESTUDIO**

- 7.1 Impactos ambientales
- 7.2 Impactos Socio - económicos
- 7.3 Impactos Institucional - político

## **CAPITULO 8**

### **8.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

8.1.1 Conclusiones

8.1.2 Recomendaciones

# 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, Gobiernos Regionales, Locales, instituciones privadas; 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 y erosión 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 Chicama.

### 1.3 Alcances del estudio

El estudio de tratamiento del río Chicama comprende el tramo, desembocadura en el mar, 0+000; hasta el puente Punta Moreno, 63+700; una longitud total de 63.70 kilómetros.

Con fines de estudio el río en mención fue sectorizado en dos tramos: (1) puente Punta Moreno hasta el puente Careaga y (2) Puente Careaga hasta la desembocadura en el mar.

#### **1.4 Antecedentes**

El Ministerio de Agricultura, mediante convenio con el Instituto de Recursos Naturales (INRENA) y posteriormente Autoridad Nacional del Agua (ANA), han ejecutado el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC), en diferentes valles del Perú.

Bajo este convenio, en el valle del río Chicama, se han construido obras estructurales de defensa ribereña, desde el año 1999 hasta el año 2009; que comprenden limpieza y descolmatación de cauce, construcción de diques enrocados y protección de estructuras.

La participación de las organizaciones de regantes (Junta de Usuario y comisiones de regantes) en la ejecución de estas obras fue a través del cofinanciamiento; así, como en la elaboración de perfiles de pre-inversión y expediente técnicos.

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 (Los más intensos y catalogados como catastróficos se registraron en 1925, 1982-83 y 1997-98), 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 Chicama, 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. Por lo tanto, el valle es considerado muy vulnerable ante la presencia de estos eventos de crecida; como consecuencia de la insuficiente obras de defensa ribereña, cobertura vegetal casi inexistentes, cauces colmatados, etc.

## **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 Chicama, 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 Chicama. 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 fue materializado a ambos lados del cauce del río.

Esta actividad lo ejecutó el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a través de un contrato 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 la Junta de Usuarios y con la Administración Local

de Agua.

**c) Zonificación del cauce**

Consistió en dividir al río en 2 zonas, con la finalidad de levantar la información de campo 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 el puente Punta Moreno hasta el litoral marino y tomó en cuenta los niveles de riesgos. La evaluación contempló 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**

El caudal de diseño o caudal máximo consideró una recurrencia de 10, 25 y 50 años y tomó como base el “Estudio de recursos hídricos superficiales en la cuenca hidrográfica del río Chicama”. Este Estudio considera dos métodos para calcular los caudales: método Racional y método Triangular; y tiempos de retorno para 25, 100 y 500 años. Sin embargo para el presente estudio se requirió caudales para 10, 25 y 50 años. Por lo tanto, se estimó los otros caudales partiendo de la metodología y datos del estudio indicado

**b) Simulación hidráulica del río**

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

Se empleó el modelo hidráulico HEC-RAS sobre la plataforma del sistema de información geográfica (SIG), haciendo uso del programa Arc Gis 9.3 y el HEC-GeoRas.

**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 Chicama nace en las alturas de las minas de Callacuyán con el nombre del río Perejil, hasta la localidad de Caina, a partir del cual toma el nombre de río Grande o Alto Chicama. Más abajo toma el nombre de río Huancay. El nombre de río Chicama toma a partir de la hacienda El Tambo, hasta la desembocadura en el mar (ONERN, 1973).

Políticamente la cuenca hidrográfica del río Chicama, se ubica en la parte norte del Perú y abarca parte de los departamentos de La Libertad (provincias de Santiago de Chuco, Ascope, Otuzco y Gran Chimú y Cajamarca (Contumazá y Cajamarca); 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 comprendido entre los paralelos 7° 21' y 8° 01' de Latitud Sur, y los meridianos 78° 16' y 79° 27' de Longitud Oeste de Greenwich (ONERN, 1973).

Limita por el Norte, con la cuenca del río Jequetepeque; por el Sur, con las cuencas del río Moche y de la quebrada del río Seco; por el

Sureste, con la cuenca del río Santa; por el Oeste con el Océano Pacífico y por el Este, con la cuenca del río Marañón, (ver figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación de la cuenca del río Chicama

Fuente: ONERN, 1973

### 2.1.2 Centros urbanos

En el cuadro 2.1, se indica los centros urbanos (capitales de distrito), ubicados dentro de la cuenca del río Chicama, (figura 2.2).

Cuadro 2.1. Capitales de distritos en la cuenca del río Chicama

Departamento	Provincia	Distrito	Población	Latitud	Longitud	Altitud
La Libertad	Santiago de Chuco	Quiruvilca	14060	8° 0' 22"	78° 15' 2"	3979
	Otuzco	Charat	3095	7° 48' 30"	78° 28' 26"	2285
		Huaranchal	5087	7° 41' 18"	78° 27' 20"	2110
		Otuzco	25265	7° 50' 07"	78° 34' 47"	2660
		Sinsicap	8271	7° 44' 45"	78° 46' 44"	2280
		Usquil	26268	7° 47' 32"	78° 21' 38"	2987
	Gran Chimú	Cascas	14191	7° 28' 58"	78° 45' 11"	1279
		Compín	2441	7° 41' 54"	78° 37' 33"	1510
		Lucma	5774	7° 37' 59"	78° 34' 44"	2167
		Sayapullo	7993	7° 33' 53"	78° 25' 45"	2381
	Ascope	Ascope	7012	7° 39' 47"	79° 05' 19"	238
		Casa Grande	29884	7° 33' 42"	79° 12' 26"	145
		Chicama	15056	7° 49' 20"	79° 02' 04"	129
		Chocope	10138	7° 47' 14"	79° 13' 58"	106
		Magdalena de Cao	2884	7° 50' 58"	79° 18' 41"	28
		Santiago de Cao	19731	7° 55' 56"	79° 13' 39"	18
Cajamarca	Cajamarca	Cospan	7859	7° 27' 22"	78° 32' 07"	2463
	Contumaza	Contumaza	8713	7° 19' 46"	78° 44' 04"	2647
		Guzmango	2944	7° 21' 41"	78° 55' 23"	2502
		San Benito	3558	7° 29' 50"	78° 58' 33"	1457

Fuente: INEI, Censo 2007

### 2.1.3 Vías de comunicación

La principal vía de acceso es la Panamericana Norte, cruza el río Chicama a través del puente Careaga. Permite unir los distritos de Chicama, Chocope, Paiján y el resto del Norte y Sur del País.

Por el lado izquierdo de la Panamericana Norte, existen dos vías asfaltadas de penetración; la que va al distrito de Cartavio con 9.8 Km y otra que va al distrito de Magdalena de Cao, con 13.5 Km de recorrido.

Por el lado derecho, existe una importante carretera asfaltada que une los distritos de Casa Grande, Roma y Ascope, con un recorrido de 18.20 Km.

Además, de trochas carrozables y carreteras afirmadas 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 superficie de 5,822 km<sup>2</sup>, de los cuales, 2,472 km<sup>2</sup> corresponden a la cuenca húmeda o imbrífera (ONERN, 1973).

Se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres que constituye la divisoria de aguas, cuyo punto más alto corresponde a la señal Cerro Tuanga (4,297 m.s.n.m.).

Tiene una longitud promedio de Este – Oeste de 80 Km y un ancho de Sur a Norte de 45 Km, aproximadamente.

### **2.2.2 Perímetro de la cuenca**

El perímetro de la cuenca es 427 Km, si consideramos la intercuenca, el perímetro total sería 511 Km.

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

La pendiente promedio del cauce del río es 3%. Si consideramos el ámbito de estudio en dos tramos, la pendiente son las siguientes: desde el puente Punta Moreno hasta el puente Careaga, la pendiente promedio es 0.75%; y el otro tramo desde el puente Careaga hasta la desembocadura en el mar, la pendiente promedio es 0.6%.

## **2.3 Características climatológicas**

### **2.3.1 Precipitación**

De acuerdo a la información disponible, la cuenca del río Chicama presenta una distribución pluvial que varía en un rango de 5.5 mm a nivel del litoral a 1,100 mm en el sector de Sierra por encima de los 2,800 m.s.n.m. En general, la intensidad de la precipitación pluvial aumenta en relación directa con la altitud. (ONERN, 1973).

Sin embargo, de acuerdo a las estaciones hidrometeorológicas de la cuenca, se cuentan con precipitaciones que alcanzan mayores a este valor (Capachique, 1,250 mm; Huaycot, 1,388 mm; Sayapullo, 1,221 mm). (*“Estudio de recursos hídricos superficiales en la cuenca hidrográfica del río Chicama, 2009”*).

El sector de menor precipitación pluvial, está comprendida entre el litoral marino, hasta los 1,200 y 1,300 m.s.n.m. Los datos determinan un promedio de 66.4 mm anuales de lluvia, (ONERN, 1973).

Entre este sector y el nivel altitudinal que varía entre los 2,000 y 2,100 m.s.n.m., las lluvias son más abundantes, pero marcadamente estacionales, siendo el promedio de 560 mm anuales.

Entre este sector hasta el nivel que varía entre los 2,700 y 2,800 m.s.n.m., se tiene un promedio de 556 mm anuales.

Considerando este último sector, hasta la divisoria de agua que varía entre los 3,600 y 4,200 m.s.n.m., representa el área más lluviosa de la cuenca, con un promedio de 1,153 mm anuales.

Según la distribución de las lluvias, la cuenca se divide en dos sectores: (1) **cuenca seca**, comprendido entre el litoral marino hasta el nivel que varía entre los 1,200 a 1300 m.s.n.m., siendo las precipitaciones menores a 200 mm anuales, cuyo valor no significa producción de escorrentía superficial; por lo tanto, no aporta significativamente al río; (2) **cuenca húmeda**, comprendido entre el límite de la cuenca seca hasta la divisoria de aguas, cuya precipitación varía entre los 200 a 1,153 mm anuales, con aporte positivo al caudal del río. (ONERN, 1973).

Según datos de los últimos 66 años; las temperaturas del agua medidas en la estación de Chicama (costa norte del Perú), se desprende que los años 1925, 1933, 1941, 1957, 1972, y 1982 - 1983 fueron los más fuertes, y un grupo adicional de seis eventos

(1932, 1939, 1943, 1953, 1965 y 1987) fueron considerados como moderados. (MINAG-Portal Agrario, 2010).

### **2.3.2 Temperatura**

La temperatura en la cuenca varía desde el tipo semi-cálido, en el sector del valle agrícola de la costa; al tipo frío, en el sector andino por encima de los 4,000 m.s.n.m.

La temperatura en la parte baja de la cuenca presenta una marcada estacionalidad (diciembre – abril), cuyo valor más alto ocurre en el mes de Febrero (25 °C). Para los meses de Mayo a Noviembre la temperatura promedio es 18 °C. En las partes altas de la cuenca no se presenta esta estacionalidad marcada manteniéndose constante todo el año entre los 14 °C y 16 °C. (*“Estudio de recursos hídricos superficiales en la cuenca hidrográfica del río Chicama, 2009”*).

### **2.3.3 Humedad Relativa**

De acuerdo a la información existente, la humedad relativa presenta mayores valores en la zona baja de la cuenca, debido a su proximidad al litoral marino, con valores medias anuales de 84.7%; en el valle alcanza valores medias de 77.3% con máximas diarias medias mensuales de 94.3% en los meses de invierno y una mínima diaria media mensual que llega a 55.81% en los meses de verano y para la cuenca alta se registra valores medios de anual de 71.92%.

Estacionalmente aumenta durante los meses Abril - Septiembre y disminuye en los meses de Octubre - Marzo, esta estacionalidad es más marcada en la cuenca alta. En la cuenca baja, aumenta en los meses de Diciembre - Mayo y disminuyendo en los meses de Junio – Octubre. (*“Estudio de recursos hídricos superficiales en la cuenca hidrográfica del río Chicama, 2009”*).

## **2.4 Características geológicas**

La secuencia estratigráfica y rasgos estructurales de la cuenca, se describen a continuación (ONERN, 1973).

**Depósitos Eólicos (Q-e).** Arenas de grano fino a medio, formando pequeños depósitos en los flancos de los cerros Portachuelo y Piedra Parada y en las playas La Bocona y El Milagro.

**Depósitos Fluviales (Q-f).** Arenas, gravas, guijarros y clastos heterométricos de variada composición. Se encuentra a lo largo del curso del río Chicama y en la quebrada Alma Mala.

**Depósitos Fluvio-Aluviales (Q-fal).** Arcillas, arenas, fragmentos rocosos heterométricos, angulares y subangulares, de diversa composición. Distribuidos en el flanco occidental andino; sus afloramientos son de diversa magnitud, como en el área de la playa de Mocan; Hacienda Jaguay – El Espinal; Río Santanero; Pampa Paiján, Hacienda Chicamita - Quebrada Huáscar.

**Depósitos Aluviales (Q-al).** Conglomerado semiconsolidado dispuesto horizontalmente. Compuesto por arcillas, arenas, gravas y guijarros; están distribuidos en el sector inferior de la cuenca, que constituye el área agrícola más importante.

**Formación Volcánica Calipuy (Ksti-vca).** Extensa y variada formación volcánica; piroclastos, derrames brechas y tufos de composición dacítica, riolítica, y andesítica, de colores violáceos, paros, verdoso y amarillentos. Debido a la erosión, sólo existen pequeñas ocurrencias en los sectores noroccidental, Céntrico oriental y Sur-céntrico oriental.

**Formación Huaylas (Ksti-hu).** Serie alternante de conglomerados, areniscas y lutitas, de coloración rojiza. Con presencia de dos pequeños afloramientos en el sector Sureste de la cuenca. Uno en el área Muchamaca y el otro en el Cerro Tambillo.

**Formaciones Inca, Chúlec y Pariatambo (Km-ichp).** La formación Pariatambo consiste en calizas de color gris, intercalados de lutitas negras. La formación Chúlec se caracteriza por su conformación de margas amarillentas. La formación Inca se caracteriza por la presencia de calizas gris negruzcas.

Se encuentran en franjas delgadas con rumbo SE-NO en el extremo Nor-oriental de la cuenca.

**Grupo Goyllarisquizga (Ki-g).** Incluye las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. La formación Chimú lo conforman areniscas y cuarcitas blancas, intercalados de lutitas pizarrosas y mantos de carbón. La formación Santa, está constituido por una serie interestratificada de lutitas y calizas de color gris negruzco. La formación Carhuaz, está formado por lutitas arenosas pardo rojizas, limolitas marrón rojizas, con intercalaciones de areniscas arcillosas. La formación Farrat, consiste en cuarcitas grises y blancas de grano medio a grueso con intercalaciones de areniscas cuarzosas y lutitas de color gris.

**Formación Chicama (Js-chic).** Constituido por una secuencia de lutitas de variados colores interestratificadas con pizarras, areniscas, limolitas, tufos volcánicos y bancos de caliza de color gris negruzco.

**Grupo Zaña (TJ-z).** Derrames y brechas de composición de andesíticas de colores verde oscuro y gris negruzco, con intercalaciones esporádicas de lutitas negras en capas delgadas.

**Batolito Andino (KT-i).** Constituido por rocas plutónicas como granitos, granodioritas, dioritas, etc. Se encuentra distribuido ampliamente por la cuenca, con afloramiento de diversa magnitud.

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

Desde sus nacientes hasta su desembocadura en el mar, su longitud es de 160 Km y recorre de este a oeste. Adopta los nombres de río Perejil desde sus nacientes hasta la localidad de Caina, a partir del cual toma el nombre de río Grande o Alto Chicama. Aguas abajo toma el nombre de río Huancay; el nombre del río Chicama, adopta desde la localidad de El Tambo, hasta el Océano Pacífico.

Los principales afluentes por la margen derecha son:

- **Río Chuquillanqui** (662 Km<sup>2</sup>), nace en la quebrada de Huaycot a 4,000 m.s.n.m., en el trayecto toma el nombre de río San Jorge, hasta la confluencia con el río Cospan, a la altura de los Baños Chimú; a partir del cual adopta el nombre de río Chuquillanqui. Las longitudes para el río Chuquillanqui y río Cospan son 48 Km y 28 Km, respectivamente y pendiente promedios de 6% y 10%.
- **Río San Felipe** (68 Km<sup>2</sup>), nace con los aportes de las lagunas Chuño y San Felipe y desemboca en el río Huancay (Chicama) a la altura del puente Tambo. Tiene una longitud de 20 Km y una pendiente promedio de 14%.
- **Río Ochape** (110 Km<sup>2</sup>), nace de la laguna Coan con el mismo nombre, recibe el aporte de las quebradas Soccha y Lladen; continúa el recorrido por el río Chingavillan y el río Chepino; tiene una longitud de 110 Km, y una pendiente promedio de 12%. Confluyen con el río Cascas a la altura del puente Ochape en el río Chicama.
- **Río Cascas** (110 Km<sup>2</sup>), nace con la confluencia de las quebradas De Cachil y Palo Blanco, aguas abajo toma el nombre de Molino, luego el nombre de Cascas hasta la desembocadura; recibe los aportes de las quebradas Socche, Chanches, El Pajonal, Corlas y Chimbiles. Tiene una longitud de 110 Km y una pendiente promedio de 9%.
- **Río Santanero** (500 Km<sup>2</sup>), nace con la confluencia de los ríos Santa Ana y San Benito, cerca a la localidad de El Espinal. El río Santa Ana recibe los aportes de las quebradas Honda, Cosiete, Membrillar, Lucma Pampa, Chapolán, Chustón, Huangamarca, Huayaba y Lapalen. El río San Benito recibe los aportes de las quebradas Palmo-Honda, Guzmango, Yeton y Calvo.

Por la margen izquierda, el principal afluente es el río Quirripaño que abarca un área de 330 Km<sup>2</sup>. Recibe el aporte de varias quebradas como Del Sauci, Infiernillo, Chala, etc.

## 2.6 Infraestructura hidráulica y de cruce

### 2.6.1 Infraestructura hidráulica

Se describe a las estructuras de captación (tomas) y al canal derivador, para la margen izquierda como para la margen derecha.

a. **Margen izquierda.** Se han identificado 8 tomas, los que se describen a continuación.

- **Toma Mala Muerte.** Construido de mampostería, del cual se deriva el canal del mismo nombre. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 731836, Norte (Y) = 9159419.
- **Toma Huabalito.** Toma rústica construida con piedras y palos, del cual se deriva el canal Huabalito, para el riego de 106 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 731036, Norte (Y) = 9159315.
- **Toma Pampas de Jaguey.** Toma de uso agrícola, está construido de concreto armado, capta las aguas mediante un barraje conformado temporalmente por piedras; del cual se deriva el canal Escasez, con una capacidad de 12 m<sup>3</sup>/s, para el riego de 521 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 727906, Norte (Y) = 9157336.
- **Toma Salinar.** Toma rústica, el barraje construido de piedras y madera, se deriva el canal Salinar, para el riego de 776 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 725587, Norte (Y) = 9153066.
- **Toma La Barranca.** Tipo rústica, construido de mampostería y deriva el canal La Barranca, con capacidad para regar 1,842 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 721262, Norte (Y) = 9146248.
- **Toma Chicamita.** Toma rústica de uso agrícola, el barraje está conformado por piedras; se deriva el canal Chicamita, con una capacidad de 1.05 m<sup>3</sup>/s, que permite el riego de 3,271 Ha. Sus

coordenadas en UTM son: Este (X) = 708719, Norte (Y) = 9143539.

- **Toma Chiclín.** Toma de tipo rústico, deriva sus aguas mediante una barraje rústico de palos y piedras, deriva sus aguas para el canal Chiclín con una capacidad máxima de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , para el riego de 4,552 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 708525, Norte (Y) = 9143413.
- **Toma Cartavio-Pongochongo.** El barraje está constituido de piedras con palos y arbustos, con muros de concreto armado, del cual se deriva el canal Cartavio con una capacidad de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , para el riego de 8,151 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 705725, Norte (Y) = 9141370.

**b. Tomas en la margen derecha.** Se han identificado 7 tomas, los que se describen a continuación.

- **Toma Tesoro.** Toma rústica de uso agrícola, el barraje está conformado por piedras, de donde se deriva el canal El Tesoro, con una capacidad de conducción de  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ , para el riego de 1,396 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 721422, Norte (Y) = 9146783.
- **Toma Ascope.** Toma de uso agrícola, el barraje está conformado de concreto, de donde se deriva el canal Ascope con una capacidad de riego de 2,090 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 716579, Norte (Y) = 9146536.
- **Toma Facalá.** Toma de uso agrícola, el barraje está conformado de concreto, del cual se deriva el canal Facalá con una capacidad de riego de 5,352 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 714316, Norte (Y) = 9145766.
- **Toma Paján.** Toma de uso agrícola, el barraje está conformado de concreto, del cual se deriva el canal Paján con una capacidad de

12.5 m<sup>3</sup>/s, que riega 10,428 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 710885, Norte (Y) = 9144718.

- **Toma Roma.** Toma de uso agrícola, el barraje está conformado de concreto, del cual se deriva el canal Roma con una capacidad de 1.05 m<sup>3</sup>/s, para el riego de 10,813 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 708732, Norte (Y) = 9144484.
- **Toma Cao.** Estructura rústica de mampostería, del cual deriva el canal Magdalena de Cao, con una capacidad de riego para 9,609 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 704632, Norte (Y) = 9140230.
- **Toma Vallejos.** Estructura rústica de mampostería, del cual deriva el canal Vallejos, con una capacidad de riego para 9,609 Ha. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) = 694753, Norte (Y) = 9130778.

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

- Puente Punta Moreno.** Se encuentra ubicado en el límite de los distritos de Cascas y Chicama en la provincia de Gran Chimú y Ascope, respectivamente. Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN), tiene las siguientes coordenadas: Este (X) 732833 y Norte (Y) 9159866.
- Puente Victoria.** Se encuentra ubicado en el anexo Roma, distrito de Casa Grande y provincia de Chicama. Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN), sus coordenadas en UTM son: Este (X) 705318 y Norte (Y) 9140748.
- Puente Careaga.** Se encuentra ubicado en el límite de los distritos de Chicama y Chocope en la provincia de Ascope. Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN), sus coordenadas en UTM son: Este (X) 701499 y Norte (Y) 9135111.
- Puente Nazario.** Se encuentra ubicado en el límite de los distritos de

Santiago de Cao y Magdalena de Cao en la provincia de Ascope. Sus coordenadas en UTM son: Este (X) 691466 y Norte (Y) 9126828.

## **2.7 Ecología**

La descripción de las formaciones ecológicas, de la cuenca del río Chicama se indica.

### **a. Formación Desierto Pre – Montano (d-PM)**

Va desde el litoral hasta una altitud que varía entre los 500 y 660 m.s.n.m. Presenta un clima extremadamente árido y semi-cálido, con precipitaciones que van desde los 5.5. mm en el litoral a 100 mm, en el límite superior de la siguiente Formación.

La Formación presenta dos áreas bien definidas: una conformada por llanuras y colinas de relieve ondulado, que corresponde al valle agrícola y las pampas eriazas; y la segunda fuertemente accidentada, que corresponde a las primeras estribaciones de la Cordillera, se distingue pequeñas terrazas aluviales y laderas de montaña con poca gradiente.

En las partes más bajas predomina la especie xerófila *Tillandsia* sp. , también se aprecia una vegetación arbustiva *Capparis angulata* (sapote), sobre las áreas salinas se aprecia las especies *Distichlis spicata* (grama salada) y *Heliotropium* sp.

Hacia el Este del valle, se distingue áreas de bosques residuales y artificiales de huarango (*Acacia macracantha*) y algarrobo (*Prosopis juliflora*).

En el cauce del río y quebradas con escorrentía, se identifica monte ribereño marginal, conformado por especies de pacaes, sauce y caña brava.

### **b. Formación Matorral Desértico Pre – Montano (md-PM)**

Se extiende a partir de la formación Desierto Pre-Montano hasta una altitud que varía entre los 1,200 y 1,300 m.s.n.m. Presenta un clima tipo árido y semicálido, con precipitaciones promedios a 140 mm, con una temperatura promedio de 20°C.

Presenta dos áreas definidas, una de relieve ondulado a semiaccidentado y otra que corresponde a montañas con relieve muy accidentado (presencia de catáceas).

La vegetación natural es la cactácea, con mayor presencia hacia los 1,000 m.s.n.m. Hacia la parte más baja se aprecian arbustos de las especies Capparis angulata (sapote) y Capparis ovalifolia (vichayo); en las partes más altas hay presencia de especies herbáceas (gramíneas).

**c. Formación Monte Espinoso Pre – Montano (me-PM)**

Se extiende hasta los niveles que van hasta los 1,900 – 2,100 m.s.n.m., presenta un clima semi – árido y templado, con tendencia a sub – húmedo. La precipitación promedio anual es 560 mm.

La formación presenta dos áreas definidas: una de relieve semi – accidentado a ondulado, constituido por terrazas y laderas de piedemonte; la otra, conformada por montañas con vegetación estacional y de relieve muy accidentado.

La vegetación natural está conformado por especies herbáceas estacionales, arbustivas o arbóreas perennes, destaca la presencia de Bromus sp (gramínea), que forma pastizales estacionales. Dentro de las arbustivas y arbóreas destaca la Caesalpineia espinosa (tara), en las partes más bajas tenemos la Scypharia spicata y árboles pequeños de Bombax discolor (pate).

**d. Formación Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB)**

Esta formación alcanza hasta los niveles entre los 2,600 -2,800 m.s.n.m., se caracteriza por presentar un clima sub-húmedo y templado, con tendencia a húmedo. La precipitación promedio anual es de 630 mm, con una temperatura promedio de 14°C.

Presenta dos áreas definidas: una constituida por pequeñas áreas de piedemonte y laderas de relieve semi-accidentado; la otra, conformado por montañas con arbustos y maleza alta y relieve accidentado a muy

accidentado.

La vegetación natural representativa por especies herbáceas estacionales y arbustivas o arbóreas perennes, destaca el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), gramínea exótica, *Festuca* sp y *Bromus* sp. En las partes más bajas se aprecia sub-arbustos de las familias Malvaceae y Solanaceae. La vegetación arbustiva está compuesta por *Lupinus* sp (chocho silvestre) y *Heliotropo* sp. Las especies arbóreas está constituido por *Escallonia péndula* (pauco), *Caesalpinea espinosa* (tara), *Juglans* sp (nogal), *Styloceras laurifolium* (naranjillo) y higuérón.

**e. Formación Pradera Húmeda Montano (ph-M)**

Abarca hasta la cota 4,000 m.s.n.m., presenta un clima húmedo y frío, con precipitaciones promedio de 1,100 mm anuales y temperaturas promedios de 10°C.

La topografía presenta montañas constituido por colinas de relieve ondulado a semi-accidentado, laderas de montañas de relieve suave y cerros escarpados con relieve abrupto.

La vegetación natural predominante son las herbáceas (gramíneas), que constituye los pastos naturales. En las quebradas y sectores montañosos existen especies arbóreas como el cucharillo, lanche, rumilanche, chachia, mamaqui, quitasol, layo, etc. En las zonas más bajas tenemos al Kikuyo, *Festuca* sp y *Poa* sp.

**f. Formación Pradera Muy Húmeda Montano (pmh-M)**

Se extiende hasta las divisorias de las aguas que alcanza los 4,200 m.s.n.m., posee un clima muy húmedo y frío, con precipitaciones promedio de 1500 mm anuales y temperatura promedio de 6°C.

Presenta una topografía montañosa compuesto por colinas y laderas de relieve suave a semi-accidentado.

La vegetación natural, está conformado principalmente por gramíneas de tipo

forrajero (Calamagrostis spp. y Festuca spp.).

## 2.8 Características socio-económico

Según el censo 2007 (INEI, 2010), el departamento de La Libertad cuenta con una población de 1'617,050 habitantes, de los cuales el 75% están asentadas en zonas urbanas (1'218,922 habitantes) y el 25% en zonas rurales (398,128).

El nivel educativo de la población correspondiente a la cuenca del río Chicama varía de acuerdo a la ubicación geográfica. La provincia de Gran Chimú, tiene el mayor porcentaje de población sin nivel educativo con 16.78%, mientras que Otuzco, posee el mayor porcentaje de población que tiene un nivel educativo superior (incompleto o completo), con el 22.53%. Ver cuadro 2.2

Cuadro 2.2. Nivel educativo

Provincia	Nivel educativo				
	Sin nivel	Educación Inicial	Primaria	Secundaria	Superior
Otuzco	13.6	2.76	34.31	26.8	22.53
Gran Chimú	16.78	3.03	51.93	20.86	7.4
Ascope	10.13	2.59	30.57	34.34	22.36
Contumazá	12.45	2.21	53.3	21.32	10.73

La población de Ascope accede en mayor porcentaje (52.43%) a un seguro de salud; considerando, Seguro SIS, ESSALUD u otro tipo. La provincia de Otuzco por el contrario tiene el mayor porcentaje de la población que no accede a ningún tipo de seguro, representa el 59.27%. Ver cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Salud

Provincia	Salud	
	Seguro SIS, ESSALUD, otros	Sin seguro
Otuzco	40.73	59.27
Gran Chimú	42.43	57.57
Ascope	52.43	47.57
Contumazá	45.7	54.3

Fuente: INEI, Censo 2007

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).

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. La provincia de Gran Chimú, tiene el mayor porcentaje de la PEA en actividad, que representa el 38.51%, mientras que la provincia de Otuzco la desocupación de la PEA tiene el menor porcentaje con el 1.15%. Ver cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Población Económica Activa

Provincia	Población Económicamente Activa (PEA)		
	PEA ocupada	PEA desocupada	No PEA
Otuzco	37.23	1.15	61.62
Gran Chimú	38.51	1.33	60.16
Ascope	36.49	2.8	60.71
Contumazá	33.48	3.4	63.12

Fuente: INEI, Censo 2007

En promedio la población de la cuenca vive en casa independiente con un promedio del 96.8%, de los cuales la provincia de Otuzco posee el mayor porcentaje con el 98.38%, mientras que la población de Contumazá posee el mayor porcentaje que habitan en viviendas no independientes (6.36%); refiriéndose a vivienda en quinta, vecindad, choza, vivienda improvisada, hospedaje, casa pensión, etc. Ver cuadro 2.5.

El material predominante de la paredes de las viviendas es el adobe o tapial, en el caso de Otuzco el porcentaje alcanza hasta los 96.71%; en cuanto a ladrillo o bloque de concreto se observa con mayor porcentaje, 31.78%, en la provincia de Ascope. Cuadro 2.5.

Cuadro 2.5. Tipo de vivienda y material

Provincia	Tipo de vivienda		Material predominante de las paredes		
	Casa independiente	Vivienda no independiente <sup>1</sup>	Ladrillo o Bloque de cemento	Adobe o tapia	Otros <sup>2</sup>
Otuzco	98.38	1.62	1.4	96.71	1.89
Gran Chimú	97.94	2.06	3.08	94.49	2.43
Ascope	97.36	2.64	31.78	65.55	2.67
Contumazá	93.64	6.36	3.98	92.37	3.65

Fuente: INEI, Censo 2007

La población que cuenta con servicio de agua potable es en promedio el 82.44%; Otuzco accede en mayor porcentaje, equivalente al 93.93%, mientras que la población de Ascope, el 34.96%, no accede a este servicio.

## Cuadro 2.6

En cuanto a servicios higiénicos, en promedio el 32.37% de la población hace uso de la red pública, ya sea dentro o fuera de la vivienda; de los cuales Ascope ostenta el mayor porcentaje con el 65.08%. La población que no cuenta con este servicio, representa en promedio el 31.30%; siendo Otuzco el que representa el valor más alto con el 45.74%. Cuadro 2.6.

---

<sup>1</sup> Vivienda en quinta, vecindad, choza, vivienda improvisada, hospedaje, casa pensión, etc.

<sup>2</sup> Madera, quincha, estera, piedra con barro, etc.

Cuadro 2.6. Acceso a servicios básicos

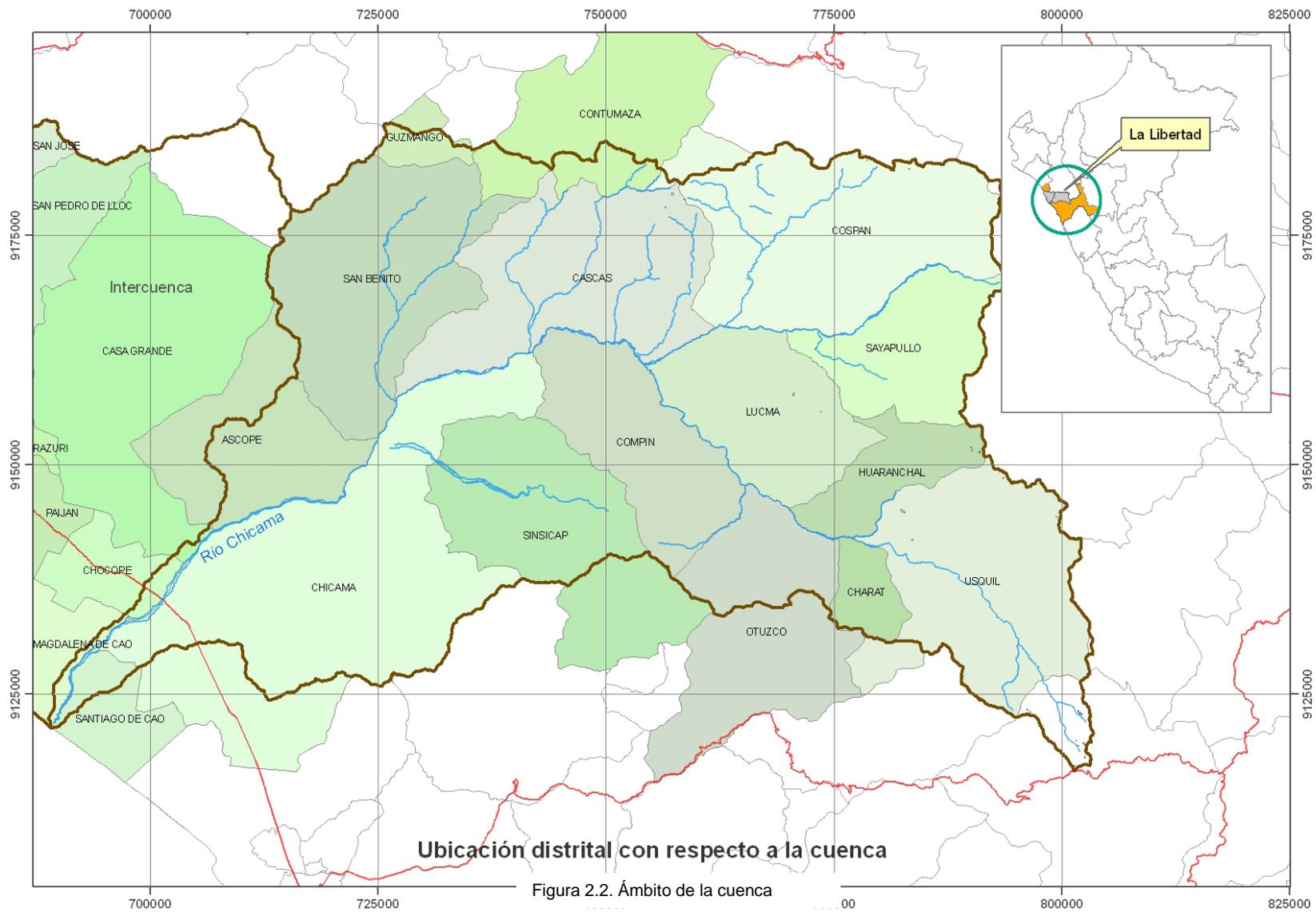
Provincia	Abastecimiento de agua				Servicio higiénico			Alumbrado eléctrico	
	Red pública (dentro y fuera de la vivienda)	Otros <sup>3</sup>	Con servicio	Sin servicio	Red pública (dentro y fuera de la vivienda)	Otros <sup>4</sup>	No tiene	Si tiene	No tiene
Otuzco	52.59	47.41	93.93	6.07	19.06	35.2	45.74	41.75	58.25
Gran Chimú	49.6	50.4	84.43	15.57	18.09	46.12	35.79	27.67	72.33
Ascope	48.91	51.09	65.04	34.96	65.08	21.25	13.67	79.76	20.24
Contumazá	55.24	44.76	86.36	13.64	27.24	42.77	29.99	41.32	58.68

Fuente: INEI, Censo 2007

El acceso al servicio de alumbrado eléctrico, es en promedio el 47.63%, resaltando que el 79.76% de la población de Ascope cuenta con este servicio, mientras que la población de la provincia de Gran Chimú, el 72.33% no tiene acceso a este servicio. Cuadro 2.6.

<sup>3</sup> Pílon de uso público, camión-cisterna, pozo, río, quebrada, etc.

<sup>4</sup> Pozo séptico, letrina, acequia, etc.



## 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° 053 Río Chicama*.

#### 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 Chicama; partiendo desde el litoral marítimo hasta el puente Punta Moreno, una distancia aproximada de 63.7 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 Chicama y con la Junta de Usuarios, 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 Zephyr Geodetic, etc.

El registro de datos se realizó empleando el Sistema de Posicionamiento

Globla (GPS), Método Diferencial Estático post procesado, en el sistema WGS 84, tomando como base La Estación de Rastreo Permanente de Trujillo 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 Chicama.

Cuadro 3.1. Puntos geodésicos

Nombre	Norte (Y)	Este (X)	Observaciones
0001	9122078.489	689190.206	Se ubica en el punto de concentración de residuos (basura), a la margen derecha del río Chicama aprox. a 10 m a la orilla del río Chicama y a 5 km al Oeste de la fábrica de Cartavio, distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.
0002	9123374.171	689598.41	Se ubica a un lado de un camino carrozable a Roma y frente a unos, caballetes de contención para defensa ribereña, localizado en San José Bajo, distrito Cartavio, provincia Ascope, La Libertad.
0003	9124006.783	690499.062	Se ubica al costado del canal, a la margen derecha del río Chicama a 3 Km del puente Nazareno, distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.
0004	9124174.724	690824.601	Se ubica en una loma en la margen izquierda del Río Chicama, en terrenos de la Empresa Cartavio, distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0005	9124985.675	690838.943	Se ubica en la margen derecha del Río Chicama localizado en terrenos de la Empresa Cartavio, distrito de Chicama, provincia de Ascope, La Libertad.
0006	9125009.388	691093.237	Se ubica en la margen derecha del río Chicama, aprox. 1 Km al Este del puente Nazareno a , distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.
0007	9126302.896	691546.564	Se ubica en la margen izquierda del río Chicama, a 1 km del Puente Nazareno, en terrenos de la Empresa Cartavio, distrito Chicama, provincia, Ascope, La Libertad.
0008	9126806.477	691209.646	Se ubica en la margen derecha del río Chicama, a 30 metros del estribo del puente Nazareno, ubicado en el distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.
0009	9126828.188	691466.267	Se ubica en la margen izquierda del Río Chicama y a 10 m del Puente Nazareno, distrito de Cartavio, provincia Ascope, La Libertad.
0010	9127671.209	691835.068	Se ubica en la margen izquierda del río Chicama, localizado en una loma de sembríos de caña de azúcar de la Empresa Cartavio distrito de Chicama , provincia Ascope, La Libertad.
0011	9128346.973	691614.976	Se ubica en la margen derecha del río Chicama aprox. a 150 m de la carretera a Moncada y a 1.5 km. Al este del puente Nazareno, localizado en el distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, de La Libertad.
0012	9128832.989	693308.588	Se ubica en una pequeña elevación de la margen izquierda del río Chicama, aprox. a 2 Km al N del Puente Nazareno, localizado en terrenos de la Empresa Cartavio, distrito de Chicama, provincia de Ascope, La Libertad.
0013	9130176.818	695016.218	Se ubica en la margen izquierda del río Chicama al costado de una acequia de regadío con vista diagonal a las huacas, toma como referencia el punto de concentración de residuos (basural) de la ciudad, distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.

0014	9130969.578	694703.609	Se ubica en una pequeña elevación en la margen izquierda del Río Chicama, al noreste del Anexo Roma, localizado en terrenos de la Empresa Cartavio, distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0015	9130868.171	695800.547	Se ubica al costado de un canal de irrigación, en la margen izquierda del río Chicama a 330° de azimut y a 3 m. del punto sobre el referido canal.
0016	9131310.156	695993.123	Se ubica en la margen derecha del río Chicama, a 800 m Sur Este del Puente Careaga, localizado en terrenos de la Empresa Cartavio, distrito Cartavio, provincia Ascope, La Libertad.
0017	9132818.731	699016.514	Se ubica en una carrozable en la margen izquierda del río Chicama a partir de unos caballetes con azimut de 180° y aproximadamente a 200 m.
0018	9133093.687	699685.678	Se ubica en una pequeña Loma, margen izquierda del Río Chicama, localizado en terrenos de la empresa Cartavio, distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad
0019	9133463.545	700224.071	Margen izquierda del río Chicama a 1Km al Oeste del puente Careaga junto a sembríos de caña de azúcar, distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.
0020	9134714.28	700370.991	Se ubica en el sector Campo 13, M. I. del Río Chicama, localizado en terrenos de la Empresa Cartavio, distrito de Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0021	9134431.578	701346.638	Se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Chicama a 600 m Sur del Puente Careaga, localizado en terrenos de la Empresa Cartavio, distrito de Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0022	9135369.278	701344.833	Se encuentra ubicado a 500 m al Nor Este del antiguo Puente Careaga y panamericana Norte, distrito Chicama, provincia Ascope La Libertad.
0023	9135111.734	701499.806	Se ubica al Sur Oeste del Puente Careaga, lado derecho de la Panamericana Norte, Camino a Chocope, distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0024	9135205.25	701800.75	Se ubica en una carrozable a la M. I. del río Chicama aprox. 150 m. al Este del puente Careaga (carretera Panamericana norte), localizado en el distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.
0025	9135887.348	702098.715	Se ubica sobre una Loma en la margen izquierda del Río Chicama, propiedad del Sr. Calderón Vargas, distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0026	9136723.713	702483.094	Se ubica en la margen derecha del río Chicama al costado de la maleza, localizado en el anexo Roma distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.
0027	9137334.118	702305.995	Se ubica en un muro que sirve como defensa ribereña al lado de una roca de 1.50 x 1.50 m aprox. En el lugar denominado Campo Larco del anexo Roma, distrito Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0028	9137646.472	703073.14	Se ubica a 100 m de una casa de propiedad de la familia Calderon, margen izquierda del río Chicama, distrito de Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0029	9138208.731	703585.464	Se ubica en la margen izquierda del río Chicama en una esquina de una chacra, localizado a 275° de azimut y a 150 m.de distancia desde un molino de viento.
0030	9139001.23	703478.694	Se ubica en un camino carrozable empedrado que sirve como defensa ribereña del Río Chicama, localizado en el lugar Campo Larco del anexo Roma, distrito Casagrande provincia Ascope, La Libertad.
0031	9138978.388	704437.027	Se ubica al Noreste de la Casa de propiedad de la familia Flores, margen izquierda del Río Chicama, localizado en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0032	9139787.102	704155.99	Se ubica al lado de un arbusto en la parte central el Río Chicama localizado en el anexo Roma, distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0033	9139496.224	704716.932	Se ubica al interior de una chacra a la margen izquierda del río Chicama aproximadamente a 1 km del puente victoria, localizado en el distrito de Casa Grande, provincia de Trujillo, La Libertad.
0034	9140231.222	704636.397	Se ubica cerca del puente peatonal en la Toma Cao en el camino de herradura, frente a los caballetes que sirven de defensa ribereña, localizado en el anexo Roma distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad
0035	9140753.916	705111.255	Se ubica en la parte superior de una Loma cerca del Puente Victoria, en el anexo Roma, localizado en el distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0036	9140748.903	705318.883	Se ubica en el estribo del puente Victoria lado Sur Este, próximo del muro de contención en el anexo de Roma, localizado en el distrito de Casa Grande, provincia Chicama, La Libertad

0037	9141935.279	705538.12	Se ubica al lado izquierdo del camino carrozable al Puente Victoria en una pequeña Loma, anexo Roma, distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0038	9141735.575	705980.588	Se ubica en la margen izquierda del río Chicama próximo al muro de contención de la toma Cartavio, al costado de cultivo de caña de azúcar
0039	9142259.718	706871.641	Se ubica al lado izquierdo del camino carrozable, del Puente Victoria margen izquierda del Río Chicama, en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0040	9142822.822	706988.499	Se ubica en una pequeña Loma del Río Chicama frente a la Toma Cartavio, localizado en el anexo Roma, distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0041	9142984.643	707734.798	Se ubica en un muro de contención, M. I. del Río Chicama, localizado en terrenos de cultivo de propiedad del Sr. Pedro Carranza Samamé, en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0042	9143451.16	708525.575	Se ubica en la margen izquierda del río Chicama a 86° de azimut y 10 m. de la pared de ladrillo de la caseta de guardianía de la toma Chiclin.
0043	9143746.225	708663.942	Se ubica en un muro de contención o defensa ribereña a 15 m del camino a Punta Moreno, anexo de Cepeda, distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0044	9143609.735	709505.226	Se ubica a 15 m del camino carrozable de una propiedad privada, en la margen izquierda del río Chicama, en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0045	9144482.293	710840.867	Se ubica en la Toma Roma al lado de la grada que lleva a la compuerta, en el anexo Cepeda, localizado en el distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0046	9144446.669	710845.219	Se ubica a 10 m de la Toma Roma costado de un muro de concreto margen izquierda del río Chicama, localizado en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0047	9144741.805	710904.687	Se ubica a 1 m del muro de concreto, margen izquierda del Río Chicama, localizado al Norte de la Toma Paijan, en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0048	9144587.649	711029.322	Se ubica a 30 m Sur de la Toma Paijan, en el margen derecho del Río Chicama, localizado en terrenos de cultivo de propiedad de la empresa Casagrande, distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0049	9144197.456	711172.576	Se ubica frente a los caballetes que sirven de contención, en la margen izquierda del Río Chicama, localizado en terrenos de cultivo de propiedad de la empresa Casagrande, en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0050	9144 904.182	711443.191	Se ubica al lado derecho del camino carrozable a la Toma Facala en una pequeña Loma, localizado en Pampa Ventura, distrito Casagrande, provincia Ascope La Libertad.
0051	9145142.359	712050.141	Se ubica al lado derecho del camino carrozable a la Toma Facala, próximo por un grupo de rocas utilizados como defensa ribereña localizada en el anexo Cepeda, el distrito Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0052	9145370.354	712540.55	Se ubica en una Loma lado izquierdo del camino carrozable a la Toma Facala que se encuentra interrumpido por las rocas que sirven como defensa ribereña localizado en el anexo Cepeda, distrito Casagrande, Provincia Ascope, La Libertad.
0053	9145470.594	712933.871	Se ubica cerca de una chacra o terreno de cultivo, localizado en el anexo Pampa Ventura, distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0054	9145615.458	714100.378	Se ubica en una roca que sirve como defensa ribereña en la Toma Facala, anexo Pampa Ventura, en el distrito Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0055	9146051.841	714814.457	Se ubica en el lado derecho de un camino carrozable que se encuentra empedrado como defensa ribereña, localizado en el anexo Pampa Ventura, distrito Casagrande provincia Ascope, La Libertad.
0056	9146358.983	715768.317	Se ubica al lado derecho del camino carrozable a la Toma Ascope frente a un muro empedrado que sirve de contención o defensa ribereña, localizado en Pampa Ventura distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.
0057	9146497.639	716477.143	Se ubica en el vértice de la bocatoma Ascope a 5 m aprox. de un letrero localizado en la Toma Ascope del anexo Pampa Ventura, en el distrito de Casagrande, provincia Ascope, La Libertad.

0058	9146276.958	717441.629	Se ubica en el lado derecho del camino carrozable entre unas rocas que sirven como defensa ribereña localizado en el anexo Pampa Ventura, en el distrito Casagrande provincia Ascope, La libertad.
0059	9146004.31	717663.892	Se ubica en la M. D.del rio Chicama a 50 m. de la alameda de pinos, cuyo ingreso es siguiendo la carrozable Sausal al SO de los caballetes colocados en el rio.
0060	9146336.797	718353.551	Se ubica en la cima del Cerro Calvario, la margen derecha del Río Chicama, km 11, de la carretera carrozable que conduce al C.P. Localizado en el anexo San Benito, en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0061	9146285.435	718676.301	Se ubica en una loma cerca del camino carrozable a Ascope, en el lugar denominado San Antonio, en el distrito de Ascope, provincia Ascope, La Libertad.
0062	9146007.308	719471.282	Se ubica en la margen derecha del rio chicama entre el Km 12 y 13 de la carretera Ascope - San Benito en una loma de 30 m. aprox.de altura, localizado distrito de Cartavio, provincia de Trujillo, La Libertad.
0063	9145325.633	719594.463	Se ubica a 5 m de un canal de regadío, M. I. del Río Chicama a 40 m noreste de la Toma Sausal Bajo, distrito Chicama, provincia de Ascope, La Libertad.
0064	9146228.512	719970.95	Se ubica en una loma a 30 m del hito Km 17 del camino carrozable Ascope-San Benito, margen izquierda del río Chicama, localizado en el distrito de Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0065	9146238.639	720166.84	Se ubica al lado derecho del camino carrozable al Rio Chicama, en el lugar denominado San Antonio, distrito de Ascope, provincia Ascope, La Libertad
0066	9145688.41	721070.612	Se ubica en la margen izquierda del rio Chicama aproximadamente a 900 m. del caserío Sausal y a 100 m. de una curva de la carretera Sausal - Punta Moreno, próximo a un canal de irrigación.
0067	9146538.535	720796.386	Ubicado en la ladera del cerro Calvario, en la M.D. del rio Chicama aprox. 40 m. de una acequia canalizada, entre el Km 16 y 17 de la carrozable Ascope - san Benito en el Km 16 y Km 17 de la carretera Ascope - San Benito, localizado en la provincia de Ascope, La Libertad.
0068	9146136.379	721585.239	Ubicado en una elevación que sirve como límite de propiedad, localizado en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0069	9146910.347	721108.243	Ubicado en una Loma, del camino carrozable Ascope-San Benito, margen izquierda del Río Chicama, frente a la Quebrada Palenque, localizado en el distrito Cascas provincia Gran Chimú, La Libertad.
0070	9146830.744	722006.714	Ubicado en la margen izquierda del rio Chicama sobre una loma ubicado en el Km. 28 de la carretera Sausal - Pta Moreno
0071	9147551.968	721198.636	Ubicado en un Loma lado derecho del camino carrozable a San Benito en el lugar denominado San Antonio, distrito deAscope, provincia Ascope, La Libertad
0072	9147459.797	722518.158	Ubicado en una elevacion de terreno a 10 m del letrero del INC, margen izquierda del Río Chicama, localizado en el distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.
0073	9148864.527	721624.068	Ubicado en la margen derecha del rio Chicama, en el km. 20 de la carrozable que conduce a San Benito, localizado en el distrito de San Benito, provincia de Contumaza, Cajamarca.
0074	9148657.775	723315.921	Ubicado en la margen izquierda del rio chicama sobre una loma aprox. en el Km. 30 de la carretera Sausal - Pta Moreno , sobre el canal de irrigación.
0075	9149054.849	723653.465	Ubicado en la margen izquierda del río Chicama, entre la carretera carrozable Sausal y la Pampa de Jahuey y el canal de regadío de concreto, del distrito de Chicama , provincia Ascope, La Libertad.
0076	9149413.911	722226.452	El punto GPS 0076, se encuentra ubicado a 50 m del hito km 21 del camino carrozable Ascope-San Benito, margen derecha del Río Chicama, localizado en el distrito Cascas, provincia Gran Chimú, departamento La Libertad.
0077	9149949.123	723204.999	Ubicado en la margen derecha del rio Chicama en el km 22.540 de la carretera Shimba y el C.P El Tesoro, localizado en la provincia de Ascope, La Libertad.
0078	9150562.105	723802.497	Ubicado en una Loma al lado derecho del camino carrozable a Shimba en el lugar denominado El Tesoro, localizado en el distrito de San Benito, provincia Contumaza, Cajamarca.
0079	9150882.689	724112.08	Ubicado en la margen derecha del rio Chicama aproximadamente a 1km.del distrito Sausal y aprox. 200m de la carrozable Sausal - Punta Moreno, localizado en el distrito Sausal, provincia de Ascope, Cajamarca.

0080	9151319.14	724889.22	Ubicado en una elevación de un camino carrozable, M. I. del Río Chicama, al sur de la Quebrada Pampa Hermosa, frente a terrenos de cultivo de la familia Tafur, en el anexo Salinar, distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0081	9152285.055	724821.902	Ubicado en la M. I. del río Chicama entre el canal de irrigación y el terreno de cultivo de propiedad del Sr. Francisco Osore, aprox. a 150 m. de la casa de la puerta de la casa del Sr. Osore, localizado en la provincia de Ascope, Cajamarca.
0082	9152636.79	724977.081	Ubicado a 10 m de la caseta de vigilancia del Huaro de Gran Chimú, margen izquierda del Río Chicama, distrito Cascas, provincia Ascope, La Libertad.
0083	9152974.952	725921.305	Ubicado en el sector Tres Hermanas a la margen izquierda del río Chicama, aprox. 10 m. de la casa de la familia Díaz Navarrete, localizado en el distrito Sausal, provincia de Ascope, Cajamarca.
0084	9153093.09	724998.053	Ubicado en la margen derecha del río Chicama en la falda del cerro La Oroya, aprox. a 800 m del centro poblado SHIMBA a 20 m y 45° de acimut desde la planta de cactus.
0085	9154140.659	725750.393	Ubicado en la margen derecha del río Chicama, en un loma, en el lado izquierdo de la carrozable Shimba - La Huaca, aproximadamente a 2 km. del C:P La Huaca.
0086	9154091.531	726718.965	Ubicado al Norte de los Caballetes que sirven de contención, en la margen izquierda del río Chicama, al costado del camino carrozable Ascope-Jaguey, localizado en el distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0087	9155646.732	726597.257	Ubicado en la margen derecha del río Chicama sobre una loma en el anexo la Oroya, aproximadamente 30 m. de la casa del Sr. Segundo Mendoza, localizado en el distrito de San Benito, provincia de Contumaza, Cajamarca.
0088	9155706.45	727642.969	Se encuentra en una elevación del terreno de cultivo, de propiedad de la familia Gallardo, margen izquierda del Río Chicama, localizado en el anexo La Botella, distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0089	9157137.463	727790.26	Ubicado en la margen izquierda del río Chicama en la carretera Sausal - Punta Moreno, aproximadamente a 300 m. del cruce de la carretera a Huabalito . en el distrito de Sausal , provincia de Ascope, La Libertad.
0090	9157595.097	726955.821	Ubicado entre un puente artesanal, una acequia, el camino carrozable y a 200 mts aprox. Del anexo Jaguey, frente a un terreno de cultivo de uvas de propiedad de la familia Coín en el distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0091	9157674.966	728180.835	Ubicado en la margen izquierda del río Chicama al SE de la toma de una acequia canalizada que irriga los sembríos de caña frente al C.P El Uno, y a 100 m. aprox. de la margen izquierda de la carretera Sausal Huabalito.
0092	9157878.123	727515.426	Ubicado en la M. D. del río Chicama aprox. 30 mts de la casa del Sr. Rafael Alva Lozada y azimut de 85° desde la esquina de la pared, y a 3 m. del canal de riego.
0093	9157793.613	728784.256	Ubicado en una pequeña Loma que se encuentra empedrado para, contension del Río, lado derecho del camino a Punta Moreno en el distrito de Chicama, provincia, Ascope, La Libertad.
0094	9158238.606	728140.321	Ubicado en la margen derecha del río Chicama en una carrozable con direcciona Uno - casa quemada, aprox. a 15 m. de la familia León Medina, localizado en el anexo Uno, distrito de San Benito, provincia de Contumaza, Cajamarca.
0095	9159091.832	729586.879	Ubicado al lado derecho del camino a Punta Moreno en el lugar, denominado El Muro, localizado en el distrito de San Benito, provincia Contumaza, Cajamarca.
0096	9158586.757	730190.666	Ubicado próximo al muro de una alcantarilla, en el extremo izquierdo de la carrozable que conduce a punta Moreno. Localizado en el distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0097	9159406.322	730171.999	Ubicado a 100 m de la Iglesia del Caserío Colon, margen derecha del Río Chicama, localizado en el distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0098	9158899.07	731136.006	Ubicado en la margen izquierda del río Chicama en la carretera Trujillo - Cascas a 25 m. aproximadamente de la casa del sr. Jose Alva, ubicado en el caserío Huabalito, distrito de Ascope, provincia de Ascope, La Libertad.
0099	9159846.666	730591.839	Ubicado al lado de un muro de adobe cerca del camino carrozable y de una casa abandonada, en el lugar denominado El Muro, distrito San Benito, provincia Contumaza, Cajamarca

0100	9160107.174	731200.437	Ubicado al Este del camino carrozable a Colon margen derecha del Río Chicama, localizado en el distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0101	9159382.961	732408.078	Ubicado en la margen izquierda del rio chicama aproximadamente a 100 m.de una construccion de adobe de propiedad de la familia Medina Valderrama, en el caserío de Punta Moreno, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú, La Libertad.
0102	9160255.95	731901.587	Ubicado en una loma cerca del camino carrozable a Punta Moreno, en el lugar denominado Progreso-Colon, localizado en el distrito de Punta Moreno, provincia Cascas, La Libertad.
0103	9160002.393	732105.08	Ubicado al lado de una alcantarilla y el camino carrozable a Colon, M.D. del Río Chicama, localizado en el distrito de Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.
0104	9159866.103	732833.773	Ubicado en el estribo central del puente moreno aproximadamente a 100 mts de la comisaria (PNP) Punta Moreno, localizado en el caserío de Punta Moreno, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú, La Libertad.
0105	9159737.687	732833.437	Ubicado en la margen izquierda del rio Chicama en la parte superior del estribo del puente Moreno, a 120 m. de la comisaria( PNP) Punta Moreno, localizado en el caserío de Punta Moreno, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú, La Libertad.

### 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 Chicama y las estructuras hidráulicas y viales.

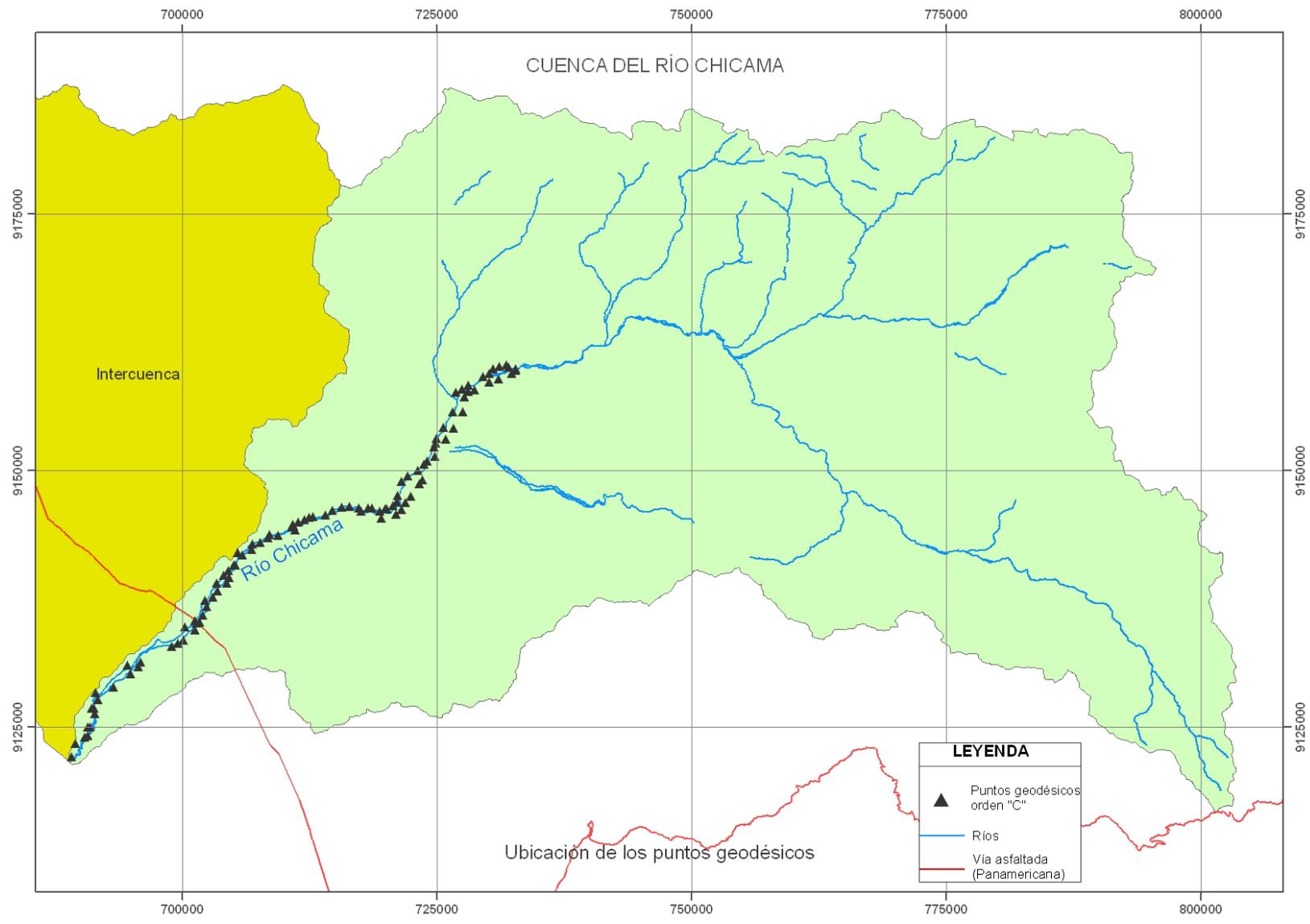


Figura. 3.1. Ubicación de puntos Orden "C"

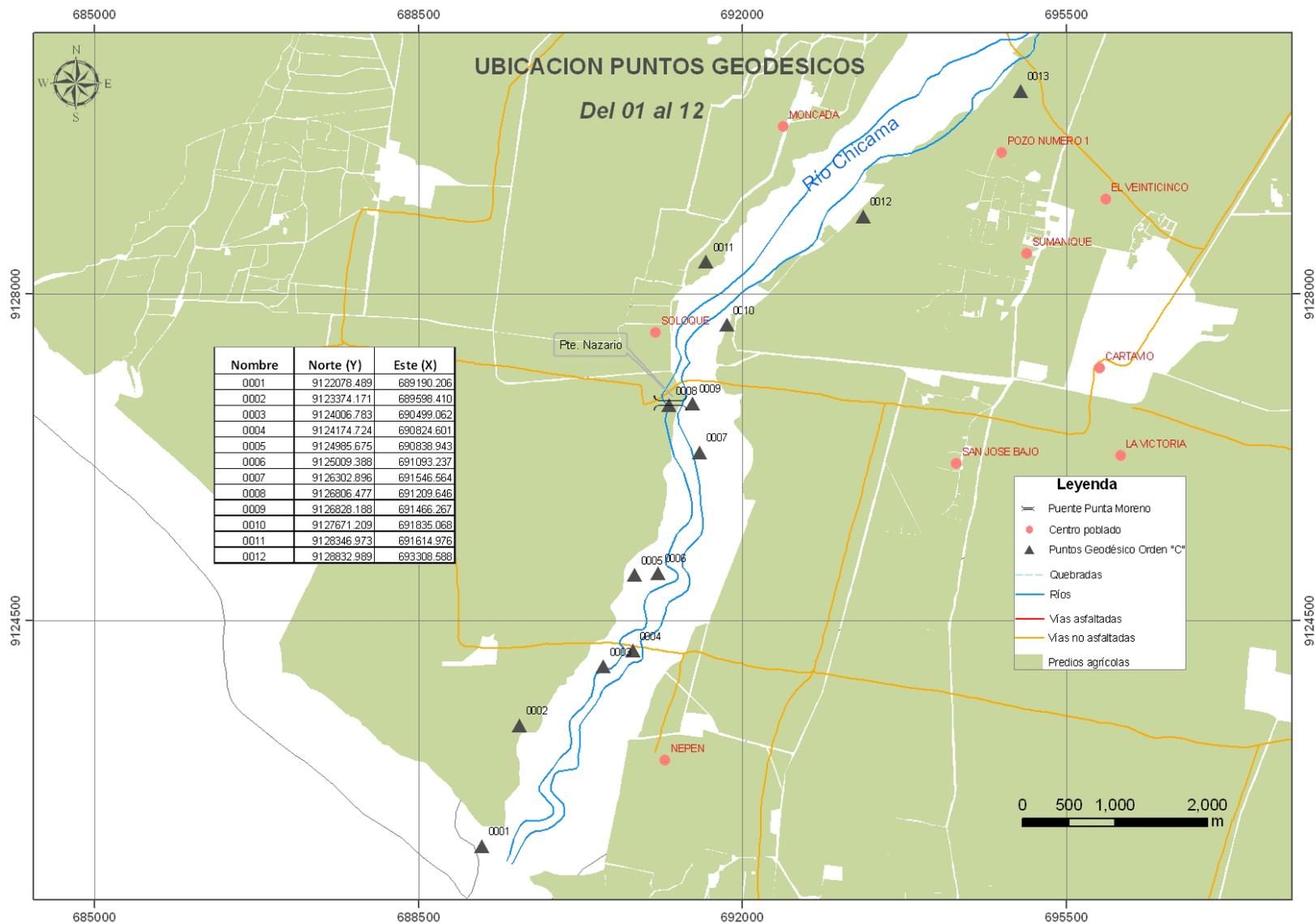


Figura. 3.2. Ubicación de puntos Orden "C" del 001 al 0012

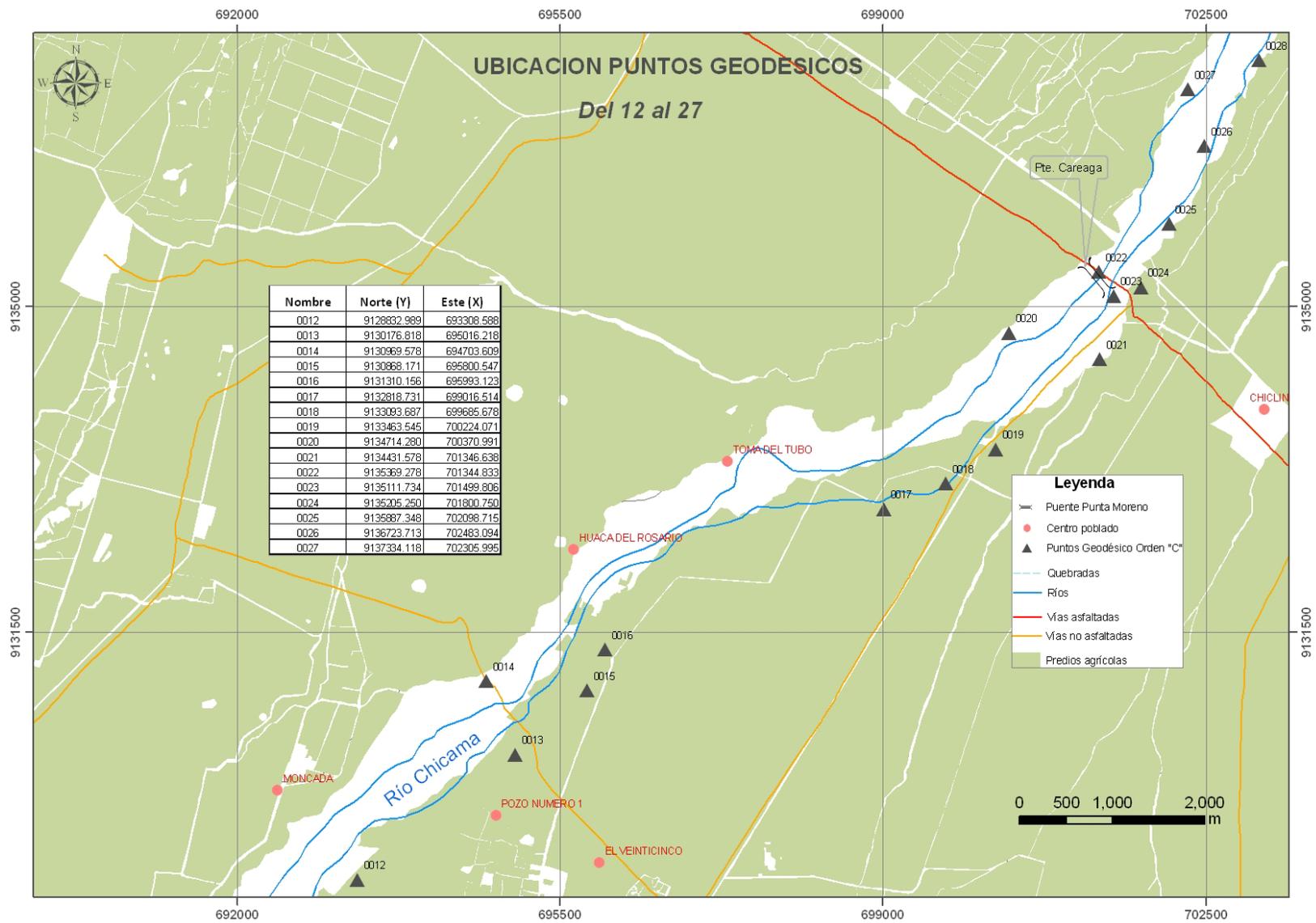


Figura. 3.3. Ubicación de puntos Orden "C" del 0012 al 0027

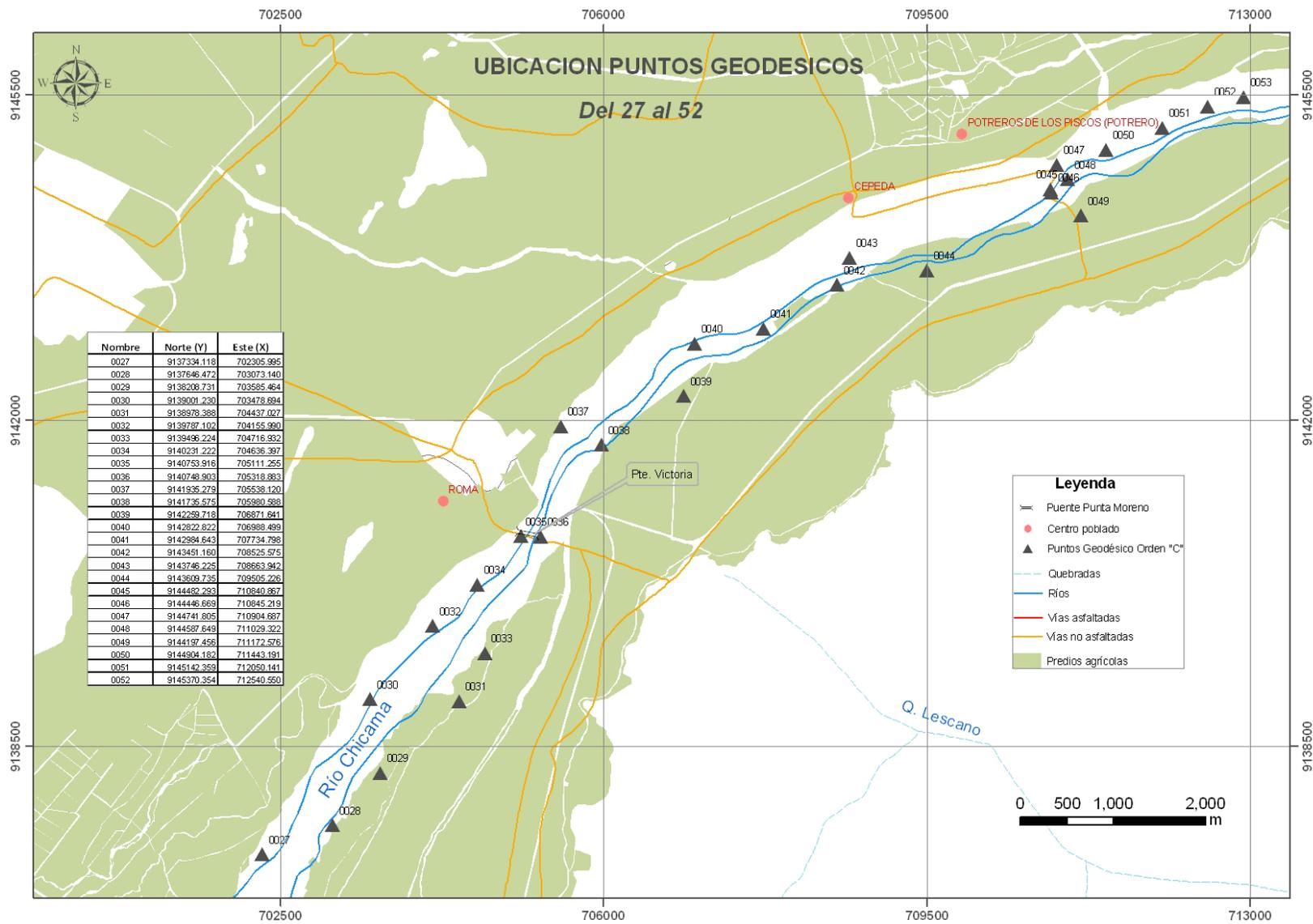


Figura. 3.4. Ubicación de puntos Orden "C" del 0027 al 0052

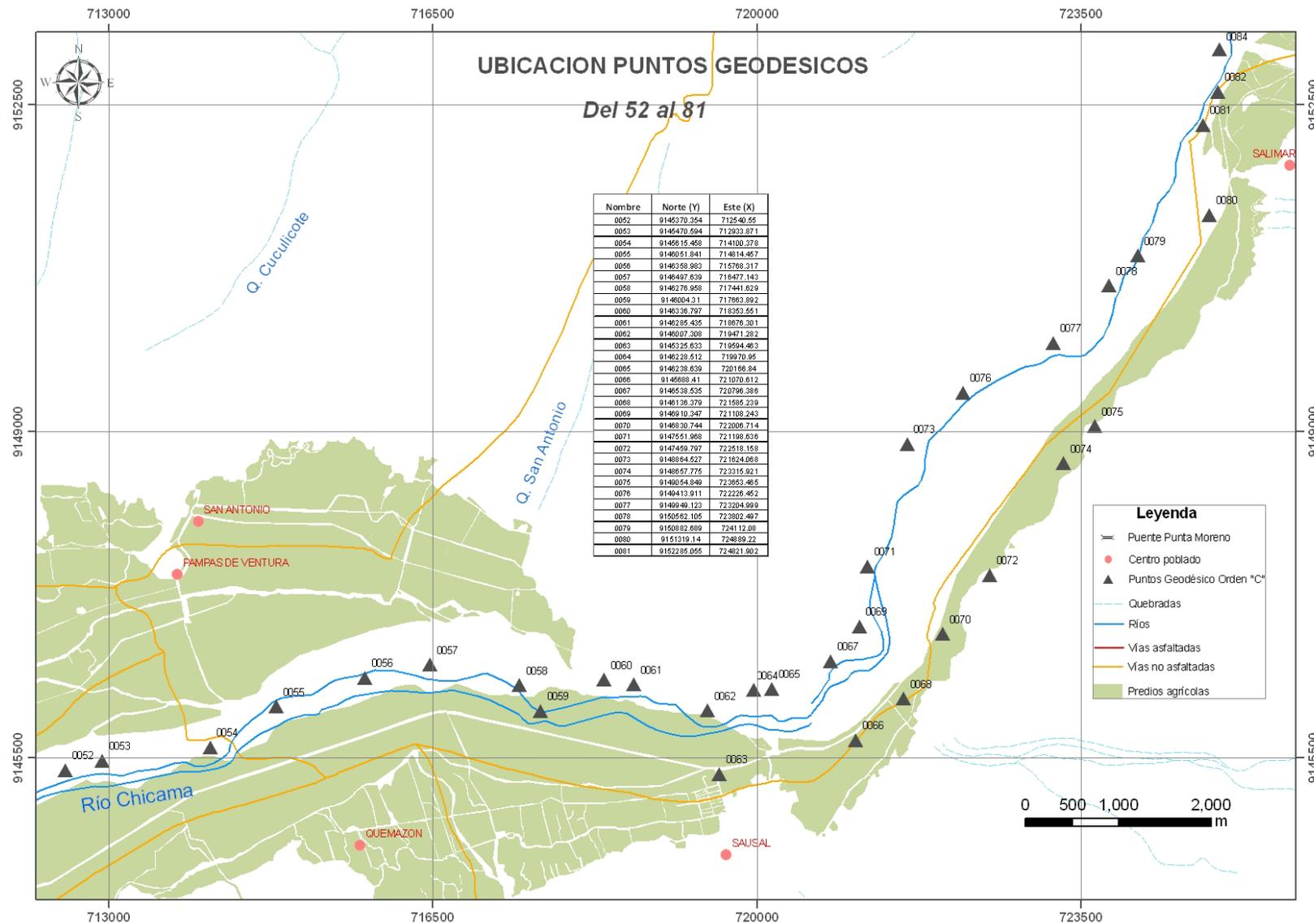


Figura. 3.5. Ubicación de puntos Orden "C" del 0052 al 0081

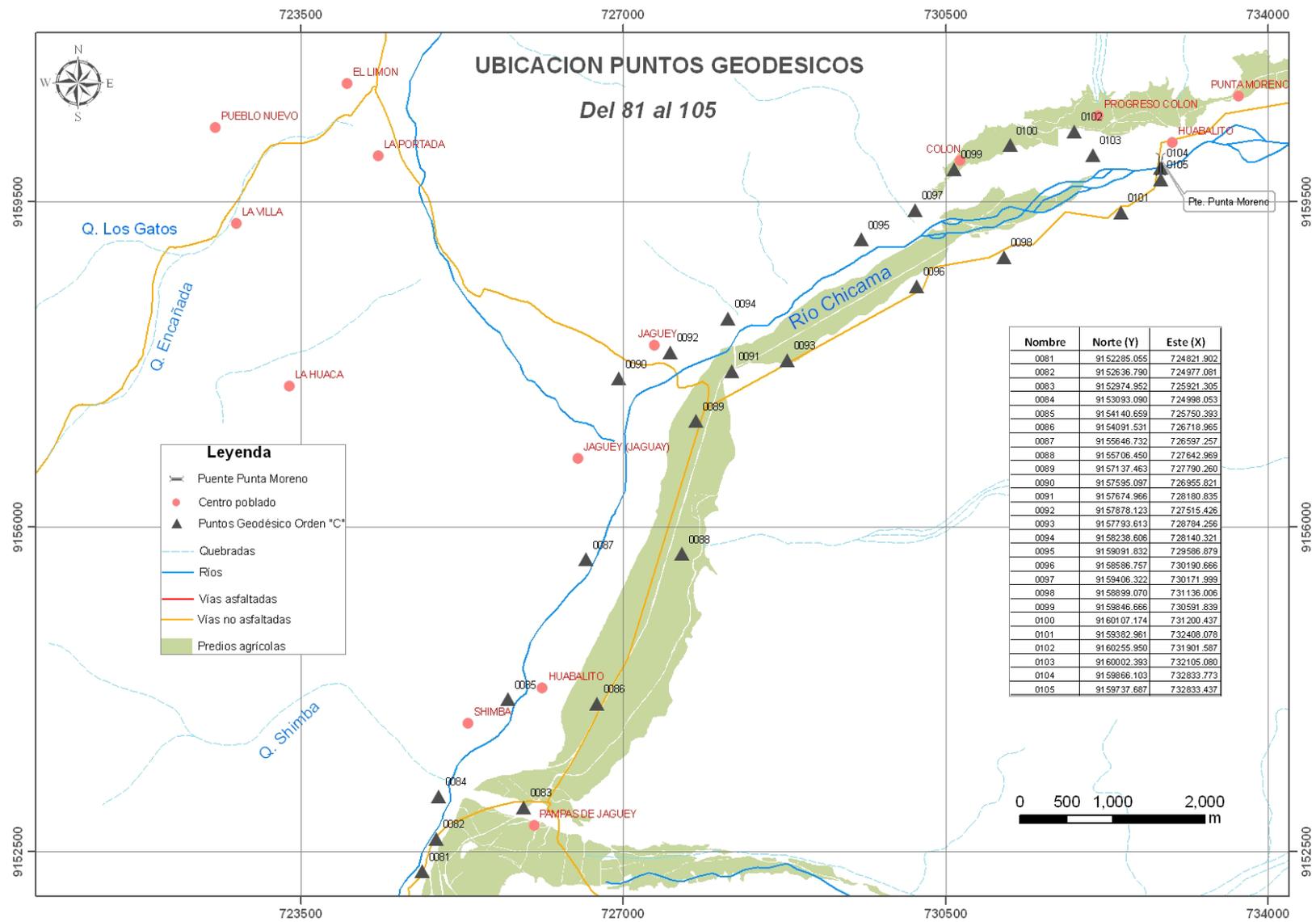


Figura. 3.6. Ubicación de puntos Orden "C" del 0081 al 0105

## **CAPITULO 4**

### **CAUDALES MAXIMOS**

Se ha realizado una revisión de los estudios sobre hidrología e información de descargas máximas del río Chicama; de los cuales se menciona los siguientes:

- “Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama”, elaborado por el consultor, Ing<sup>o</sup> Cayo Ramos T., capítulo X: Análisis de Máximas Avenidas.
- “Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la Cuenca del río Chicama”, capítulo, Análisis de Caudales Máximos, elaborado por la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA.
- Expediente Técnico: “Defensa Ribereña en el Sector canal Jaguey – Punta Moreno del río Chicama, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú”.

#### **4.1 Planteamiento**

Para fines del Estudio de Tratamiento de Cauce del río Chicama, se ha planteado hacer la evaluación de riesgos por inundación para caudales con periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

Por lo tanto, se propone realizar los cálculos complementarios para obtener los caudales para estos periodos indicados, considerando la misma metodología propuesta en el “Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama” y el método estadístico, empleando información histórica de descargas máximas de la estación de aforo Tambo - Salinar.

## 4.2 Considerando el Estudio Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

### 4.2.1 Análisis

- ✓ La información para los cálculos de los caudales máximos fueron datos históricos de precipitaciones máximas de 24 horas, de 6 estaciones meteorológicas, distribuidas en la cuenca (San Benito, Capachique, Callancas, Contumaza, Cospan, Cascas y Sinsicap).
- ✓ Para un mejor análisis, la cuenca fue dividida en 7 subcuencas (figura 4.1), de los cuales se han determinado sus características fisiográficas, siendo una de ellas, el tiempo de concentración, estimado por las fórmulas de Kirpich, Temes y Bransby Williams.
- ✓ El análisis de frecuencia de la precipitación máxima diaria fue realizado para tres distribuciones probabilísticas: Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel. De la prueba de bondad de ajuste, método de Kolgomorov – Smirnov, se presenta un resumen en el cuadro 4.1

Cuadro 4.1. Resumen de la Distribución de Frecuencia

Estación	Distribución de frecuencias		
	Pearson Tipo III	Log Pearson Tipo III	Gumbel
San Benito	X		
Capachique			X
Callancas			X
Contumaza		X	
Cascas		X	
Cospan	X		
Sinsicap	X		

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

- ✓ La determinación de los caudales fue realizado por el Método Racional y del Hidrograma Triangular, para tres periodo de retorno, 25, 100 y 500 años.

### 4.2.2 Características de las Sub-cuencas de Drenaje

En el cuadro 4.2, se detalla las características de las sub-cuencas

consideradas; y en la figura 4.2, se puede ver la ubicación con respecto a la cuenca.

Cuadro 4.2. Características de las sub-cuencas

N°	Nombre	Area (Km <sup>2</sup> )	Longitud del cauce (m)	Cota (msnm)		Desnivel (m)	Pendiente (m/m)	Tiempo de concentración (horas)			
				Máxima	Mínima			Kirpich	Temes	Bransby Williams	Promedio
1	Río Chuquillanqui	909.20	52,200	4100	750	3350	0.0642	4.01	10.21	11.13	8.45
2	Río Huancay	1,186.00	76,900	4150	750	3400	0.0442	6.24	14.72	17.2	12.72
3	Río Ochape	217.20	30,600	3900	850	3050	0.0997	2.25	6.26	6.89	5.13
4	Río Machasen	67.51	15,741	4200	750	3450	0.2192	0.99	3.25	3.4	2.55
5	Río San Felipe	70.80	20,566	3800	700	3100	0.1507	1.41	4.28	4.77	3.49
6	Río Quiripano	327.60	36,300	3750	500	3250	0.0895	2.67	7.27	8.02	5.99
7	Río Santanero	567.40	36,800	4200	750	3450	0.0938	2.65	7.29	7.62	5.85

#### 4.2.3 Cálculo de las lluvias máximas

Aplicando el modelo de Frederich Bell, fue estimado la precipitación máxima para un periodo de retorno y un tiempo en minutos.

La información fue tomada del “Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama”.

En los siguientes cuadros se presenta las intensidades máximas en mm/h, por tiempo de retorno en años y tiempo de duración en minutos.

Cuadro 4.3. Intensidades máximas (mm/h), estación San Benito

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	76.1904	111.1	83.2	67.8	58	46	30.2
100	69.6306	101.2	75.7	61.7	52.8	41.9	27.5
50	63.0467	91.3	68.3	55.7	47.7	37.8	24.8
25	56.4139	81.4	60.9	49.7	42.5	33.7	22.1
10	47.4731	68.3	51.1	41.7	35.6	28.3	18.4
5	40.3969	58.4	43.7	35.6	30.5	24.2	15.9
3	34.777	51.1	38.2	31.2	26.7	21.2	13.9
2	29.7092	45.3	33.9	27.6	23.6	18.8	12.3

Cuadro 4.4. Intensidades máximas (mm/h), estación Capachique

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	76.1904	81.5	61	49.7	42.6	33.8	22.2
100	69.9306	74.3	55.6	45.3	38.8	30.8	20.2
50	63.0467	67	50.2	40.9	35	27.2	18.2
25	56.4139	59.7	44.7	36.4	31.2	24.7	16.2
10	47.4731	50.1	37.5	30.6	26.2	20.8	13.5
5	40.3969	42.9	32.1	26.1	22.4	17.7	11.6
3	34.777	37.5	28.1	22.9	19.6	15.5	10.2
2	29.7092	33.2	24.9	20.3	17.4	13.8	9

Cuadro 4.5. Intensidades máximas (mm/h), estación Callancas

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	47.22	66.2	49.5	40.4	34.5	27.4	18
100	45.63	60.3	45.1	36.8	31.5	25	16.4
50	43.71	54.4	40.7	33.2	28.4	22.5	14.8
25	41.38	48.5	36.3	29.6	25.3	20.1	13.2
10	37.4	40.7	30.4	24.8	21.2	16.8	11
5	33.37	34.8	26	21.2	18.2	14.4	9.5
3	29.46	30.4	22.8	18.6	15.9	12.6	8.3
2	25.31	27	20.2	16.5	14.1	11.2	7.3

Cuadro 4.6. Intensidades máximas (mm/h), estación Contumazá

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	625.9365	165	123.5	100.6	86.1	68.3	44.8
100	420.7183	150.3	112.5	91.7	78.4	62.2	40.8
50	281.2245	135.6	101.5	82.7	70.8	56.1	36.8
25	186.4496	120.8	90.4	73.7	63.1	50	32.8
10	106.1086	101.4	75.9	61.9	52.9	42	27.4
5	67.4148	86.7	64.9	52.9	45.2	35.9	23.6
3	46.9388	75.9	56.8	46.3	39.6	31.4	20.6
2	34.0044	67.3	50.3	41	35.1	27.8	18.3

Cuadro 4.7. Intensidades máximas (mm/h), estación Cospan

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	70.2285	88.7	66.4	54.1	46.3	36.7	24.1
100	66.6435	80.8	60.5	49.3	42.2	33.4	22
50	62.7911	72.9	54.5	44.4	38	30.2	19.8
25	58.5869	65	48.6	39.6	33.9	26.9	17.7
10	52.24	54.5	40.8	33.3	28.5	22.6	14.7
5	46.464	46.6	34.9	28.4	24.3	19.3	12.7
3	41.2344	40.8	30.5	24.9	21.3	16.9	11.1
2	35.894	36.2	27.1	22.1	18.9	15	9.8

Cuadro 4.8. Intensidades máximas (mm/h), estación Cascas

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	150.1436	83.6	62.6	51	43.6	34.6	22.7
100	118.7526	76.2	57	46.5	39.7	31.5	20.7
50	92.8368	68.7	51.4	41.9	35.9	28.4	18.7
25	71.4661	61.2	45.8	37.4	32	25.4	16.6
10	48.8451	51.4	38.5	31.4	26.8	21.3	13.9
5	35.0883	43.9	32.9	26.8	22.9	18.2	11.9
3	26.3543	38.4	28.8	23.5	20.1	15.9	10.4
2	19.9413	34.1	25.5	20.8	17.8	14.4	9.3

Cuadro 4.9. Intensidades máximas (mm/h), estación Sinsicap

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	110.8794	93.2	69.8	56.9	48.7	38.6	25.3
100	97.7329	84.9	63.5	51.8	44.3	35.2	23.1
50	84.768	76.6	57.3	46.7	40	31.7	20.8
25	71.9774	68.3	51.1	41.7	35.6	28.3	18.6
10	55.3047	57.3	42.9	35	29.9	23.7	15.5
5	42.8113	49	36.7	29.9	25.6	20.3	13.3
3	33.6139	42.9	32.1	26.1	22.4	17.7	11.7
2	26.1876	38	28.4	23.2	19.8	15.7	10.3

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

#### 4.2.4 Cálculo de los factores característicos de la zona de estudio

A partir de la expresión  $I = \frac{KT^m}{t^n}$  y aplicando regresión múltiple, se han estimado los factores  $K$ ,  $m$  y  $n$ .

Cuadro 4.10. Factores de la zona de estudio

Estación	Factores		
	K	m	n
San Benito	103.06	0.193	0.527
Capachique	75.7	0.193	0.527
Callancas	61.35	0.193	0.527
Contumaza	153.1	0.193	0.527
Cascas	77.6	0.193	0.527
Cospan	82.29	0.193	0.527
Sinsicap	86.43	0.193	0.527

#### 4.2.5 Cálculo del caudal máximo por el Método Racional

Método usado para pequeñas cuencas, donde: (1) la descarga alcanza su máximo en un tiempo igual o mayor que el concentración, (2) el coeficiente de escorrentía es igual para todas las tormentas en una subcuenca dada.

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q = Descarga pico en m<sup>3</sup>/s

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación

A = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

En el cuadro 4.11, se indica los caudales máximos, calculados por el Método Racional.

Cuadro 4.11. Caudales máximos, método Racional

N°	Nombre	Estación Meteorológica	Tiempo de concentración		Coeficiente de escorrentía C	Intensidad mm/hora				Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)			
			Horas	Minutos		T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años
1	Río Chuquillanqui	Capachique	8.45	507	0.4	4.43	5.29	6.05	6.91	447.69	534.29	610.77	698.19
1*	Río Chuquillanqui	Cospan	8.45	507	0.4	4.82	5.75	6.57	7.51	486.66	580.80	663.94	758.97
2	Río Huancay	Callancas	12.72	763.2	0.4	2.90	3.46	3.95	4.52	381.51	455.31	520.48	594.99
2*	Río Huancay	Capachique	12.72	763.2	0.4	3.57	4.26	4.87	5.57	470.75	561.81	642.23	734.15
3	Río Ochape	Cascas	5.13	308	0.4	5.91	7.05	8.06	9.21	142.56	170.14	194.50	222.34
4	Río Machasen	Cascas	2.55	152.8	0.4	8.55	10.20	11.66	13.33	64.11	76.52	87.47	99.99
5	Río San Felipe	Cascas	3.49	209.2	0.4	7.24	8.64	9.88	11.30	56.98	68.00	77.74	88.86
6	Río Quiripano	Sinsicap	5.99	359.2	0.4	6.07	7.24	8.28	9.46	220.85	263.58	301.30	344.43
7	Río Santanero	Cascas	5.85	351.2	0.4	5.51	6.58	7.52	8.60	347.54	414.77	474.14	542.00

#### 4.2.6 Cálculo del caudal máximo por el Método del Hidrograma Triangular

El método del Hidrograma Triangular se basa en un hidrograma unitario de duración igual al tiempo de concentración,  $t_c$ .

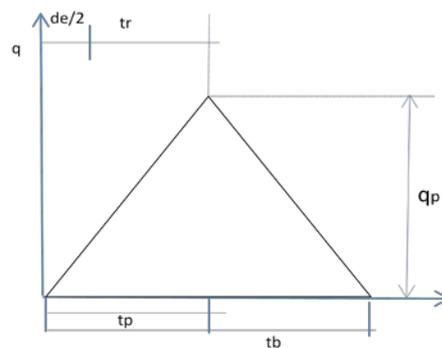
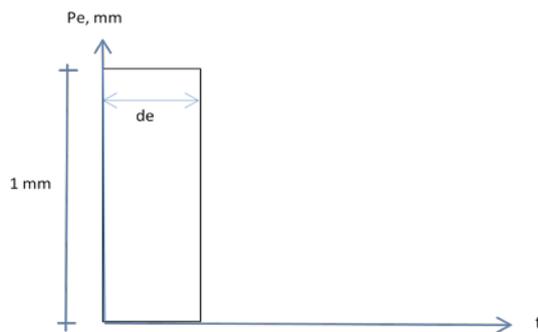


Figura 4.1. Hidrograma Unitario Triangular

De la figura N° 4.2, se obtiene la expresión del caudal pico.

$$q_p = \frac{0.555A}{t_b}$$

Donde:

A = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

tp = Tiempo pico en horas

qp = Descarga pico en m<sup>3</sup>/s/mm

**Tiempo de retraso (tr)**, o tiempo de retardo es el 60% del tiempo de concentración (CSC).

$$t_r = 0.6t_c$$

Donde:

tr = tiempo de retraso

tc = tiempo de concentración

**Duración en exceso (de)**, tiempo con la que se tiene mayor caudal pico, se puede calcular con las siguientes expresiones.

$$de = 2\sqrt{tc}, \quad \text{para cuencas grandes}$$

$$de = tc, \quad \text{para cuencas pequeñas}$$

**Tiempo pico (tp)**, se calcula mediante la siguiente expresión.

$$t_p = \frac{de}{2} + t_r$$

**Tiempo base (tb)**, y el tiempo pico se relacionan con la siguiente expresión.

$$t_b = 2.67t_p$$

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

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

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

**Precipitación efectiva (pe)**, exceso de precipitación acumulada en el tiempo t, se expresa de la siguiente manera.

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

Donde:

**P** es a precipitación máxima para 24 horas

**Caudal máximo (Qmax)**, se determina mediante el producto de la precipitación efectiva (pe) y la descarga pico (qp).

$$Q_{max} = q_p \times pe$$

En el cuadro 4.12, se muestran los resultados de los caudales máximos por el método del Hidrograma Triangular.

Cuadro 4.12. Caudales máximos, método Hidrograma Triangular

N°	Nombre	Estación Meteorológica	Tiempo de concentración (tc)	Tiempo de retraso (tr)	Tiempo de pico (tp)	Tiempo base (tb)	Caudal unitario (qp)	Número de Curva	Máxima retención (S)	Lluvia efectiva Pe (mm)				Caudal Máximo (m3/s)			
			Horas	Horas	Horas	Horas	m3/s/m m	N	mm	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años
1	Río Chuquillanqui	Capachique	8.45	5.07	9.30	24.82	20.33	80	63.50	12.30	17.82	22.26	26.91	250.18	362.39	452.70	547.20
1*	Río Chuquillanqui	Cospan	8.45	5.07	9.30	24.82	20.33	80	63.50	15.17	19.25	22.09	24.78	308.50	391.43	449.13	503.78
2	Río Huancay	Callancas	12.72	7.63	13.99	37.36	17.62	85	44.82	11.04	13.60	15.17	16.50	194.47	239.69	267.32	290.67
2*	Río Huancay	Capachique	12.72	7.63	13.99	37.36	17.62	85	44.82	17.80	24.40	29.57	34.89	313.53	429.90	521.04	614.71
3	Río Ochape	Cascas	5.13	3.08	5.65	15.08	8.00	75	84.67	8.74	21.36	35.88	55.59	69.84	170.82	286.89	444.49
4	Río Machasen	Cascas	2.55	1.53	2.80	7.48	5.01	70	108.86	5.39	15.58	28.07	45.69	27.01	78.02	140.61	228.89
5	Río San Felipe	Cascas	3.49	2.09	3.84	10.24	3.84	72	98.78	6.62	17.77	31.08	49.55	25.39	68.18	119.25	190.15
6	Río Quiripano	Sinsicap	5.99	3.59	6.59	17.58	10.34	75	84.67	11.97	21.69	30.17	39.46	123.74	224.25	312.02	408.00
7	Río Santanero	Cascas	5.85	3.51	6.44	17.19	18.32	75	84.67	8.74	21.36	35.88	55.59	160.01	391.34	657.25	1018.33

#### 4.2.7 Caudales promedios finales

Tomando el criterio del estudio indicado, se ha considerado el caudal final al promediado de los caudales calculados por el Método Racional e Hidrograma Triangular.

Cuadro 4.13. Caudales máximos promedios

N°	Nombre	Estación Meteorológica	Método Racional			Método Hidrograma Triangular			Promedio		
			T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años
1	Río Chuquillanqui	Capachique	447.69	534.29	610.77	250.18	362.39	452.70	348.931	448.341	531.734
2	Río Huancay	Callancas	381.51	455.31	520.48	194.47	239.69	267.32	287.988	347.501	393.903
3	Río Ochape	Cascas	142.56	170.14	194.50	69.84	170.82	286.89	106.205	170.479	240.691
4	Río Machasen	Cascas	64.11	76.52	87.47	27.01	78.02	140.61	45.5633	77.2709	114.04
5	Río San Felipe	Cascas	56.98	68.00	77.74	25.39	68.18	119.25	41.1865	68.0916	98.4916
6	Río Quiripano	Sinsicap	220.85	263.58	301.30	123.74	224.25	312.02	172.298	243.915	306.66
7	Río Santanero	Cascas	347.54	414.77	474.14	160.01	391.34	657.25	253.776	403.053	565.695

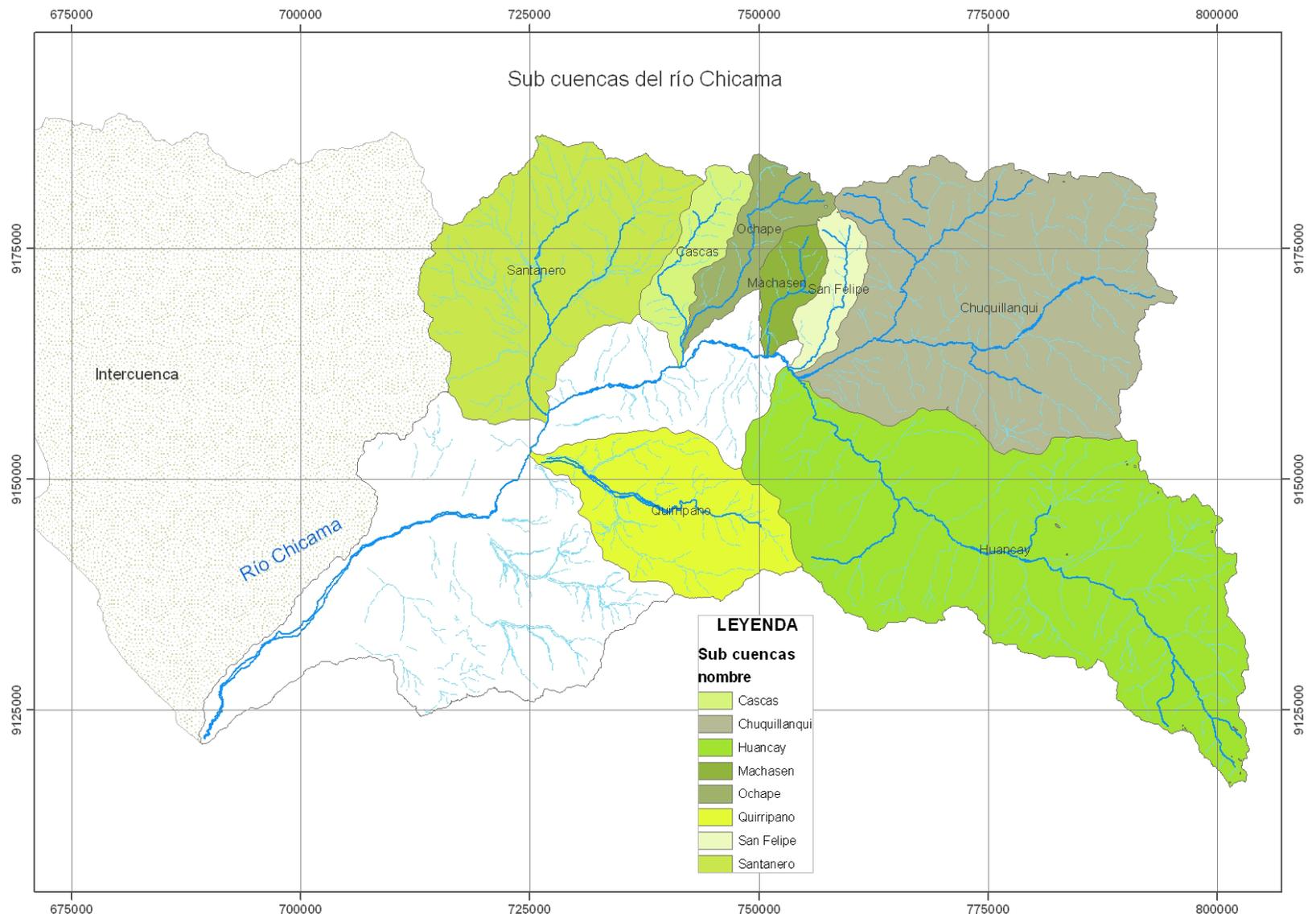


Figura 4.2. Subcuencas río Chicama

### 4.3 Considerando el método estadístico

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.).

La información de descargas máximas corresponde a un periodo de 59 años, desde el año 1950 hasta el 2008, tomados de la estación de aforo Tambo-Salinar. (Cuadro 4.14).

Cuadro 4.14. Descargas máximas río Chicama

Defensa Ribereña en el Sector Canal Jaguey – Punta Moreno del Río Chicama, Distrito de Cascas, Provincia de Gran Chimú					
Información Básica		Estación : Tambo			
Tiempo de Retorno ( $T_R$ ) =		50.00			
Medición de Caudales (Año) =		1,950			
Año	Caudal ( $Q_x$ )	Año	Caudal ( $Q_x$ )	Año	Caudal ( $Q_x$ )
1,950	79.57	1,969	152.95	1,990	34.39
1,951	61.07	1,970	73.51	1,991	79.53
1,952	217.35	1,971	437.77	1,992	109.20
1,953	347.61	1,972	505.59	1,993	260.96
1,954	172.97	1,973	607.03	1,994	178.32
1,955	233.22	1,974	180.09	1,995	83.33
1,956	354.43	1,975	481.36	1,996	263.71
1,957	379.80	1,976	235.10	1,997	125.75
1,958	259.59	1,977	357.91	1,998	1,860.95
1,959	259.65	1,978	32.19	1,999	188.56
1,960	181.94	1,979	239.61	2,000	400.62
1,961	129.17	1,980	15.23	2,001	408.40
1,962	310.76	1,981	302.28	2,002	237.66
1,963	202.93	1,982	64.58	2,003	91.17
1,964	257.91	1,983	778.46	2,004	55.07
1,965	301.73	1,984	450.84	2,005	124.53
1,966	82.62	1,985	66.59	2,006	168.10
1,967	400.62	1,986	145.26	2,007	120.94
1,968	38.40	1,987	158.69	2,008	196.50
1,969	152.95	1,988	93.81		
1,970	73.51	1,989	237.98		

Fuente: Defensa Ribereña en el Sector canal Jaguey – Punta Moreno del río Chicama, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú.

En la siguiente figura, se muestra los parámetros estadísticos; valores necesarios para realizar los cálculos de los caudales, mediante las funciones probabilísticas.

Parámetros Estadísticos			
Suma de Registros	14875.86	Numero Registros	59
Media	252.133	Media-Log	5.18644
Desviacion Estandar	262.759	Log-Desviacion Estandar	0.85567
Coficiente Asimetria	4.221	Log-Coficiente Asimetria	-0.32126
Coficiente Variacion	1.042	Log-Coficiente Variacion	0.16498

Con el uso programa HidroEsta, se evaluó la serie histórica de caudales con 8 modelos probabilísticos, considerando un nivel de significancia de 5%, método de estimación de parámetros, Parámetros Ordinarios y pruebas de bondad de ajuste por Kolmogorov.

Las funciones con mejor ajuste son: LogNormal 2 parámetros, LogNormal 3 parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, Gumbel y LogGumbel).

#### 4.3.1 Función LogNormal 2 Parámetros

Según este modelo, el delta teórico 0.0719, es menor que el delta tabular 0.1771, por lo tanto, se ajustan a esta distribución, con un nivel de significación del 5%, siendo el parámetro de escala ( $\mu$ )= 5.1864 y parámetro de forma ( $S$ )= 0.8557, (figura 4.3). Según el cuadro 4.15, el coeficiente de determinación, es 0.985.

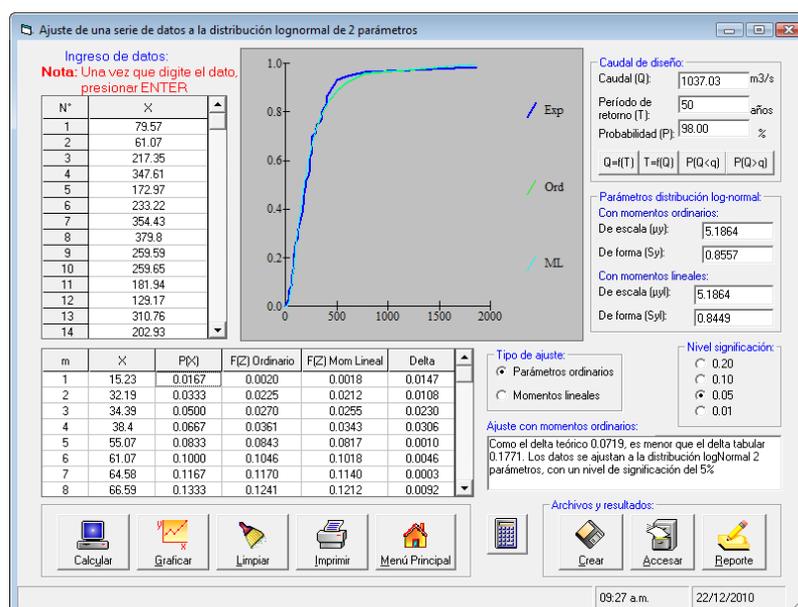


Figura 4.3. Distribución LogNormal 2 Parámetros

Cuadro 4.15. Estimación del coeficiente de determinación, para la función LogNormal 2 Parámetros

m	Q	Fn	F	Fn-F	(Fn-F)^2	Fnprom	(Fn-Fnprom)^2	R2
1	15.23	0.01667	0.00200	0.01467	0.00022	0.5	0.23361	0.985
2	32.19	0.03333	0.02250	0.01083	0.00012	0.5	0.21778	
3	34.39	0.05000	0.02700	0.02300	0.00053	0.5	0.20250	
4	38.40	0.06667	0.03610	0.03057	0.00093	0.5	0.18778	
5	55.07	0.08333	0.08430	-0.00097	0.00000	0.5	0.17361	
6	61.07	0.10000	0.10460	-0.00460	0.00002	0.5	0.16000	
7	64.58	0.11667	0.11700	-0.00033	0.00000	0.5	0.14694	
8	66.59	0.13333	0.12410	0.00923	0.00009	0.5	0.13444	
9	73.51	0.15000	0.14940	0.00060	0.00000	0.5	0.12250	
10	79.53	0.16667	0.17180	-0.00513	0.00003	0.5	0.11111	
11	79.57	0.18333	0.17200	0.01133	0.00013	0.5	0.10028	
12	82.62	0.20000	0.18340	0.01660	0.00028	0.5	0.09000	
13	83.33	0.21667	0.18610	0.03057	0.00093	0.5	0.08028	
14	91.17	0.23333	0.21550	0.01783	0.00032	0.5	0.07111	
15	93.81	0.25000	0.22540	0.02460	0.00061	0.5	0.06250	
16	109.20	0.26667	0.28220	-0.01553	0.00024	0.5	0.05444	
17	120.94	0.28333	0.32380	-0.04047	0.00164	0.5	0.04694	
18	124.53	0.30000	0.33620	-0.03620	0.00131	0.5	0.04000	
19	125.75	0.31667	0.34030	-0.02363	0.00056	0.5	0.03361	
20	129.17	0.33333	0.35190	-0.01857	0.00034	0.5	0.02778	
21	145.26	0.35000	0.40400	-0.05400	0.00292	0.5	0.02250	
22	152.95	0.36667	0.42750	-0.06083	0.00370	0.5	0.01778	
23	158.69	0.38333	0.44450	-0.06117	0.00374	0.5	0.01361	
24	168.10	0.40000	0.47120	-0.07120	0.00507	0.5	0.01000	
25	172.97	0.41667	0.48450	-0.06783	0.00460	0.5	0.00694	
26	178.32	0.43333	0.49870	-0.06537	0.00427	0.5	0.00444	
27	180.09	0.45000	0.50330	-0.05330	0.00284	0.5	0.00250	
28	181.94	0.46667	0.50800	-0.04133	0.00171	0.5	0.00111	
29	188.56	0.48333	0.52470	-0.04137	0.00171	0.5	0.00028	
30	196.50	0.50000	0.54380	-0.04380	0.00192	0.5	0.00000	
31	202.93	0.51667	0.55870	-0.04203	0.00177	0.5	0.00028	
32	217.35	0.53333	0.59020	-0.05687	0.00323	0.5	0.00111	
33	233.22	0.55000	0.62190	-0.07190	0.00517	0.5	0.00250	
34	235.10	0.56667	0.62540	-0.05873	0.00345	0.5	0.00444	
35	237.44	0.58333	0.62980	-0.04647	0.00216	0.5	0.00694	
36	237.98	0.60000	0.63080	-0.03080	0.00095	0.5	0.01000	
37	239.61	0.61667	0.63380	-0.01713	0.00029	0.5	0.01361	
38	257.91	0.63333	0.66570	-0.03237	0.00105	0.5	0.01778	
39	259.59	0.65000	0.66840	-0.01840	0.00034	0.5	0.02250	
40	259.65	0.66667	0.66850	-0.00183	0.00000	0.5	0.02778	
41	260.96	0.68333	0.67060	0.01273	0.00016	0.5	0.03361	
42	263.71	0.70000	0.67510	0.02490	0.00062	0.5	0.04000	
43	301.73	0.71667	0.72950	-0.01283	0.00016	0.5	0.04694	
44	302.28	0.73333	0.73020	0.00313	0.00001	0.5	0.05444	
45	310.76	0.75000	0.74080	0.00920	0.00008	0.5	0.06250	
46	347.61	0.76667	0.78140	-0.01473	0.00022	0.5	0.07111	
47	354.43	0.78333	0.78800	-0.00467	0.00002	0.5	0.08028	
48	357.91	0.80000	0.79130	0.00870	0.00008	0.5	0.09000	
49	379.80	0.81667	0.81060	0.00607	0.00004	0.5	0.10028	
50	400.62	0.83333	0.82710	0.00623	0.00004	0.5	0.11111	
51	400.62	0.85000	0.82710	0.02290	0.00052	0.5	0.12250	
52	408.40	0.86667	0.83280	0.03387	0.00115	0.5	0.13444	
53	437.77	0.88333	0.85230	0.03103	0.00096	0.5	0.14694	
54	450.84	0.90000	0.86010	0.03990	0.00159	0.5	0.16000	
55	481.36	0.91667	0.87640	0.04027	0.00162	0.5	0.17361	
56	505.59	0.93333	0.88770	0.04563	0.00208	0.5	0.18778	
57	607.03	0.95000	0.92340	0.02660	0.00071	0.5	0.20250	
58	778.46	0.96667	0.95720	0.00947	0.00009	0.5	0.21778	
59	1860.95	0.98333	0.99690	-0.01357	0.00018	0.5	0.23361	
	59	0.5			0.06951831		4.75277778	

### 4.3.2 Función LogNormal 3 Parámetros

Según este modelo, el delta teórico 0.0684, es menor que el delta tabular 0.1771, por lo tanto, se ajustan a esta distribución, con un nivel de significación del 5%, siendo el parámetro de posición ( $x_0$ )= -6.9243, parámetro de escala ( $\mu y$ )= 5.2406, parámetro de forma ( $Sy$ )= 0.7988, (figura 4.4).

Según el cuadro 4.16, el coeficiente de determinación, es 0.988.

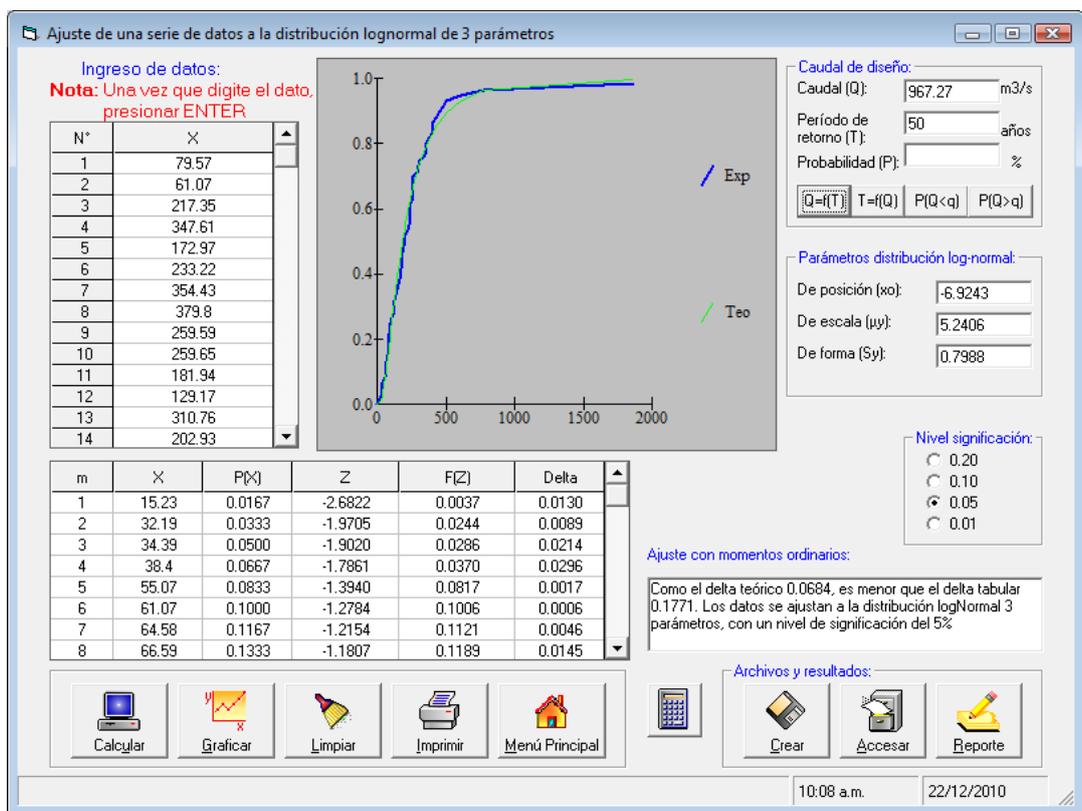


Figura 4.4. Distribución LogNormal 3 Parámetros

Cuadro 4.16. Estimación del coeficiente de determinación, para la función LogNormal 3 Parámetros

m	Q	Fn	F	Fn-F	(Fn-F)^2	Fnprom	(Fn-Fnprom)^2	R2
1	15.23	0.01667	0.00370	0.01297	0.00017	0.5	0.23361	0.988
2	32.19	0.03333	0.02440	0.00893	0.00008	0.5	0.21778	
3	34.39	0.05000	0.02860	0.02140	0.00046	0.5	0.20250	
4	38.40	0.06667	0.03700	0.02967	0.00088	0.5	0.18778	
5	55.07	0.08333	0.08170	0.00163	0.00000	0.5	0.17361	
6	61.07	0.10000	0.10060	-0.00060	0.00000	0.5	0.16000	
7	64.58	0.11667	0.11210	0.00457	0.00002	0.5	0.14694	
8	66.59	0.13333	0.11890	0.01443	0.00021	0.5	0.13444	
9	73.51	0.15000	0.14270	0.00730	0.00005	0.5	0.12250	
10	79.53	0.16667	0.16410	0.00257	0.00001	0.5	0.11111	
11	79.57	0.18333	0.16430	0.01903	0.00036	0.5	0.10028	
12	82.62	0.20000	0.17520	0.02480	0.00062	0.5	0.09000	
13	83.33	0.21667	0.17780	0.03887	0.00151	0.5	0.08028	
14	91.17	0.23333	0.20620	0.02713	0.00074	0.5	0.07111	
15	93.81	0.25000	0.21580	0.03420	0.00117	0.5	0.06250	
16	109.20	0.26667	0.27150	-0.00483	0.00002	0.5	0.05444	
17	120.94	0.28333	0.31280	-0.02947	0.00087	0.5	0.04694	
18	124.53	0.30000	0.32520	-0.02520	0.00064	0.5	0.04000	
19	125.75	0.31667	0.32940	-0.01273	0.00016	0.5	0.03361	
20	129.17	0.33333	0.34100	-0.00767	0.00006	0.5	0.02778	
21	145.26	0.35000	0.39360	-0.04360	0.00190	0.5	0.02250	
22	152.95	0.36667	0.41760	-0.05093	0.00259	0.5	0.01778	
23	158.69	0.38333	0.43490	-0.05157	0.00266	0.5	0.01361	
24	168.10	0.40000	0.46220	-0.06220	0.00387	0.5	0.01000	
25	172.97	0.41667	0.47590	-0.05923	0.00351	0.5	0.00694	
26	178.32	0.43333	0.49050	-0.05717	0.00327	0.5	0.00444	
27	180.09	0.45000	0.49530	-0.04530	0.00205	0.5	0.00250	
28	181.94	0.46667	0.50020	-0.03353	0.00112	0.5	0.00111	
29	188.56	0.48333	0.51740	-0.03407	0.00116	0.5	0.00028	
30	196.50	0.50000	0.53720	-0.03720	0.00138	0.5	0.00000	
31	202.93	0.51667	0.55270	-0.03603	0.00130	0.5	0.00028	
32	217.35	0.53333	0.58530	-0.05197	0.00270	0.5	0.00111	
33	233.22	0.55000	0.61840	-0.06840	0.00468	0.5	0.00250	
34	235.10	0.56667	0.62210	-0.05543	0.00307	0.5	0.00444	
35	237.44	0.58333	0.62660	-0.04327	0.00187	0.5	0.00694	
36	237.98	0.60000	0.62770	-0.02770	0.00077	0.5	0.01000	
37	239.61	0.61667	0.63080	-0.01413	0.00020	0.5	0.01361	
38	257.91	0.63333	0.66410	-0.03077	0.00095	0.5	0.01778	
39	259.59	0.65000	0.66700	-0.01700	0.00029	0.5	0.02250	
40	259.65	0.66667	0.66710	-0.00043	0.00000	0.5	0.02778	
41	260.96	0.68333	0.66930	0.01403	0.00020	0.5	0.03361	
42	263.71	0.70000	0.67390	0.02610	0.00068	0.5	0.04000	
43	301.73	0.71667	0.73080	-0.01413	0.00020	0.5	0.04694	
44	302.28	0.73333	0.73160	0.00173	0.00000	0.5	0.05444	
45	310.76	0.75000	0.74260	0.00740	0.00005	0.5	0.06250	
46	347.61	0.76667	0.78490	-0.01823	0.00033	0.5	0.07111	
47	354.43	0.78333	0.79180	-0.00847	0.00007	0.5	0.08028	
48	357.91	0.80000	0.79520	0.00480	0.00002	0.5	0.09000	
49	379.80	0.81667	0.81530	0.00137	0.00000	0.5	0.10028	
50	400.62	0.83333	0.83230	0.00103	0.00000	0.5	0.11111	
51	400.62	0.85000	0.83230	0.01770	0.00031	0.5	0.12250	
52	408.40	0.86667	0.83820	0.02847	0.00081	0.5	0.13444	
53	437.77	0.88333	0.85820	0.02513	0.00063	0.5	0.14694	
54	450.84	0.90000	0.86620	0.03380	0.00114	0.5	0.16000	
55	481.36	0.91667	0.88290	0.03377	0.00114	0.5	0.17361	
56	505.59	0.93333	0.89440	0.03893	0.00152	0.5	0.18778	
57	607.03	0.95000	0.93010	0.01990	0.00040	0.5	0.20250	
58	778.46	0.96667	0.96280	0.00387	0.00001	0.5	0.21778	
59	1860.95	0.98333	0.99790	-0.01457	0.00021	0.5	0.23361	
	59	0.5			0.05510802		4.75277778	

### 4.3.3 Función Gamma 2 Parámetros

Los datos se ajustan a esta distribución, es decir, el delta teórico 0.0736, es menor que el delta tabular 0.1771, con un nivel de significación del 5%, siendo el parámetro de forma (gamma)= 1.602, parámetro de escala (beta)= 157, (figura 4.5). Según el cuadro 4.17, el coeficiente de determinación, es 0.992.

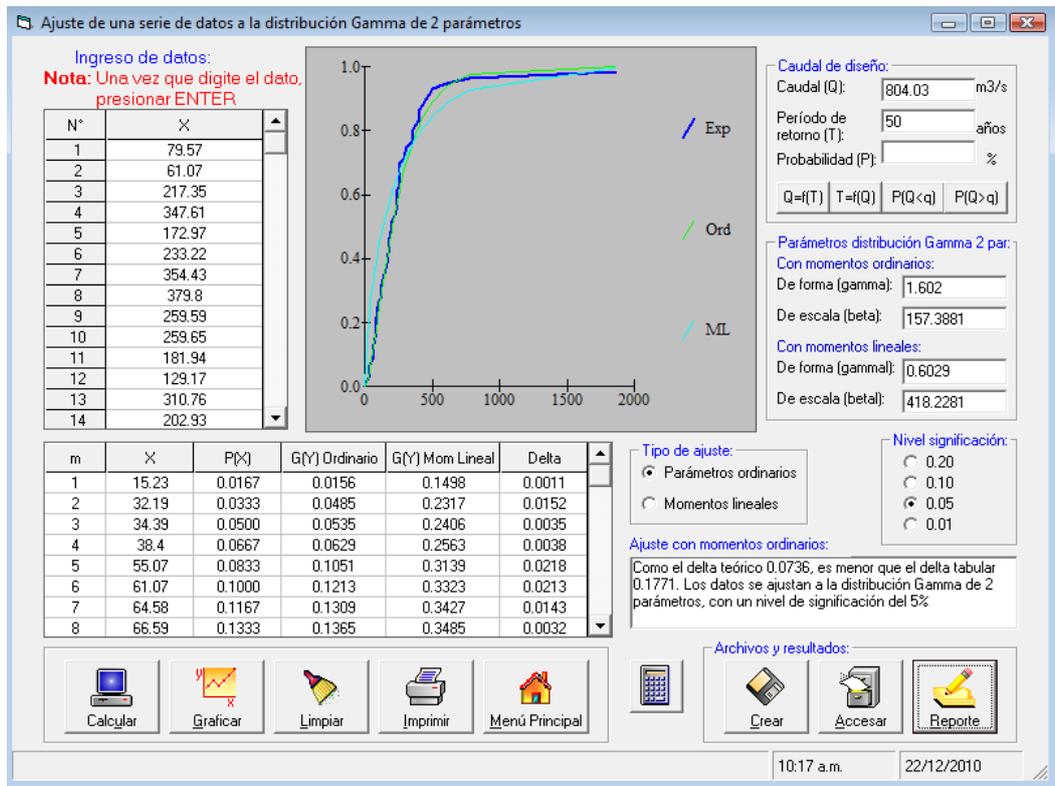


Figura 4.5. Distribución Gamma 2 Parámetros

Cuadro 4.17. Estimación del coeficiente de determinación, para la función Gamma 2 Parámetros

m	Q	Fn	F	Fn-F	(Fn-F)^2	Fnprom	(Fn-FnProm)^2	R2
1	15.23	0.01667	0.01560	0.00107	0.00000	0.5	0.23361	0.992
2	32.19	0.03333	0.04850	-0.01517	0.00023	0.5	0.21778	
3	34.39	0.05000	0.05350	-0.00350	0.00001	0.5	0.20250	
4	38.40	0.06667	0.06290	0.00377	0.00001	0.5	0.18778	
5	55.07	0.08333	0.10510	-0.02177	0.00047	0.5	0.17361	
6	61.07	0.10000	0.12130	-0.02130	0.00045	0.5	0.16000	
7	64.58	0.11667	0.13090	-0.01423	0.00020	0.5	0.14694	
8	66.59	0.13333	0.13650	-0.00317	0.00001	0.5	0.13444	
9	73.51	0.15000	0.15590	-0.00590	0.00003	0.5	0.12250	
10	79.53	0.16667	0.17290	-0.00623	0.00004	0.5	0.11111	
11	79.57	0.18333	0.17300	0.01033	0.00011	0.5	0.10028	
12	82.62	0.20000	0.18170	0.01830	0.00033	0.5	0.09000	
13	83.33	0.21667	0.18370	0.03297	0.00109	0.5	0.08028	
14	91.17	0.23333	0.20620	0.02713	0.00074	0.5	0.07111	
15	93.81	0.25000	0.21380	0.03620	0.00131	0.5	0.06250	
16	109.20	0.26667	0.25780	0.00887	0.00008	0.5	0.05444	
17	120.94	0.28333	0.29110	-0.00777	0.00006	0.5	0.04694	
18	124.53	0.30000	0.30120	-0.00120	0.00000	0.5	0.04000	
19	125.75	0.31667	0.30460	0.01207	0.00015	0.5	0.03361	
20	129.17	0.33333	0.31410	0.01923	0.00037	0.5	0.02778	
21	145.26	0.35000	0.35810	-0.00810	0.00007	0.5	0.02250	
22	152.95	0.36667	0.37860	-0.01193	0.00014	0.5	0.01778	
23	158.69	0.38333	0.39370	-0.01037	0.00011	0.5	0.01361	
24	168.10	0.40000	0.41790	-0.01790	0.00032	0.5	0.01000	
25	172.97	0.41667	0.43020	-0.01353	0.00018	0.5	0.00694	
26	178.32	0.43333	0.44360	-0.01027	0.00011	0.5	0.00444	
27	180.09	0.45000	0.44790	0.00210	0.00000	0.5	0.00250	
28	181.94	0.46667	0.45240	0.01427	0.00020	0.5	0.00111	
29	188.56	0.48333	0.46840	0.01493	0.00022	0.5	0.00028	
30	196.50	0.50000	0.48720	0.01280	0.00016	0.5	0.00000	
31	202.93	0.51667	0.50200	0.01467	0.00022	0.5	0.00028	
32	217.35	0.53333	0.53410	-0.00077	0.00000	0.5	0.00111	
33	233.22	0.55000	0.56760	-0.01760	0.00031	0.5	0.00250	
34	235.10	0.56667	0.57140	-0.00473	0.00002	0.5	0.00444	
35	237.44	0.58333	0.57620	0.00713	0.00005	0.5	0.00694	
36	237.98	0.60000	0.57720	0.02280	0.00052	0.5	0.01000	
37	239.61	0.61667	0.58050	0.03617	0.00131	0.5	0.01361	
38	257.91	0.63333	0.61580	0.01753	0.00031	0.5	0.01778	
39	259.59	0.65000	0.61890	0.03110	0.00097	0.5	0.02250	
40	259.65	0.66667	0.61900	0.04767	0.00227	0.5	0.02778	
41	260.96	0.68333	0.62140	0.06193	0.00384	0.5	0.03361	
42	263.71	0.70000	0.62640	0.07360	0.00542	0.5	0.04000	
43	301.73	0.71667	0.69030	0.02637	0.00070	0.5	0.04694	
44	302.28	0.73333	0.69110	0.04223	0.00178	0.5	0.05444	
45	310.76	0.75000	0.70400	0.04600	0.00212	0.5	0.06250	
46	347.61	0.76667	0.75450	0.01217	0.00015	0.5	0.07111	
47	354.43	0.78333	0.76290	0.02043	0.00042	0.5	0.08028	
48	357.91	0.80000	0.76710	0.03290	0.00108	0.5	0.09000	
49	379.80	0.81667	0.79210	0.02457	0.00060	0.5	0.10028	
50	400.62	0.83333	0.81350	0.01983	0.00039	0.5	0.11111	
51	400.62	0.85000	0.81350	0.03650	0.00133	0.5	0.12250	
52	408.40	0.86667	0.82100	0.04567	0.00209	0.5	0.13444	
53	437.77	0.88333	0.84670	0.03663	0.00134	0.5	0.14694	
54	450.84	0.90000	0.85710	0.04290	0.00184	0.5	0.16000	
55	481.36	0.91667	0.87870	0.03797	0.00144	0.5	0.17361	
56	505.59	0.93333	0.89360	0.03973	0.00158	0.5	0.18778	
57	607.03	0.95000	0.93900	0.01100	0.00012	0.5	0.20250	
58	778.46	0.96667	0.97680	-0.01013	0.00010	0.5	0.21778	
59	1860.95	0.98333	1.00000	-0.01667	0.00028	0.5	0.23361	
	59	0.5			0.03980915		4.75277778	

#### 4.3.4 Función Gumbel

Los datos se ajustan a este modelo, quiere decir, que el delta teórico 0.1601, es menor que el delta tabular 0.1771, con un nivel de significación del 5%, siendo el parámetro de posición ( $\mu$ )= 133.874, parámetro de escala (alfa) = 204.8723, (figura 4.6). Según el cuadro 4.18, el coeficiente de determinación, es 0.922.

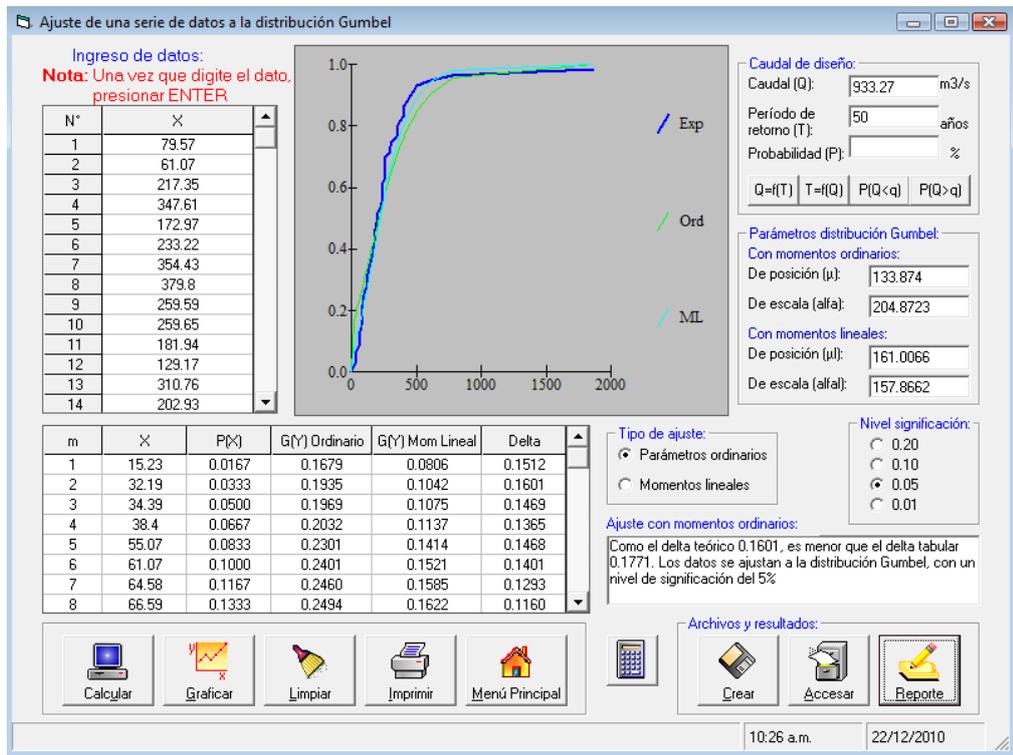


Figura 4.6. Distribución Gumbel 2 Parámetros

Cuadro 4.18. Estimación del coeficiente de determinación, para la función Gumbel

m	Q	Fn	F	Fn-F	(Fn-F)^2	Fnprom	(Fn-FnProm)2	R2
1	15.23	0.01667	0.16790	-0.15123	0.02287	0.5	0.23361	0.922
2	32.19	0.03333	0.19350	-0.16017	0.02565	0.5	0.21778	
3	34.39	0.05000	0.19690	-0.14690	0.02158	0.5	0.20250	
4	38.40	0.06667	0.20320	-0.13653	0.01864	0.5	0.18778	
5	55.07	0.08333	0.23010	-0.14677	0.02154	0.5	0.17361	
6	61.07	0.10000	0.24010	-0.14010	0.01963	0.5	0.16000	
7	64.58	0.11667	0.24600	-0.12933	0.01673	0.5	0.14694	
8	66.59	0.13333	0.24940	-0.11607	0.01347	0.5	0.13444	
9	73.51	0.15000	0.26120	-0.11120	0.01237	0.5	0.12250	
10	79.53	0.16667	0.27150	-0.10483	0.01099	0.5	0.11111	
11	79.57	0.18333	0.27160	-0.08827	0.00779	0.5	0.10028	
12	82.62	0.20000	0.27690	-0.07690	0.00591	0.5	0.09000	
13	83.33	0.21667	0.27810	-0.06143	0.00377	0.5	0.08028	
14	91.17	0.23333	0.29180	-0.05847	0.00342	0.5	0.07111	
15	93.81	0.25000	0.29640	-0.04640	0.00215	0.5	0.06250	
16	109.20	0.26667	0.32370	-0.05703	0.00325	0.5	0.05444	
17	120.94	0.28333	0.34470	-0.06137	0.00377	0.5	0.04694	
18	124.53	0.30000	0.35110	-0.05110	0.00261	0.5	0.04000	
19	125.75	0.31667	0.35330	-0.03663	0.00134	0.5	0.03361	
20	129.17	0.33333	0.35940	-0.02607	0.00068	0.5	0.02778	
21	145.26	0.35000	0.38830	-0.03830	0.00147	0.5	0.02250	
22	152.95	0.36667	0.40210	-0.03543	0.00126	0.5	0.01778	
23	158.69	0.38333	0.41230	-0.02897	0.00084	0.5	0.01361	
24	168.10	0.40000	0.42910	-0.02910	0.00085	0.5	0.01000	
25	172.97	0.41667	0.43770	-0.02103	0.00044	0.5	0.00694	
26	178.32	0.43333	0.44710	-0.01377	0.00019	0.5	0.00444	
27	180.09	0.45000	0.45020	-0.00020	0.00000	0.5	0.00250	
28	181.94	0.46667	0.45340	0.01327	0.00018	0.5	0.00111	
29	188.56	0.48333	0.46500	0.01833	0.00034	0.5	0.00028	
30	196.50	0.50000	0.47870	0.02130	0.00045	0.5	0.00000	
31	202.93	0.51667	0.48980	0.02687	0.00072	0.5	0.00028	
32	217.35	0.53333	0.51410	0.01923	0.00037	0.5	0.00111	
33	233.22	0.55000	0.54020	0.00980	0.00010	0.5	0.00250	
34	235.10	0.56667	0.54330	0.02337	0.00055	0.5	0.00444	
35	237.44	0.58333	0.54710	0.03623	0.00131	0.5	0.00694	
36	237.98	0.60000	0.54790	0.05210	0.00271	0.5	0.01000	
37	239.61	0.61667	0.55050	0.06617	0.00438	0.5	0.01361	
38	257.91	0.63333	0.57940	0.05393	0.00291	0.5	0.01778	
39	259.59	0.65000	0.58190	0.06810	0.00464	0.5	0.02250	
40	259.65	0.66667	0.58200	0.08467	0.00717	0.5	0.02778	
41	260.96	0.68333	0.58400	0.09933	0.00987	0.5	0.03361	
42	263.71	0.70000	0.58830	0.11170	0.01248	0.5	0.04000	
43	301.73	0.71667	0.64360	0.07307	0.00534	0.5	0.04694	
44	302.28	0.73333	0.64430	0.08903	0.00793	0.5	0.05444	
45	310.76	0.75000	0.65590	0.09410	0.00885	0.5	0.06250	
46	347.61	0.76667	0.70310	0.06357	0.00404	0.5	0.07111	
47	354.43	0.78333	0.71120	0.07213	0.00520	0.5	0.08028	
48	357.91	0.80000	0.71530	0.08470	0.00717	0.5	0.09000	
49	379.80	0.81667	0.74000	0.07667	0.00588	0.5	0.10028	
50	400.62	0.83333	0.76190	0.07143	0.00510	0.5	0.11111	
51	400.62	0.85000	0.76190	0.08810	0.00776	0.5	0.12250	
52	408.40	0.86667	0.76960	0.09707	0.00942	0.5	0.13444	
53	437.77	0.88333	0.79700	0.08633	0.00745	0.5	0.14694	
54	450.84	0.90000	0.80830	0.09170	0.00841	0.5	0.16000	
55	481.36	0.91667	0.83240	0.08427	0.00710	0.5	0.17361	
56	505.59	0.93333	0.84960	0.08373	0.00701	0.5	0.18778	
57	607.03	0.95000	0.90550	0.04450	0.00198	0.5	0.20250	
58	778.46	0.96667	0.95790	0.00877	0.00008	0.5	0.21778	
59	1860.95	0.98333	0.99980	-0.01647	0.00027	0.5	0.23361	
	59	0.5			0.3704		4.7528	

### 4.3.5 Función LogGumbel

Según este modelo, el delta teórico 0.1401, es menor que el delta tabular 0.1771, entonces, los datos se ajustan a esta función, con un nivel de significación del 5%, siendo el parámetro de posición ( $\mu$ )= 4.8013, parámetro de escala (alfa)= 0.6672, (figura 4.7). Según el cuadro 4.19, el coeficiente de determinación, es 0.931.

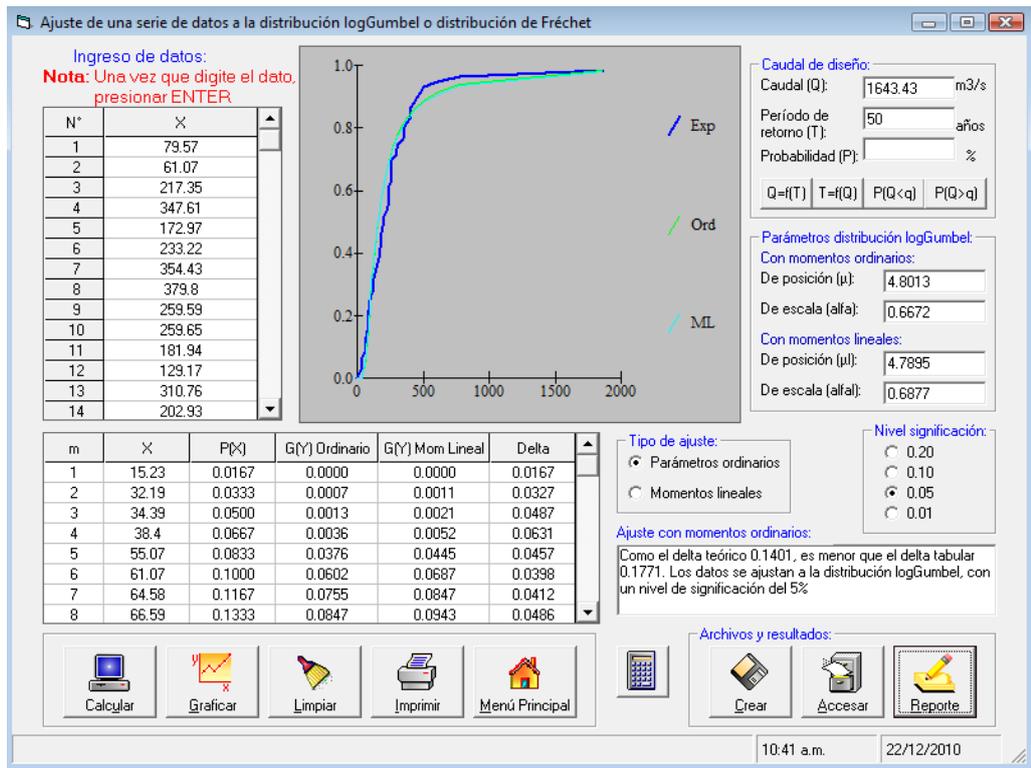


Figura 4.7. Distribución LogGumbel

Cuadro 4.19. Estimación del coeficiente de determinación, para la función LogGumbel

m	Q	Fn	F	Fn-F	(Fn-F)^2	Fnprom	(Fn-Fnprom)2	R2
1	15.23	0.01667	0.00000	0.01667	0.00028	0.5	0.23361	0.931
2	32.19	0.03333	0.00070	0.03263	0.00106	0.5	0.21778	
3	34.39	0.05000	0.00130	0.04870	0.00237	0.5	0.20250	
4	38.40	0.06667	0.00360	0.06307	0.00398	0.5	0.18778	
5	55.07	0.08333	0.03760	0.04573	0.00209	0.5	0.17361	
6	61.07	0.10000	0.06020	0.03980	0.00158	0.5	0.16000	
7	64.58	0.11667	0.07550	0.04117	0.00169	0.5	0.14694	
8	66.59	0.13333	0.08470	0.04863	0.00237	0.5	0.13444	
9	73.51	0.15000	0.11900	0.03100	0.00096	0.5	0.12250	
10	79.53	0.16667	0.15090	0.01577	0.00025	0.5	0.11111	
11	79.57	0.18333	0.15110	0.03223	0.00104	0.5	0.10028	
12	82.62	0.20000	0.16760	0.03240	0.00105	0.5	0.09000	
13	83.33	0.21667	0.17140	0.04527	0.00205	0.5	0.08028	
14	91.17	0.23333	0.21410	0.01923	0.00037	0.5	0.07111	
15	93.81	0.25000	0.22840	0.02160	0.00047	0.5	0.06250	
16	109.20	0.26667	0.30850	-0.04183	0.00175	0.5	0.05444	
17	120.94	0.28333	0.36460	-0.08127	0.00660	0.5	0.04694	
18	124.53	0.30000	0.38070	-0.08070	0.00651	0.5	0.04000	
19	125.75	0.31667	0.38610	-0.06943	0.00482	0.5	0.03361	
20	129.17	0.33333	0.40080	-0.06747	0.00455	0.5	0.02778	
21	145.26	0.35000	0.46450	-0.11450	0.01311	0.5	0.02250	
22	152.95	0.36667	0.49180	-0.12513	0.01566	0.5	0.01778	
23	158.69	0.38333	0.51090	-0.12757	0.01627	0.5	0.01361	
24	168.10	0.40000	0.54010	-0.14010	0.01963	0.5	0.01000	
25	172.97	0.41667	0.55420	-0.13753	0.01892	0.5	0.00694	
26	178.32	0.43333	0.56900	-0.13567	0.01841	0.5	0.00444	
27	180.09	0.45000	0.57370	-0.12370	0.01530	0.5	0.00250	
28	181.94	0.46667	0.57860	-0.11193	0.01253	0.5	0.00111	
29	188.56	0.48333	0.59540	-0.11207	0.01256	0.5	0.00028	
30	196.50	0.50000	0.61420	-0.11420	0.01304	0.5	0.00000	
31	202.93	0.51667	0.62840	-0.11173	0.01248	0.5	0.00028	
32	217.35	0.53333	0.65760	-0.12427	0.01544	0.5	0.00111	
33	233.22	0.55000	0.68590	-0.13590	0.01847	0.5	0.00250	
34	235.10	0.56667	0.68900	-0.12233	0.01497	0.5	0.00444	
35	237.44	0.58333	0.69270	-0.10937	0.01196	0.5	0.00694	
36	237.98	0.60000	0.69360	-0.09360	0.00876	0.5	0.01000	
37	239.61	0.61667	0.69620	-0.07953	0.00633	0.5	0.01361	
38	257.91	0.63333	0.72300	-0.08967	0.00804	0.5	0.01778	
39	259.59	0.65000	0.72530	-0.07530	0.00567	0.5	0.02250	
40	259.65	0.66667	0.72540	-0.05873	0.00345	0.5	0.02778	
41	260.96	0.68333	0.72710	-0.04377	0.00192	0.5	0.03361	
42	263.71	0.70000	0.73080	-0.03080	0.00095	0.5	0.04000	
43	301.73	0.71667	0.77390	-0.05723	0.00328	0.5	0.04694	
44	302.28	0.73333	0.77440	-0.04107	0.00169	0.5	0.05444	
45	310.76	0.75000	0.78250	-0.03250	0.00106	0.5	0.06250	
46	347.61	0.76667	0.81280	-0.04613	0.00213	0.5	0.07111	
47	354.43	0.78333	0.81760	-0.03427	0.00117	0.5	0.08028	
48	357.91	0.80000	0.82000	-0.02000	0.00040	0.5	0.09000	
49	379.80	0.81667	0.83400	-0.01733	0.00030	0.5	0.10028	
50	400.62	0.83333	0.84570	-0.01237	0.00015	0.5	0.11111	
51	400.62	0.85000	0.84570	0.00430	0.00002	0.5	0.12250	
52	408.40	0.86667	0.84970	0.01697	0.00029	0.5	0.13444	
53	437.77	0.88333	0.86350	0.01983	0.00039	0.5	0.14694	
54	450.84	0.90000	0.86900	0.03100	0.00096	0.5	0.16000	
55	481.36	0.91667	0.88050	0.03617	0.00131	0.5	0.17361	
56	505.59	0.93333	0.88850	0.04483	0.00201	0.5	0.18778	
57	607.03	0.95000	0.91400	0.03600	0.00130	0.5	0.20250	
58	778.46	0.96667	0.94000	0.02667	0.00071	0.5	0.21778	
59	1860.95	0.98333	0.98340	-0.00007	0.00000	0.5	0.23361	
	59	0.5			0.3269		4.7528	

En el cuadro 4.20 y figura 4.8, se indica los caudales calculados con los modelos probabilísticos seleccionados, de los cuales la distribución Gamma 2 parámetros, presenta el mayor coeficiente de determinación, mientras que la distribución LogNormal 2 parámetros presenta el menor delta y el segundo mayor valor del coeficiente de determinación.

Cuadro 4.20 Caudales según años de retorno y modelos probabilísticas

Distribución	Caudal en m <sup>3</sup> /s (periodo de retorno)				Coeficiente de determinación	Menor delta-Kolmogorov
	10	25	50	100		
LogNormal 2 parámetros	535	800	1037	1309	0.985	0.0719
LogNormal 3 parámetros	518	758	967	1204	0.988	0.0684
Gamma 2 parámetros	516	682	804	1308	0.992	0.0736
Gumbel	595	789	933	1076	0.922	0.1601
LogGumbel	546	1027	1643	2618	0.931	0.1401

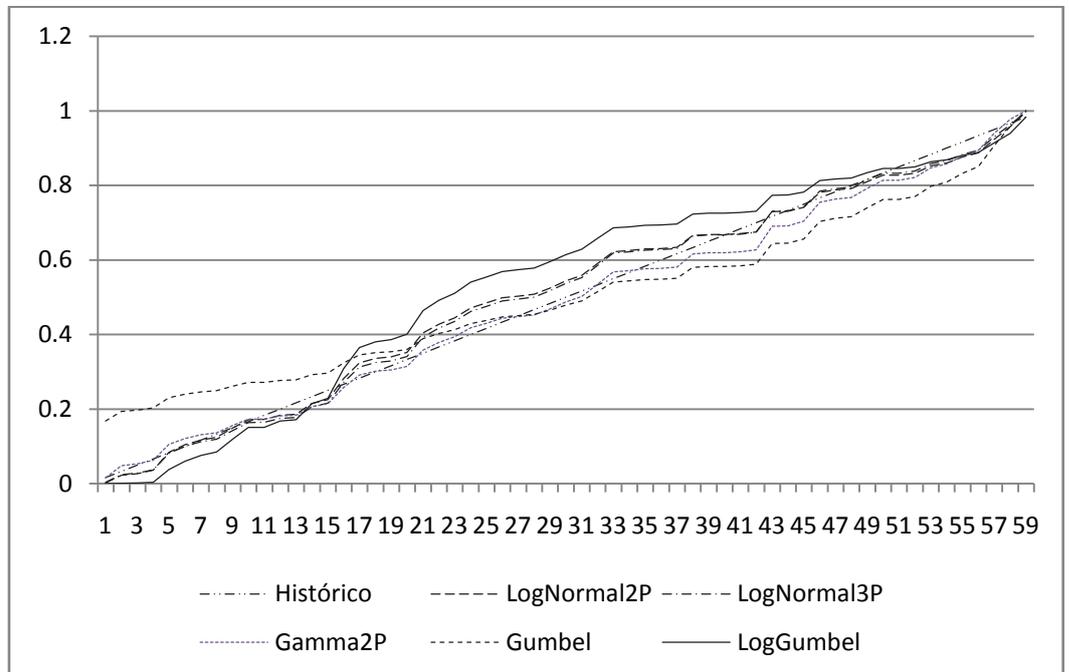


Figura 4.8. Curvas de las funciones probabilísticas e histórico

#### 4.4 Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la Cuenca del río Chicama

Según este estudio, para determinar las descargas máximas instantáneas, sin contar registros, optó por obtenerlos a partir de una formulación empírica conocida como relación de Fuller que transforman las descargas máximas diarias a instantáneas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_i = c * Q_d, \quad c = 1 + \frac{a}{A^b}$$

Donde:

Qi = caudal máximo instantáneo en m<sup>3</sup>/s

Qd = caudal máximo diario en m<sup>3</sup>/s

A = área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

a,b = constantes características igual a 2.7 y 0.3 respectivamente

Considerando el área de la cuenca hasta Salinar de 3665 km<sup>2</sup> se determinaron los caudales máximos instantáneos, como se aprecia en el siguiente cuadro.

Periodo de retorno (años)	Caudal máximo diario	Caudal máximo instantáneo
2	191	235
5	358	440
10	497	611
25	705	867
50	884	1088
100	1083	1332
200	1304	1604
500	1634	2010
1000	1914	2355

#### 4.5 Influencia del Cambio climático en el clima

Según los Informes de Evaluación Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, concluye que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y que la mayoría del incremento en las

temperaturas globales observadas desde mediados del siglo XX, es muy probable que sea debido al incremento en las concentraciones de gas de invernadero antropomórfico observado.

Las principales bases científicas que conllevaron a estas afirmaciones son:

- ✓ El Dióxido de carbono, metano, y óxido nitroso se han incrementado marcadamente como resultado de las actividades humanas desde 1750 y ahora superando ampliamente los valores pre-industriales.
- ✓ Diez de los once años del periodo (1995-2006) estuvieron en el ranking de los 12 años más cálidos en el registro instrumental (desde 1850, hacia el fin de la pequeña era de hielo).
- ✓ El calentamiento en los últimos 100 años ha causado un incremento de 0,74 °C en la temperatura global. Siendo 0,6 °C el incremento predicho en el anterior Tercer informe evaluatorio de IPCC.
- ✓ Observaciones desde 1960 mostraron que los océanos han estado absorbiendo 80% del calor agregado al sistema climático, y que la temperatura en los océanos ha aumentado a profundidades de 300m (9800 pies).
- ✓ Las temperaturas en el ártico se han incrementado el doble que la tasa de temperatura mundial, en los últimos 100años.”
- ✓ Los glaciares de montaña y la cobertura de nieve ha declinado en los dos hemisferios”
- ✓ Pérdidas en los capas de hielo de Groenlandia y Antártida han sido muy probable (>90%) contribuyendo al aumento del nivel del mar entre 1993-2003.
- ✓ El calentamiento de los océanos hace que el agua de mar se expanda, lo que contribuye al aumento del nivel del mar.
- ✓ El nivel del mar a ido incrementado a una tasa media de 1,8mm/año durante 1961-1993. Y durante el periodo 1993-2003 ha aumentado la tasa a 3,1 mm/año. Aunque no está claro si es un cambio a largo plazo o una variabilidad temporal.

Según el IPCC, las proyecciones son:

- ✓ Aumento en las temperaturas de 0.1 - 0.2 °C por década es esperado para las próximas 2 década.

- ✓ Es muy probable que abra un incremento de los periodos de calor, olas de calor y eventos de fuerte caída de lluvia.
- ✓ Es muy probable que abra un incremento de los periodos de calor, olas de calor y eventos de fuerte caída de lluvia.
- ✓ De las 6 familias de escenarios de modelamientos, provee las temperaturas proyectadas y el aumento en los niveles de mar.

Según la Intervención de la Delegación Peruana Debate Temático Informal de la Asamblea General “El Cambio Climático: desafío mundial” Nueva York, 31 de julio al 1 de agosto 2007, considerando al Perú como un país vulnerable, por las siguientes razones:

- ✓ Variedad de climas.
- ✓ Biodiversidad y geografía, segunda selva amazónica luego del Brasil.
- ✓ Cadenas de montañas andinas albergan el 71% de los glaciares tropicales de Sudamérica. El Perú ha registrado un retroceso del 22% de su superficie en los últimos 27 años.
- ✓ Gran parte de la población peruana se encuentra empleada en actividades primarias (pesca, y agricultura) que son muy afectadas por los cambios del clima.
- ✓ El 51% de la población vive bajo la línea de pobreza lo que incrementa las condiciones de vulnerabilidad del país a los efectos climáticos.

Los impactos en el Perú serán notados en el Aumento en la Intensidad y frecuencia de los eventos extremos relacionados a la señal El Niño Oscilación Sur (ENSO), aumento de la sequía en la sierra del Perú, retroceso de los Glaciares y modificaciones regionales del régimen de precipitaciones y temperaturas.

#### **4.6 Conclusiones y recomendaciones**

Revisado el estudio indicado en el ítem 4.2, se concluye que el Método Racional es apropiado para pequeñas cuencas, hasta 300 ha y tiempo de concentración máximo para 6 horas. Asimismo, la precipitación efectiva estimada, no guarda relación con las precipitaciones máximas para 24 horas, indicadas en el estudio.

Según la prueba de bondad de ajuste a través del método de Kolmogorov (calculado con el programa HidroEsta); la distribución Gamma 2 parámetros, presenta el mayor valor del coeficiente de determinación, mientras que la distribución LogNormal 2 parámetros presenta el menor delta y el segundo mayor valor del coeficiente de determinación. Por lo tanto se recomienda considerar los caudales para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno, estimado mediante la función LogNormal 3 parámetros, por presentar el menor valor de delta.

Sabiendo que, el incremento de la temperatura del mar tiene relación directa con la presencia del Fenómeno del Niño, se ha considerado que los valores altos de caudales o precipitaciones deban ser tomados en cuenta en los cálculos de los caudales máximos para el diseño de defensas ribereñas, considerando además que el país es muy vulnerable a peligros por inundación.

## CAPITULO 5

### MODELAMIENTO HIDRAULICO

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

##### 5.1.1 Flujo gradualmente variado

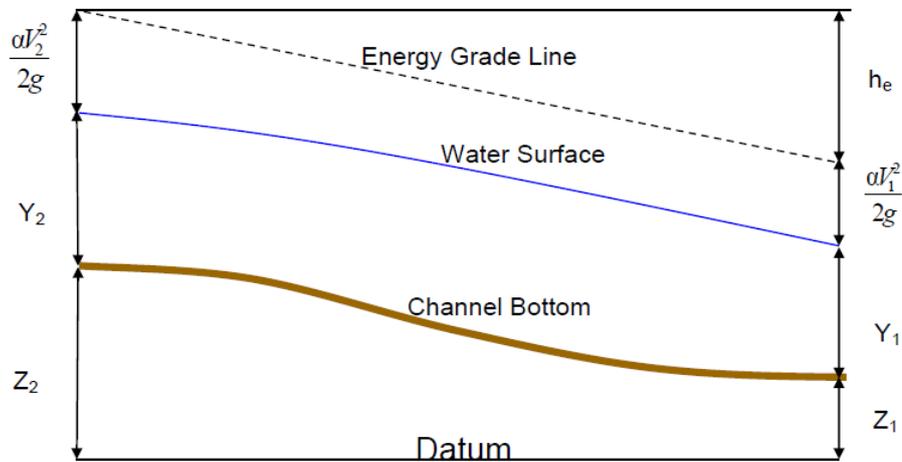
Los cálculos están orientados a flujo unidimensional, para flujo estacionario gradualmente variado y para régimen mixto (subcrítico y supercrítico). Desarrollado con la ecuación de la energía, por un proceso iterativo: standart step method.

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

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 submergidos</b>			
a. Fondo: grava, guijarros, y algo de cantos radados	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 5.1, 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

Tramo	Coeficiente de rugosidad		
	Margen izquierdo	Cauce	Margen derecho
Puente Punta Moreno - puente Victoria	0.045	0.04	0.045
Puente Victoria - litoral marino	0.05	0.045	0.05

### 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 518, 758 y 967 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

### 5.2.3 Pendiente del cauce

La pendiente del cauce en el tramo que va del puente Punta Moreno hasta el puente Victoria es 0.75% (0.0075) y para el tramo del puente Victoria hasta el litoral marino es 0.6% (0.006).

### 5.2.4 Topografía

La topografía fue elaborada por la Junta de Usuarios de Chicama. El trabajo alcanzó el cauce y los márgenes izquierdos y derechos.

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.

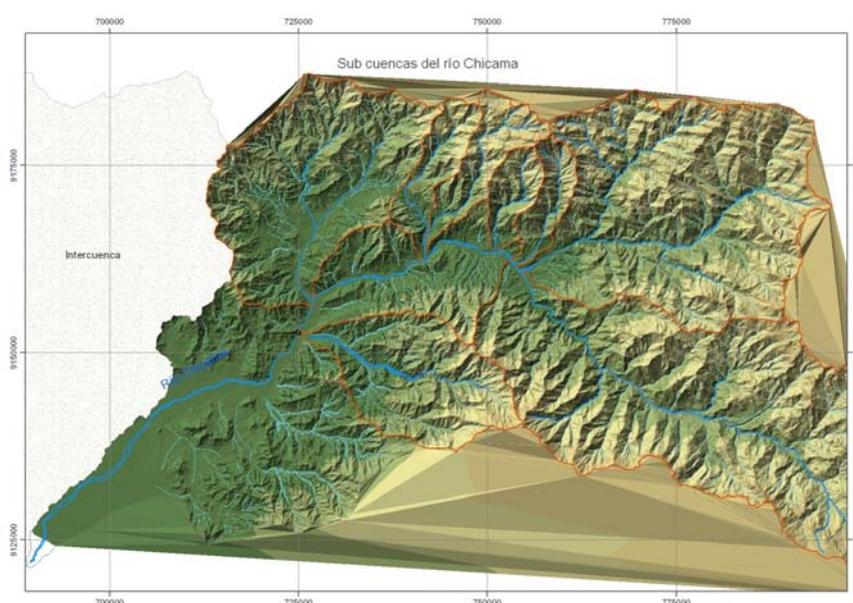


Figura 5.1. Modelo Digital de Elevaciones - TIN

### 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.

- a. **Recomendación Práctica.** Este método está en función directa del caudal; según el cuadro siguiente, el ancho estable es 100.24 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 138.07 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 90.18 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 194.98 m.

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

Factor de Fondo (F <sub>b</sub> )	Factor de Orilla (F <sub>s</sub> )
<input type="radio"/> 0.80 - Mat. Finos (D <sub>m</sub> <0.50 mm)	<input checked="" type="radio"/> 0.10 - Mat. Suelos
<input checked="" type="radio"/> 1.20 - Mat. Gruesos (D <sub>m</sub> >0.50 mm)	<input type="radio"/> 0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos
	<input type="radio"/> 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 0.50 respectivamente, el ancho estable es 115.95 m.

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

Coeficiente - Tipo de Material (K)	Coeficiente Cauce (m)
<input checked="" type="radio"/> 10 - Valor Practico	<input checked="" type="radio"/> 0.50 - Rios de Cauces Aluviales
<input type="radio"/> 12 - Mat. Aluvial	<input type="radio"/> 0.70 - Rios de Cauces Arenosos
<input type="radio"/> 16 - Mat Facilmente erosionable	<input type="radio"/> 1.00 - Rios de Cauce de Montaña
<input type="radio"/> 03 - Mat. muy resistente	

En resumen tenemos que, el ancho estable puede variar desde los 90.18 hasta 194.98 metros; para fines prácticas, se adopta en promedio 190 m como ancho estable del río; pudiendo éste variar según la geomorfología del río.

Método	B (m)
Recomendación Práctica	100.24
Método de Petits	138.07
Método de Simons y Henderson	90.18
Método de Blench y Altunin	194.98
Método de Manning Strickler	115.95

### 5.3 Determinación del eje del río

La longitud del eje del río es 63,720 m. La progresiva 0+000, inicia en el litoral marino y tiene las siguientes coordenadas: Este (X) 689120, Norte (Y) 9121496. La progresiva 63+720 (fin del tramo), tiene las siguientes coordenadas: Este (X) 732835, Norte (Y) 9159798. Figura 5.2.

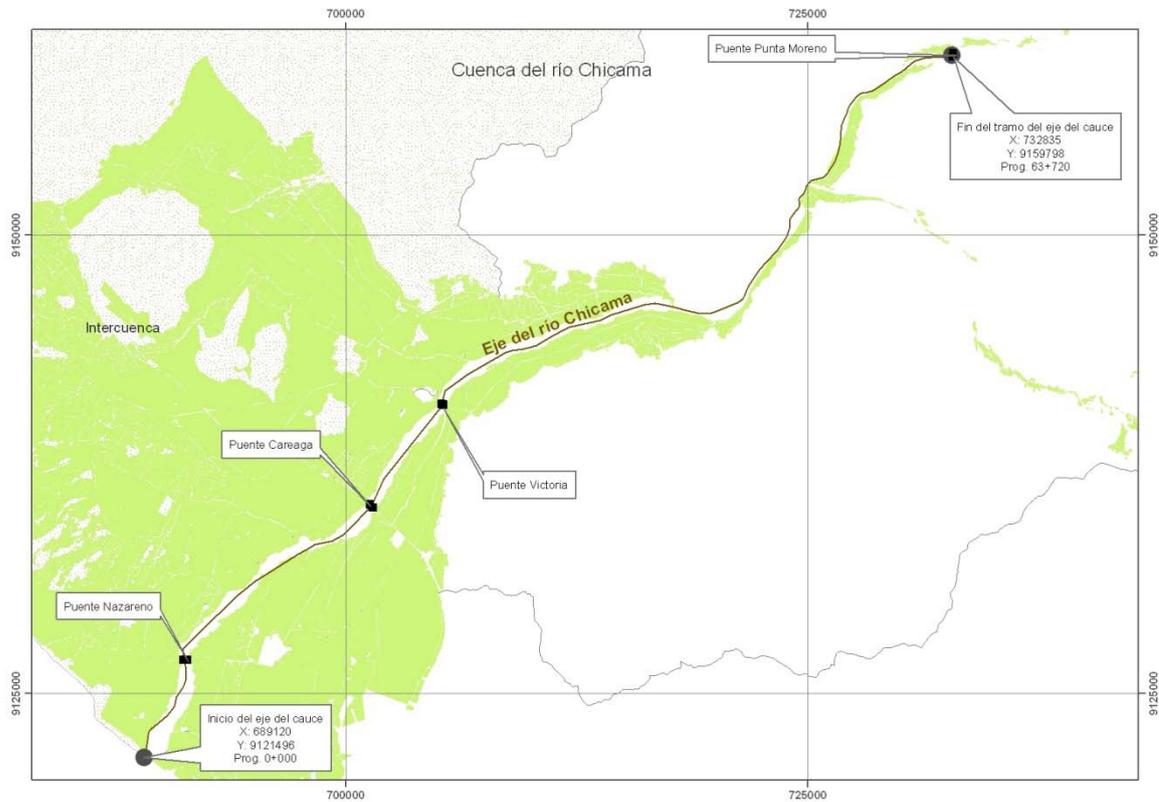


Figura 5.2. Eje del río Chicama

#### 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**

### **5.8.1 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.

#### **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 de tirantes o calados

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
63+720 - 60+000	1.55	2.48	2.74
60+000 - 55+000	2.23	2.02	2.13
55+000 - 50+000	3.30	3.72	4.11
50+000 - 45+000	3.33	5.49	5.65
45+000 - 40+000	1.78	2.66	2.89
40+000 - 35+000	2.35	1.76	1.93
35+000 - 30+000	2.11	2.37	2.57
30+000 - 25+000	2.42	2.8	3.09
25+000 - 20+000	1.42	1.62	1.76
20+000 - 15+000	2.92	3.16	3.32
15+000 - 10+000	1.47	1.68	1.83
10+000 - 05+000	1.86	2.15	2.36
05+000 - 00+000	2.18	2.46	2.67

### b. Velocidad de flujo máximo

En el cuadro 5.4, se muestra 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
63+720 - 60+000	2.76	3.17	3.46
60+000 - 55+000	2.7	3.13	3.33
55+000 - 50+000	3.81	4.25	4.56
50+000 - 45+000	3.43	4.03	4.2
45+000 - 40+000	3.23	3.6	3.82
40+000 - 35+000	2.44	2.7	2.89
35+000 - 30+000	2.5	2.79	2.99
30+000 - 25+000	2.84	3.26	3.5
25+000 - 20+000	1.9	2.14	2.3
20+000 - 15+000	2.35	2.63	2.81
15+000 - 10+000	2.03	2.27	2.44
10+000 - 05+000	1.9	2.17	2.37
05+000 - 00+000	2.12	2.41	2.58

### 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
63+720 - 60+000	0.84	0.9	0.93
60+000 - 55+000	0.85	0.87	0.89
55+000 - 50+000	0.86	0.89	0.91
50+000 - 45+000	0.8	0.9	0.88
45+000 - 40+000	1.07	1	1
40+000 - 35+000	0.72	0.76	0.78
35+000 - 30+000	0.71	0.74	0.75
30+000 - 25+000	0.77	0.82	0.84
25+000 - 20+000	0.62	0.65	0.65
20+000 - 15+000	0.72	0.72	0.74
15+000 - 10+000	0.67	0.69	0.7
10+000 - 05+000	0.58	0.6	0.62
05+000 - 00+000	0.62	0.63	0.64

Los tirantes máximos varían de acuerdo a los tramos, los mayores tirantes se encuentran en el kilometraje de 45 a 50. Para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno, los valores son 3.33, 5.49 y 5.65 metros, respectivamente.

Las velocidades máximas varían de acuerdo al recorrido, las mayores velocidades se encuentran en el tramo del kilómetro 50 al 55. Para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno, los valores son 3.81, 4.25 y 4.56 metros.

Según el cuadro 5.5, el régimen del flujo, en general es subcrítico, con Número de Froude menor a 1, salvo en el tramo del kilómetro 40 al 45, el régimen es crítico.

Las secciones transversales se indican en la sección anexos.

### 5.8.2 Llanura de inundación

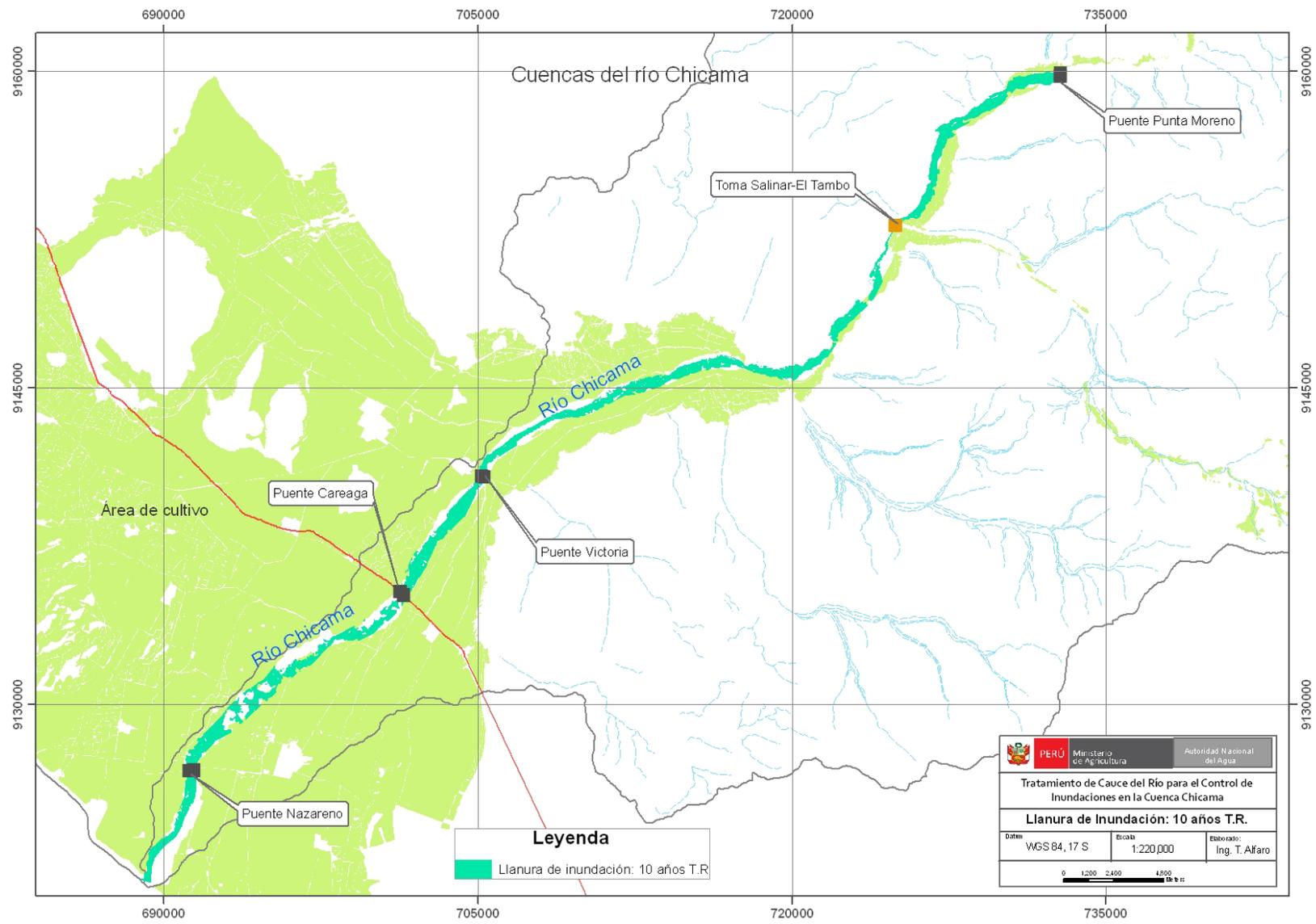
El área afectada directa como consecuencia del desborde del río (llanura de inundación), para 50, 25 y 10 años de periodo de retorno se indica a continuación.

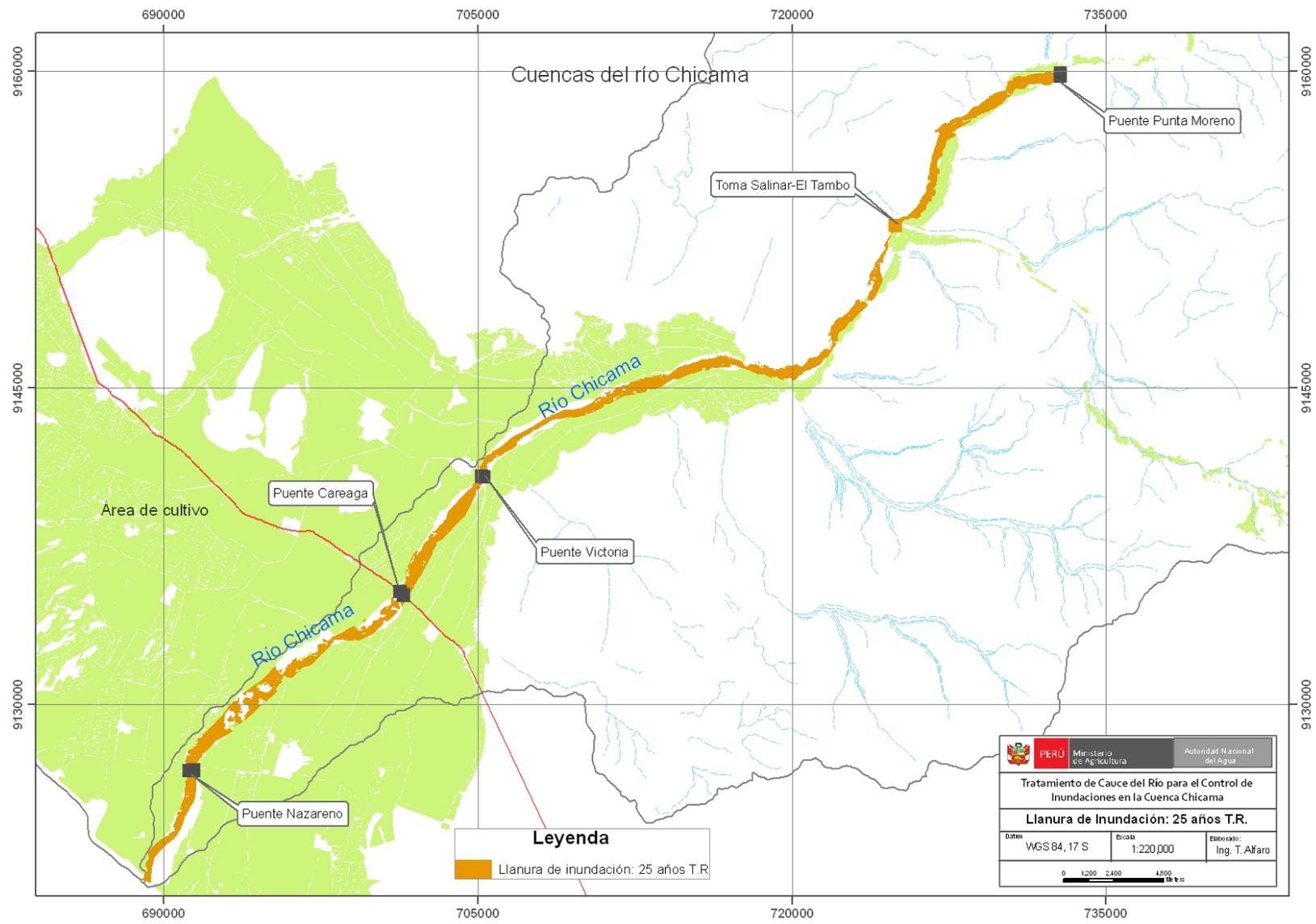
Escenarios	Caudal de máxima avenida (m <sup>3</sup> /s)	Periodo de retorno (años)	Áreas agrícolas inundables (has)
Escenario 1	518	10	1,650
Escenario 2	758	25	1,900
Escenario 3	967	50	2,300

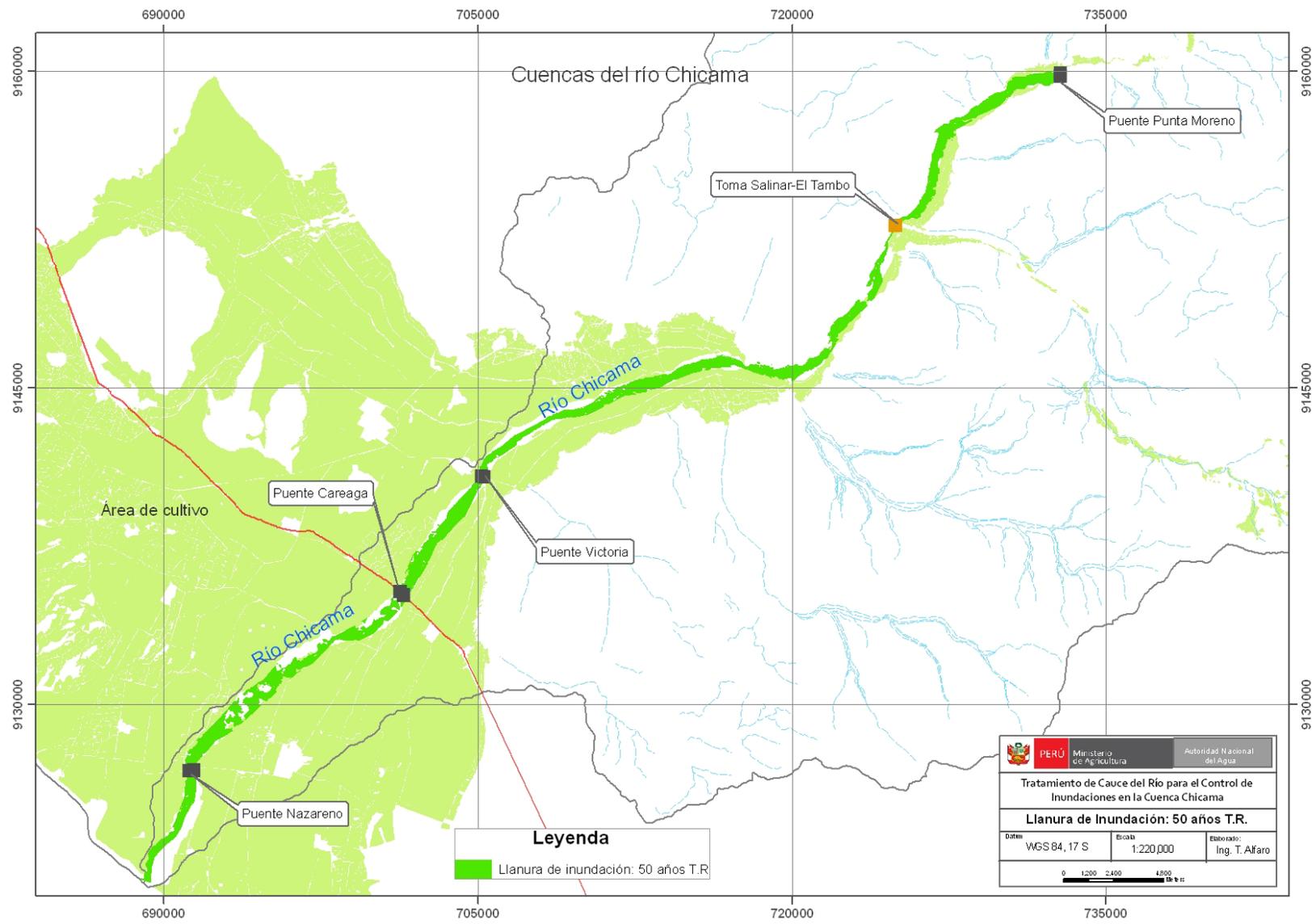
A lo largo del tramo en estudio se ubican 14 tomas de captación, con una capacidad de riego de 63,738 Ha en total.

Si estas tomas llegaran a colapsar o sedimentarse debido a las inundaciones, interrumpiendo el abastecimiento hacia los campos de cultivo; estaría en riesgo de perderse entre 20 a 30% de los campos agrícolas, significa 12,700 a 19,100 Ha.

Toma de captación	Área irrigada
Huabalito	106
Jaguey	521
Salinar	776
La Barranca	1842
Tesoro	1396
Ascope	2090
Facala	8352
Paijan	10428
Roma	10813
Chicamita	3271
Chiclín	4552
Cartavio	8151
Cao	9609
Vallejos	1831







## CAPITULO 6

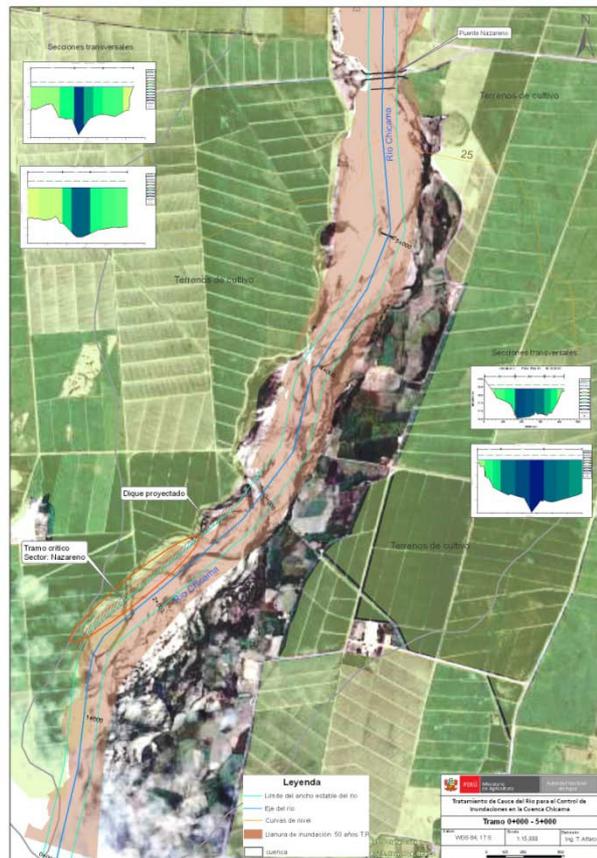
### PROPUESTA DE ACCIONES ESTRATEGICAS

#### 6.1 Identificación de zonas vulnerables

Con el fin de notar con mayor detalle el cauce, márgenes y la forma del río; las zonas críticas se describirán en tramos de 5 Km, siendo la progresiva 0+000 el litoral marino.

**Tramo 0+000 – 5+000.** En este tramo se aprecia material colmatado y vegetación en el cauce del río y un tramo crítico de desbordamiento, ubicado en la margen derecha, progresiva 1+400, con una longitud aproximada de 1 kilómetro. Figura 6.1

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



**Tramo 5+000 – 10+000.** Hay presencia de material colmatado (arena, grava, piedra) en el cauce del río. En la margen derecha se identifica un tramo crítico de desbordamiento y erosión, ubicado en la progresiva 6+500 – 8+500, en el sector denominado Magdalena de Cao; y en la margen izquierda se ubica en la progresiva 9+000 – 10+000, en el sector denominado Cartavio - Pongochongo. Figura 6.2.

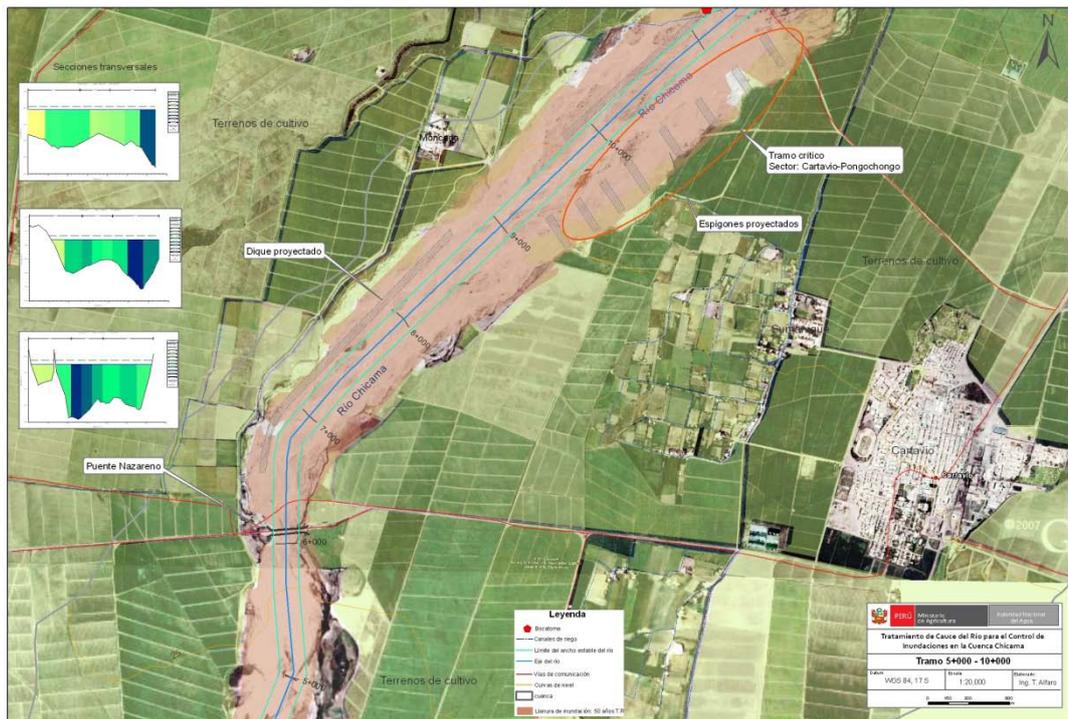


Figura 6.2. Tramos críticos, progresiva 5+000-10+000

**Tramo 10+000 – 15+000.** En el cauce del río hay presencia de material colmatado (arena, grava, piedra). En la margen derecha se ha identificado un tramos crítico, ubicado en la progresiva 10+000 – 12+500 (Toma Vallejo), en el sector denominado Magdalena de Cao. En la margen izquierda se han identificado dos tramos críticos, uno ubicado en la progresiva 10+000 – 11+500 y el otro en la progresiva 13+500 - 15+000, ambos en el sector denominado Cartavio-Pongochongo. Figura 6.3.

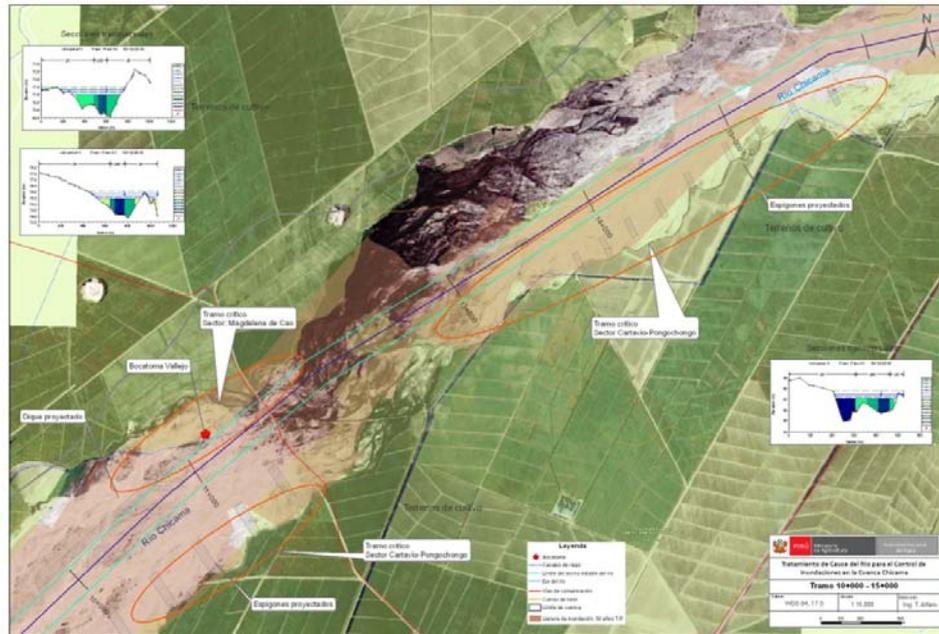


Figura 6.3. Tramos críticos, progresiva 10+000-15+000

**Tramo 15+000 – 20+000.** En la progresiva 20+000 (ambas márgenes), a la altura del puente Careaga, se han identificado puntos críticos de erosión e inundación; poniendo en peligro dicha estructura. Asimismo, en la margen izquierda en la progresiva 17+500 – 19+500, se ubica otro tramo crítico, en el sector denominado Cartavio - Pongochongo. Figura 6.4.

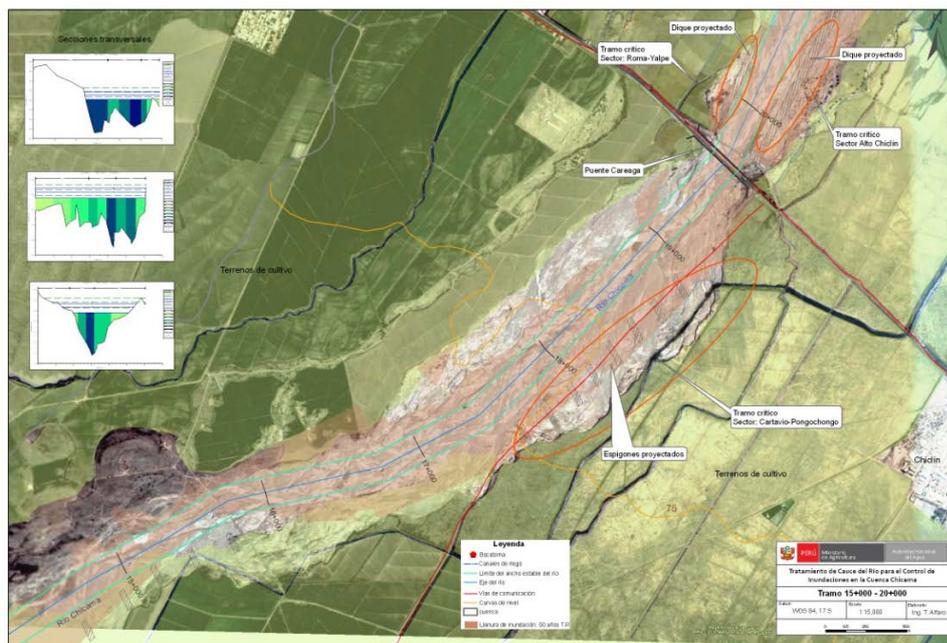


Figura 6.4. Tramos críticos, progresiva 15+000-20+000

**Tramo 20+000 – 25+000.** En la progresiva 20+000 – 25+000, margen izquierda del sector denominado Chiclín Alto, se ha identificado un tramo crítico de erosión y desborde el río. En la margen derecha, progresiva 23+000 – 25+000, en el sector denominado Roma - Yalpe, se ubica otro tramo crítico de erosión e inundación; además de material colmatado en el cauce. Figura 6.5.

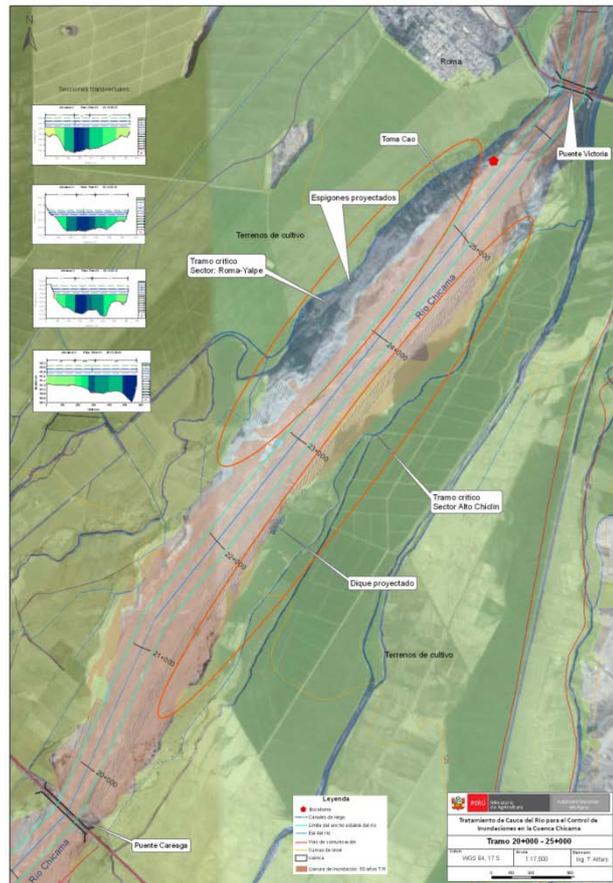


Figura 6.5. Tramos críticos, progresiva 20+000-25+000

**Tramo 25+000 – 30+000.** En la progresiva 27+000 – 29+000, margen izquierda del sector denominado Cañal - Sausal, se ha identificado un tramo crítico de erosión y desborde el río; además de material colmatado en el cauce. Figura 6.6.

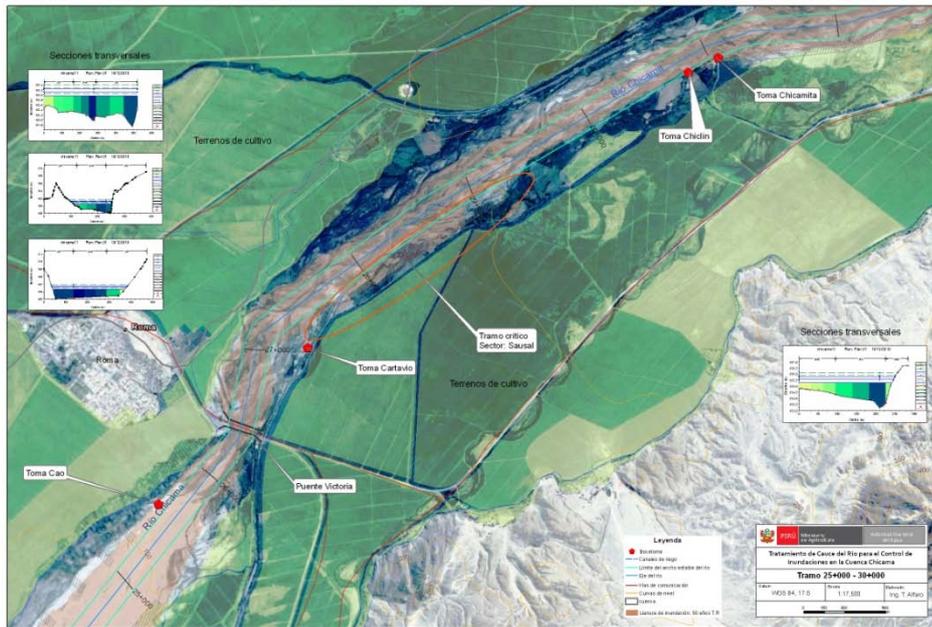


Figura 6.6. Tramos críticos, progresiva 25+000-30+000

**Tramo 30+000 – 35+000.** En la progresiva 33+500 – 35+000, margen derecha del sector denominado Facalá, se ha identificado un tramo crítico de erosión y desborde el río. En la progresiva 31+000 – 35+000 de la margen izquierda, sector Cañal - Sausal, el tramo se ha calificado como críticos, poniendo en peligro la carretera a Cascas. Figura 6.7.

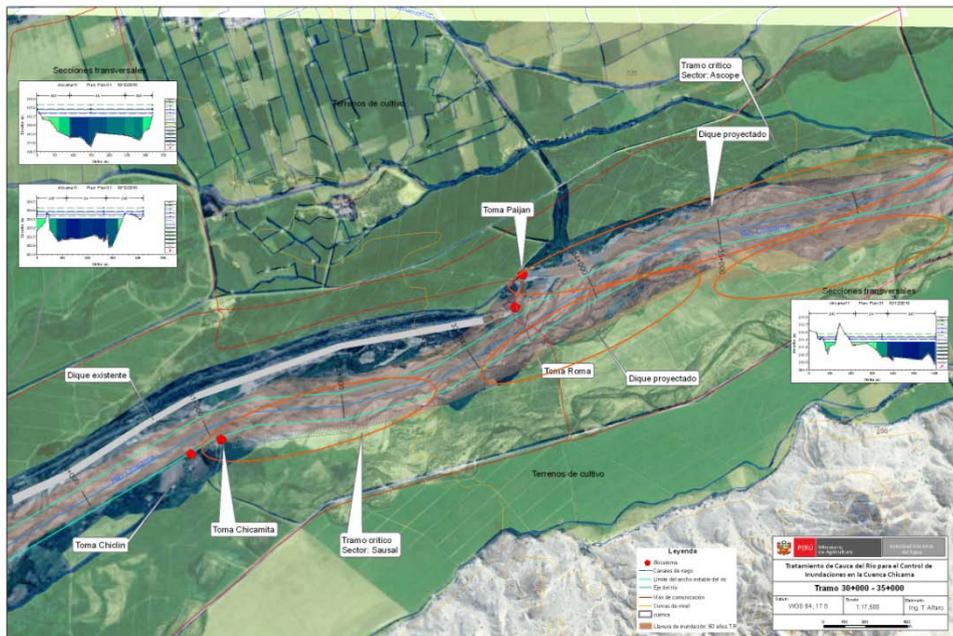


Figura 6.7. Tramos críticos, progresiva 30+000-35+000

**Tramo 35+000 – 40+000.** A ambas márgenes se han identificado tramos críticos de desborde del río y erosión de riberas. En la margen izquierda, tenemos identificado en el sector Chicama y en la margen derecha en el sector Ascope. Figura 6.8; además se aprecia gran cantidad de material colmatado. Figura 6.8.

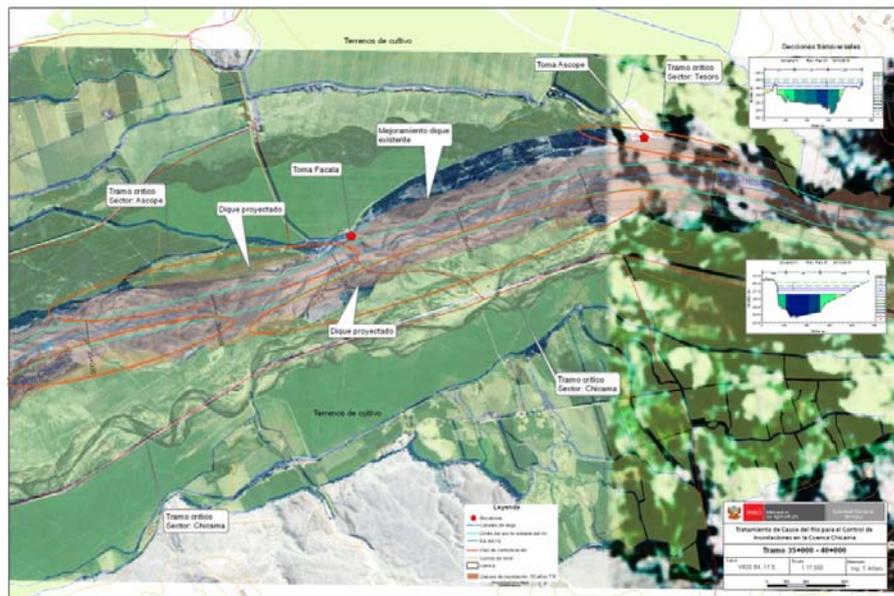


Figura 6.8. Tramos críticos, progresiva 35+000-40+000

**Tramo 40+000 – 45+000.** En el sector Tesoro de la margen izquierda se ha identificado un tramo crítico, que va del tramo 40+000 – 40+500. En la margen derecha, se ha calificado como crítico a todo el tramo, en los sectores de Chicama y Salinar-Quemazón, progresiva 40+000 - 45+000. Figura 6.9.

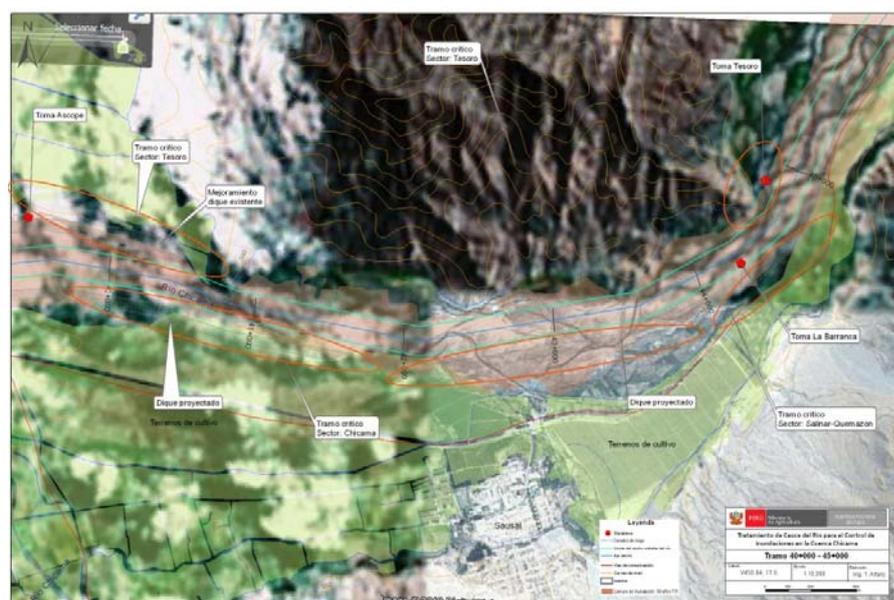


Figura 6.9. Tramos críticos, progresiva 40+000-45+000

**Tramo 45+000 – 50+000.** Todo el tramo se ha considerado crítico, ubicado en la margen izquierda, sectores Salinar - Quemazón y Pampas de Jaguey.

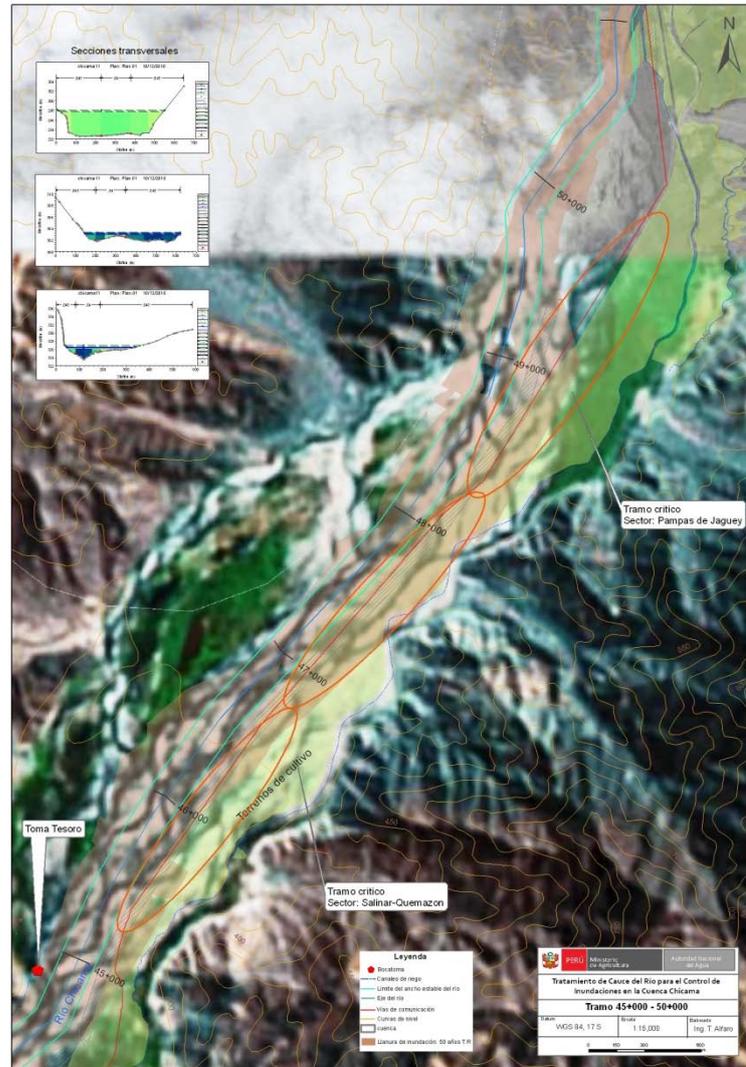


Figura 6.9. Tramos críticos, progresiva 45+000-50+000

**Tramo 50+000 – 55+000.** El tramo crítico se ubica en la margen izquierda del sector Pampas de Jaguey.

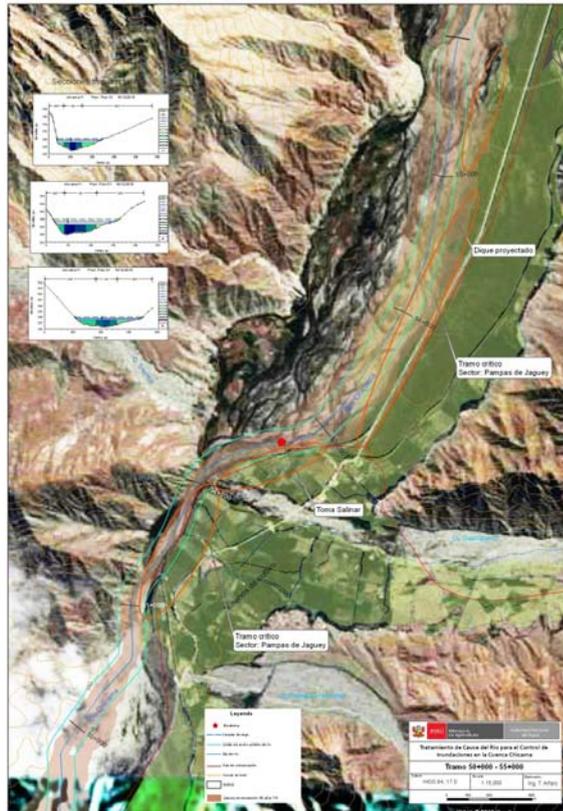


Figura 6.10. Tramos críticos, progresiva 50+000-55+000

**Tramo 55+000 – 63+700.** El tramo crítico se ubica en la margen izquierda del sector Pampas de Jaguay, y en el tramo derecho, se ubica en la progresiva 57+500.



Figura 6.11. Tramos críticos, progresiva 55+000-63+700

## 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 que, si 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. 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 6.12, se muestra la sección típica del dique.

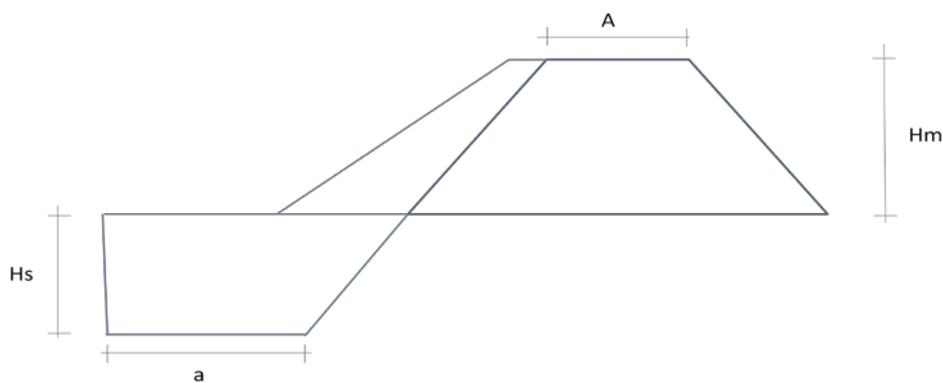


Figura 6.12. Sección típica del dique enrocado

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

#### **Tramo 0+000 – 5+000.**

El tramo crítico identificado, es vulnerable al desbordamiento y erosión, se recomienda la protección con dique, cuya función principal será proteger áreas agrícolas.

Considerando el ancho estable, sección teórica del cauce y revestido de roca, se recomienda las siguientes dimensiones del dique.

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	2.70	3.20	1.20	2.20	1.80	3.30	3.90	5.40

### Tramo 5+000 – 10+000.

En la margen derecha, se recomienda la proyección de un dique de 2.0 Km de longitud, que permitirá proteger el puente Nazareno, infraestructura de riego, vial y campos agrícolas. Considerando los diferentes niveles de agua a lo largo el tramo y las características del terreno, se propone las siguientes dimensiones

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	1.50	3.20	1.20	2.20	1.80	3.30	2.70	5.40

En la margen izquierda, se recomienda una batería de espigones, el cual permitirá reducir el ancho del cauce, proteger áreas de cultivo e infraestructura de riego.

### Tramo 10+000 – 15+000.

En la margen derecha, se recomienda la proyección de un dique de 2.0 Km de longitud, que permitirá proteger la infraestructura de riego, campos agrícolas y la toma Vallejo. Dejar de construir esta actividad se pondría en peligro unas 1831 ha adicionales. Se propone las siguientes dimensiones.

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	1.50	2.30	1.20	2.20	1.80	3.30	2.70	5.40

En los dos tramos críticos identificados, en la margen izquierda, se recomienda una batería de espigones, que permitirá reducir el ancho del cauce, proteger áreas de cultivo e infraestructura de riego.

**Tramo 15+000 – 20+000.**

En la progresiva 20+000, se propone la ejecución de diques, para proteger el puente Careaga, así como, áreas agrícolas.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	2.70	4.20	1.20	2.20	1.80	3.30	3.90	6.40

En la margen izquierda, en la progresiva 17+500 – 19+500, se recomienda una batería de espigones, el cual permitirá reducir el ancho del cauce, proteger áreas de cultivo e infraestructura de riego y vial.

**Tramo 20+000 – 25+000.**

En la margen izquierda, se propone la construcción de un dique, para proteger el puente Careaga, áreas de cultivos agrícolas, infraestructura de riego y vial. También se propone un dique de protección en la margen derecha para proteger al puente Careaga.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	1.70	2.2	1.20	2.20	1.80	3.30	2.90	4.40

En la margen derecha, en la progresiva 23+000 – 25+000, se recomienda una batería de espigones, el cual permitirá reducir el ancho del cauce, proteger áreas de cultivo e infraestructura de riego.

**Tramo 25+000 – 30+000.**

En la margen izquierda, se propone la construcción de un dique de 2.0 Km de longitud para proteger al puente Victoria, área agrícolas, infraestructura de riego y la toma Cartavio; dejar de hacer esta estructura se podría afectar 8151 ha.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	2.40	4.20	1.20	2.20	1.80	3.30	3.60	6.40

### Tramo 30+000 – 35+000.

En la margen izquierda, se propone la construcción de un dique de 4.0 Km de longitud para proteger a la carretera vía Cascas, así como áreas de cultivo y a la toma Chicamita, Si se dejara en cuenta la ejecución de esta obra, se pondría en peligro 4,552 ha

En la margen derecha, se propone un dique de 1.50 Km de longitud para proteger la toma Paijan, áreas de cultivo, infraestructura vial y de riego. Proteger la toma Paijan estaríamos asegurando la producción de 10,428 Ha.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	2.20	3.30	1.20	2.20	1.80	3.30	3.40	5.50

### Tramo 35+000 – 40+000.

En ambas márgenes, se propone la construcción de un dique de 5.0 Km de longitud para proteger a la carretera vía Cascas, así como áreas de cultivo, toma Facalá y Toma Ascope. La protección de estas dos tomas de captación, se garantiza la producción de 10,442 Ha.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	1.70	2.50	1.20	2.20	1.80	3.30	2.90	4.70

**Tramo 40+000 – 45+000.**

En la margen izquierda, se propone la construcción de un dique de 5.0 Km de longitud para proteger a la carretera vía Cascas, áreas de cultivo, canales de riego y al poblado de Sausal y a la toma de Barranca; esta toma abastece con agua a 1,842 Ha.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	2.20	3.70	1.20	2.20	1.80	3.30	3.40	5.90

**Tramo 45+000 – 50+000.**

En la margen izquierda, se propone la construcción de un dique de 5.0 Km de longitud para proteger a la carretera vía Cascas y áreas de cultivo.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	2.20	5.50	1.20	2.20	1.80	3.30	3.40	7.70

**Tramo 50+000 – 55+000.**

En la margen izquierda, se propone la construcción de un dique de 5.0 Km de longitud para proteger a la carretera vía Cascas y áreas de cultivo.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	3.20	5.20	1.20	2.20	1.80	3.30	4.40	7.40

**Tramo 55+000 – 63+700.**

En la margen izquierda, se propone la construcción de un dique de 5.0 Km de longitud para proteger a la carretera vía Cascas, áreas de cultivo, toma de Jaguey, Huabalito, y Mala Muerte. Por la margen derecha se propone un dique en la progresiva 57+500.

Con estas obras se estarían garantizando la durabilidad de las estructuras y el riego de 627 Ha.

	Variable								
	Ancho de corona (A)	Altura de dique-enrocado (Hm)		Altura de uña (Hs)		Ancho de uña (a)		Altura total (Ht)	
Dimensión (m)	4.00	1.80	3.70	1.20	2.20	1.80	3.30	3.00	5.90

### 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 La Libertad, municipalidades involucradas y de la Junta de Usuario.
- ✓ 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

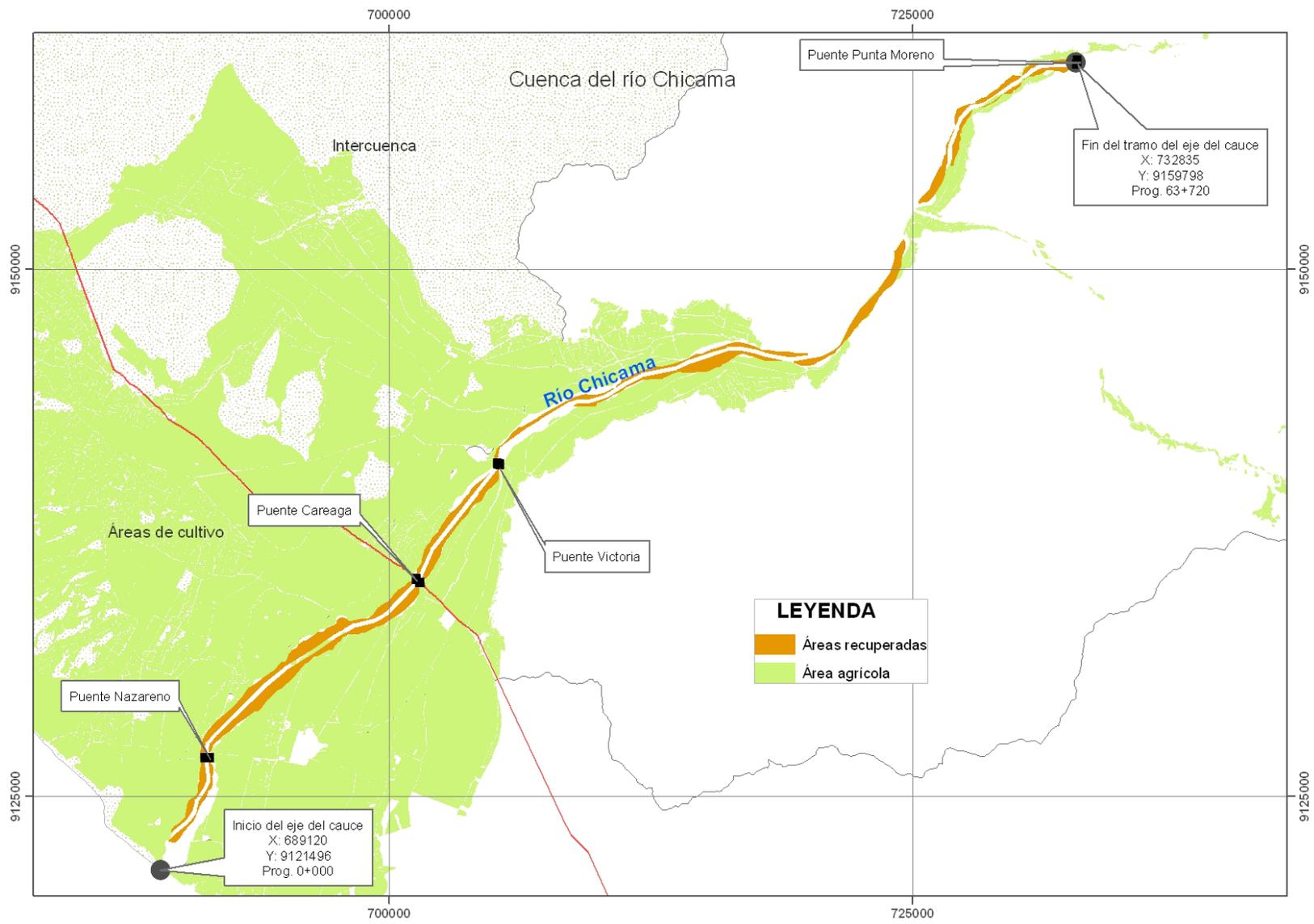
#### 7.1 Impactos ambientales

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; de aves como "gallinazo" (*Cathartes dura*), "Chisco" (*Mimus longicaudatus*), "perdiz" (*Nothoprocta* sp.), "gorrión peruano" (*Zonotrichia capensis*), "putilla" (*Pyrocephalus rubinus*); reptiles como "lagartija" (*Tropidurus* spp.), "saltojo" (*Phyllodactylus* sp.) y peces de río como "charcocha" (*Lebiasina bimaculata*), "life" (*Trichoamycterus* sp.) y "lisa" (*Mugil* sp.).

Un tratamiento integral del cauce del río Chicama, permitiría recuperar 2,300 Ha (figura 7.1) y reforestar, a través de programas a corto y mediano plazo. Lograr la reforestación de estas áreas, aportaría al medio ambiente la captura de 8,050 Tn/añoCO<sub>2</sub>; así como la liberación de 1,056 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.