



DIRECCION DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES

TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RIO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN LA CUENCA SANTA



Vol I: Memoria Descriptiva

Octubre - 2011

MINISTERIO DE AGRICULTURA

Ing. Miguel Caillaux Zazzalli
Ministro de Agricultura

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Hugo Eduardo Jara Facundo
Jefe

DIRECCION DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES

Ing. Jorge Luis Montenegro Chavesta
Director

Formulador
Ing. Tomás Alfaro Abanto

INDICE

RESUMEN.....	7
CAPITULO 1	9
INTRODUCCION.....	9
1.1 Propósito.....	9
1.2 Objetivos.....	9
1.3 Alcances del estudio	9
1.4 Antecedentes	10
1.5 Problemática	11
1.6 Definiciones	12
CAPITULO 2	15
INFORMACION BASICA DE LA CUENCA.....	15
2.1 Generalidades.....	15
2.1.1 Ubicación	15
2.1.2 Centros urbanos.....	16
2.1.3 Vías de comunicación	18
2.2 Características geomorfológicos	18
2.2.1 Área de la cuenca (A).....	19
2.2.2 Perímetro, longitud y ancho de la cuenca	19
2.2.3 Pendiente predominante del cauce	19
2.2.4 Altitud media	19
2.2.5 Coeficiente de compacidad (Kc).....	19
2.2.6 Factor de forma (Kf)	20
2.3 Características climatológicas.....	20
2.3.1 Precipitación.....	20
2.3.2 Temperatura.....	21
2.3.3 Humedad Relativa.....	21
2.4 Características geológicas	22
2.5 Red de drenaje	22
2.6 Ecología.....	24
2.7 Características socio-económico	27
2.8 Infraestructura hidráulica transversal	30
CAPITULO 3	33
GEOLOGIA	33
3.1 Generalidades.....	33
3.2 Geología Regional	34
3.3 Geomorfología	35
3.4 Litología y estratigrafía	38
3.4.1 Formación Chicama	38
3.4.2 Formación Casma	39

3.4.3	Formación Santa y Carhuaz.....	39
3.4.4	Volcánico Calipuy.....	40
3.4.5	Depósitos Cuaternarios.....	41
3.4.6	Rocas Intrusivas.....	41
3.5	Geología estructural.....	43
3.6	Geodinámica externa.....	46
3.7	Sismicidad.....	49
CAPITULO 4	50
CAUDALES MAXIMOS.....	50
4.1	Planteamiento.....	50
4.2	Método Estadístico.....	50
4.2.1	Análisis de caudales medias mensuales.....	50
4.2.2	Análisis de caudales máximos.....	53
4.2.3	Cálculo de caudales máximos por distribuciones probabilísticas.....	55
CAPITULO 5	65
ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE ESTABLE - EJE Y ANCHO ESTABLE DEL RÍO..	65	
5.1	Trazo del eje del río.....	65
5.2	Cálculo del ancho estable.....	69
CAPITULO 6	72
MODELAMIENTO HIDRAULICO.....	72
6.1	Simulación hidráulico en flujo estacionario: conceptos básicos.....	72
6.1.1	Flujo gradualmente variado.....	72
6.1.2	Condiciones de frontera.....	73
6.2	Información requerida para la simulación.....	74
6.2.1	Coeficientes de rugosidad.....	74
6.2.2	Caudales.....	76
6.2.3	Pendiente del cauce.....	76
6.2.4	Topografía.....	76
6.2.5	Modelo Digital de Terreno (MDT).....	77
6.2.6	Ancho estable teórico del cauce (B).....	78
6.3	Determinación del eje del río.....	78
6.4	Identificación de defensas ribereñas existentes.....	78
6.5	Trabajo previo con Sistema de Información Geográfica (preRas).....	80
6.6	Trabajo con HEC RAS.....	80
6.7	Post proceso con SIG.....	80
6.8	Plan de simulación.....	80
CAPITULO 7	81
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO	81
7.1	Evaluación de los parámetros hidráulicos.....	81
7.2	Secciones transversales.....	85
7.3	Llanura de inundación.....	85

CAPITULO 8	89
GESTION DE RIESGOS	89
8.1 Identificación de sectores críticos de desborde o vulnerables ante inundaciones	90
8.2 Propuestas de medidas estructurales de protección	100
8.2.1 Dimensiones tipo de los diques	101
8.2.2 Planteamiento de la ubicación de las estructuras de defensas ribereñas...	121
8.2.3 Programas de Forestación y reforestación	128
8.3 Medidas no estructurales	129
CAPITULO 9	130
IMPACTOS DEL ESTUDIO.....	130
9.1 Impactos ambientales	130
9.2 Impactos Socio - económicos	131
9.3 Impactos Institucional - político	131
CAPITULO 10	132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	132
10.1 conclusiones	132
10.2 Recomendaciones	132
ANEXOS.....	133

Listado de cuadros

Cuadro 1. Centros poblados ubicados dentro de la cuenca del río Santa.....	16
Cuadro 2. Características socio económicas	28
Cuadro 3. Caudales medios río Santa	52
Cuadro 4. Caudales máximos (m^3/s)	53
Cuadro 5. Caudales máximos para varios periodos de retorno, mediante funciones probabilísticas.....	64
Cuadro 6. Coordenadas del eje del río Santa	69
Cuadro 7. Resumen de valores del ancho estable	71
Cuadro 8. Valores del coeficiente de rugosidad para cauces naturales.....	75
Cuadro 9. Valores del coeficiente de rugosidad por tramos.....	76
Cuadro 10. Evaluación de defensas ribereñas	79
Cuadro 11. Niveles de tirantes o calados (m)	81
Cuadro 12. Velocidades del flujo (m/s)	82
Cuadro 13. Número de Froude	84
Cuadro 14. Áreas afectadas por las inundaciones.....	85
Cuadro 15. Tipos de cultivos afectados	87
Cuadro 16. Áreas afectadas indirectamente	88
Cuadro 17. Características de los sectores críticos, progresiva 0-5+000	90
Cuadro 18. Características de los sectores críticos, progresiva 5-10+000.....	91
Cuadro 19. Características de los sectores críticos, progresiva 10-15+000.....	93
Cuadro 20. Características de los sectores críticos, progresiva 15-20+000.....	94
Cuadro 21. Características de los sectores críticos, progresiva 20-25+000.....	95
Cuadro 22. Puntos críticos y características, progresiva 25-30+000	96
Cuadro 23. Puntos críticos y características, progresiva 30-35+000	97
Cuadro 24. Punto crítico en la bocatoma La Huaca, progresiva 35-45+000	98
Cuadro 25. Características de los puntos críticos, progresiva 45-50+000	99

Listado de figuras

Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Santa.....	16
Figura 2. Mapa de pobreza de la cuenca del río Santa.....	30
Figura 3. Bocatoma Chavimochic	31
Figura 4. Bocatoma La Huaca	32
Figura 5. Bocatoma La Víbora	32
Figura 6. Unidades geomorfológicas	37
Figura 7. Geología de superficie	48
Figura 8. Zonificación sísmica	49
Figura 9. Análisis doble masa.....	52
Figura 10. Análisis doble masa río Santa	53
Figura 11. Caudales máximos diarios Vs Caudales medios	55
Figura 12. Caudales máximos instantáneos Vs Caudales máximos	55
Figura 13. Tendencia de los datos históricos.....	64
Figura 14. Trazo para reducir curvas.....	66
Figura 15. Alineaciones circulares alternadas.....	66
Figura 16. Existencia de estructuras hidráulicas.....	67
Figura 17. Estrangulaciones naturales y predios agrícolas.....	67
Figura 18. Eje y ancho natural del río Santa	68
Figura 19. Ancho estable del río Santa.....	71
Figura 20. Topografía del río Santa	77
Figura 21. Modelo Digital de Elevaciones - TIN.....	78
Figura 23. Defensas ribereñas existentes.....	79
Figura 24. Perfil longitudinal de los niveles de agua del río	82
Figura 25. Perspectiva del flujo de agua del río Santa.....	82
Figura 26. Distribución longitudinal de la velocidad del flujo	83
Figura 27. Número de Froude, a lo largo del río Santa	84
Figura 28. Llanura de inundación para un periodo de retorno de 50 años	86
Figura 29. Llanura de inundación para un periodo de retorno de 25 años	86
Figura 30. Llanura de inundación para un periodo de retorno de 10 años	87
Figura 31. Sectores críticos del progresiva 0-5+000.....	91
Figura 32. Sectores críticos, progresiva 05 - 10+000.....	92
Figura 33. Sectores críticos del tramos 10 - 15+000.....	93
Figura 34. Sectores críticos, progresiva 15 - 20+000.....	94
Figura 35. Ubicación de los diques existentes, progresiva 20-25+000	95
Figura 36. Ubicación de los puntos críticos y diques existentes	96
Figura 37. Ubicación de los puntos críticos y diques existentes, progresiva 30-35+000.....	97
Figura 38, Ubicación del punto crítico a erosión	98
Figura 39. Ubicación de los puntos críticos, progresiva 45-50+000	99
Figura 40. Dimensiones del dique, para 228 m de ancho estable.....	102
Figura 41. Dimensiones del dique, para 122 m de ancho estable.....	103
Figura 42. Dique típico de gaviones.....	104
Figura 43. Especificaciones técnicas de diques de gaviones	105
Figura 44. Espigón conformado por gaviones.....	106
Figura 45. Espigón conformado por gaviones.....	107
Figura 46. Simulación considerando la sección estable del río.....	121

Figura 47. Estructuras proyectadas en el tramo 0-5+000	122
Figura 48. Estructuras proyectadas en el tramo 5-10+000	123
Figura 49. Estructuras proyectadas en el tramo 10-15+000	124
Figura 50. Estructuras proyectadas en el tramo 15-20+000	124
Figura 51. Ubicación inapropiada del dique en el tramo 20-25+000	125
Figura 52. Ubicación de dique proyectado en el tramo 25+30+000	126
Figura 53. Ubicación de estructuras de protección en el tramo 30-35+000	126
Figura 54. Ubicación de espigones en el tramo 35-45+000	127
Figura 55. Ubicación de estructuras de protección en el tramo 45-50+000	128
Figura 56. Áreas erosionadas e inundadas.....	129

RESUMEN

El presente documento trata del estudio “Tratamiento de cauce del río para el control de inundaciones en la cuenca del Santa”, estructurado en 8 capítulos.

El primer capítulo hace referencia a los objetivos del estudio, la problemática que sustenta la elaboración de este documento y a los trabajos de defensas ribereñas ejecutados por el Estado Peruano.

El segundo capítulo, describe las características de la cuenca, haciendo énfasis en las características geomorfológicas, climatológicas, geológicas, red de drenaje (ríos, quebradas y lagunas), ecología, socio económica e infraestructura hidráulica (bocatomas). El tema geológico es detallado en el capítulo 3.

El capítulo 4, hace referencia al cálculo del caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años. Los cálculos se realizaron tomando una data histórica de de dos fuentes de Electroperú y del Proyecto Chavimochic; que van desde el año 1958 hasta el 2008.

En el capítulo 5, se establece los criterios para el trazo del eje del río, siendo el régimen hidrológico y la sinuosidad los factores físicos más importantes que condicionan la estabilidad del cauce.

La simulación hidráulica del río Santa y los resultados, se describe en el capítulo 6 y 7. Cabe indicar que la simulación es en flujo estacionario y en régimen mixto (supercrítico y subcrítico). Se ha empleado el modelo hidráulico unidimensional HEC RAS, el módulo HEC GeoRAS y el *software* ArcGis 9.3, para la representación de los mapas temáticos.

La gestión de riesgos, comprende el análisis de la vulnerabilidad de las zonas inundables, ante la presencia de caudales grandes y la propuesta de medidas estructurales y no estructurales para mitigar los efectos de los desbordes de agua. Este

El capítulo 9, trata sobre los impactos positivos y negativos que generan la ejecución de proyectos o programas sobre defensas ribereñas; en tal sentido se deben tener en cuenta las recomendaciones de este capítulo, cuando se elaboren estudios de perfiles, factibilidad o expediente técnicos. Finalmente, el capítulo 8, está referido a las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 Propósito

Contar con un documento de gestión del recurso hídrico 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 ordinarias y extraordinarias.
- ✓ Determinar la llanura de inundación en régimen permanente, para periodos de retorno 10, 25 y 50 años.
- ✓ Proponer medidas estructurales y no estructurales para el plan de tratamiento del río Santa.

1.3 Alcances del estudio

El estudio de tratamiento del río Santa comprende el tramo desde la desembocadura en el mar progresiva 0+000; hasta la progresiva 50+000 a la altura del centro poblado Tablones; una longitud de 50 kilómetros, corresponde a la parte baja y media de la cuenca.

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.

Antes de la Reforma Agraria, las haciendas importantes y entidades privadas involucradas en el manejo y administración del agua, asumieron la responsabilidad del mantenimiento y construcción de obras de defensa ribereña.

En la Reforma Agraria y la promulgación de la Ley General de Aguas, el Estado asume el mantenimiento de los cauces de los ríos, mediante obras de encauzamiento y protección de sus márgenes; su accionar era más intenso en las épocas de máximas avenidas; la intervención de los agricultores era mínimo, más bien pasivo y el Estado desempeñó un papel más activo.

Durante los años 1997 a 1998, el Ministerio de Agricultura adquirió maquinaria pesada como excavadoras, tractores de orugas, cargadores frontales y volquetes para realizar trabajos de descolmatación de ríos, quebradas, drenes y reforzamiento de obras de captación en prevención del Fenómeno El Niño 1998.

En el periodo de 1999 al 2009 el Ministerio de Agricultura ha ejecutado acciones, en los ríos del País, para disminuir problemas de inundaciones; estas acciones se ejecutaron con el Programa de Encauzamiento de Ríos Y Protección de Estructuras de Captación-PERPEC. El programa, ejecutó obras de prevención y acciones de contingencia, con una inversión de más de 400 millones de soles, para 1800 proyectos, beneficiar a mas de 700 mil Familias y proteger más de 800 mil ha.

Bajo este convenio, en el valle del río Santa, 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.

1.5 Problemática

La ocurrencia de inundaciones en el País y su relación con los eventos extremos y los impactos económicos y sociales, ocurridas en el ámbito de las cuencas de las tres vertientes: Pacífico, Amazonas y del Titicaca; han originado anegamiento de calles y viviendas, desborde de canales, corte de carreteras, interrupción de suministro de agua y contaminación, inundación y erosión de predios agrícolas y falla de drenes.

El desarrollo de las ciudades y su expansión han invadido la faja marginal (por lo general están asentadas las poblaciones de más bajos recursos), obstruyendo los cauces naturales de los ríos y quebradas, reduciendo su capacidad de conducción

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 Santa, 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 defensas ribereña, cobertura vegetal casi inexistentes, cauces colmatados, etc.

1.6 Definiciones

Algunas de las definiciones que se mencionan fueron extraídas de la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento N° 29338.

- **Programas Integrales de Control de Avenidas.** El programa integral de control de avenidas comprende el conjunto de acciones estructurales y no estructurales destinadas a prevenir, reducir y mitigar riesgos de inundaciones producidas por las avenidas de los ríos. Involucra proyectos hidráulicos de aprovechamientos multisectoriales y obras de encauzamiento y defensas ribereñas.
- **Acciones de prevención contra las inundaciones.** Consideran la identificación de puntos críticos de desbordamiento por la recurrencia de fenómenos hidrometeorológicos y de eventos extremos, que hacen necesaria la ejecución de actividades permanentes de descolmatación de cauces, mantenimiento de las pendientes de equilibrio y construcción de obras permanentes de control y corrección de cauce.
- **Acciones estructurales y no estructurales para el control de avenidas.** Permitan el control, prevención y mitigación de los efectos de los fenómenos naturales destinados a la protección de los bienes asociados al agua naturales o artificiales, tierras, poblaciones aledañas, vías de comunicación e infraestructura.
- **Acciones no estructurales.** Constituye la zonificación de zonas de riesgo; sistema de alerta temprana; operación de embalses y presas derivadoras en épocas de avenidas.
- **Acciones estructurales.** Constituye obras de defensa, embalses de regulación, obras de defensas provisionales, defensas vivas obras de encauzamiento y otras obras afines.
- **Obras de defensa.** Constituyen obras de defensa las que se ejecutan en

las márgenes de los cursos de agua, en una o en ambas riberas. Las obras de defensa ribereñas son las obras de protección de poblaciones, infraestructura de servicios públicos, tierras de producción y otras contra las inundaciones y la acción erosiva del agua

- **Embalses de regulación.** Constituyen obras indirectas de defensas, cuando su capacidad permita el control de avenidas o atenúe de manera significativa la magnitud de las crecientes.
- **Obras de defensas provisionales.** Son obras de defensas provisionales, aquellas que se llevan a cabo para controlar la inundación y erosión del agua, y que por su carácter de expeditivas no ofrecen razonable seguridad en su permanencia. Caben en esta clasificación las obras de defensa que se ejecutan en situaciones de emergencia.
- **Defensas vivas.** Constituyen defensas vivas, la vegetación natural que se desarrolla en las riberas y márgenes de los álveos, así como la sembrada por el hombre para procurar su estabilización.
- **Obras de encauzamiento.** Constituyen obras de encauzamiento las que se ejecutan en las márgenes de los ríos en forma continua para formar un canal de escurrimiento que permita establecer el cauce del río o quebrada dentro de una zona determinada. En principio, las obras de encauzamiento tienen prioridad sobre las de defensa para la solución integral de los problemas creados por las avenidas extraordinarias.
- **Dique con enrocado.** Son medidas estructurales permanentes paralelas al flujo del agua, que se construyen en la margen del cauce del río. Conformado a base de material de río dispuesto en un cuerpo de forma trapezoidal compactado y revestido con roca en su cara húmeda. Permite contrarrestar los efectos erosivos del río.
- **Muro de gaviones.** Estructuras flexibles permanentes y paralelas al flujo del, que se construyen en la margen del cauce del río. Construidos con cajas de malla hexagonal tejida a doble torsión, compuesto de alambre

galvanizado. Son colocados unos tras otro y uno sobre otro, llenados con cantos rodados que se encuentran en los cauces de los ríos. Son apropiados en zonas de ríos con pendiente suave y baja velocidad.

- **Diques con colchones antisocavantes de mallas.** Son medidas estructurales permanentes paralelas al flujo del agua, que se construyen en la margen del cauce del río. Consiste en un cuerpo compactado y protegido con mallas de alambre tipo colchón llenados en base a cantos rodados. Es recomendable emplear en tramos en tangente o curvas amplias de zonas por proteger o que hayan sido erosionados.
- **Espigones.** Son estructuras permanentes y trabajan en conjunto, son empleados, cuando se desee orientar en forma convergente los cursos de agua o existan cauces demasiado amplios y de fácil erosión. Son ubicados en forma transversal al flujo del agua y pueden ser con roca o malla de gaviones.
- **Barcas, caballetes, gallineros.** Son estructuras temporales de forma paralela al flujo del agua, constituidos con troncos amarrados con alambre y una plataforma sobre la cual se colocará de preferencia cascote o rocas de 8 pulgadas de diámetro para dar estabilidad en longitudes continuas.
- **Cauce o álveo.** Continente de las aguas durante sus máximas crecidas, constituye un bien de dominio público hidráulico.
- **Riberas.** Áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos y lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el nivel de su máxima creciente. No se consideran las máximas crecidas registradas por eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico.
- **Faja marginal.** Área inmediata superior al cauce o álveo de la fuente de agua, natural o artificial, en su máxima creciente, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico.

CAPITULO 2

INFORMACION BASICA DE LA CUENCA

2.1 Generalidades

2.1.1 Ubicación

El río Santa nace en la laguna Aquash, ($9^{\circ}56'40''S$, $77^{\circ}11'44''O$), ubicada en el extremo sudeste del Callejón de Huaylas, a una altitud aproximada de 3,944 m.s.n.m., en la provincia de Recuay, departamento de Ancash. Ésta vierte sus aguas a la laguna Conococha ($10^{\circ} 07' 42''S$, $77^{\circ} 16' 59''O$), a través del río Tuco. A partir de la laguna Conococha, el río toma el nombre de Santa. Atraviesa el Callejón de Huaylas de sur a norte y el Cañón del Pato, siguiendo un curso noreste-sudoeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, al norte de la ciudad de Chimbote.

La cuenca hidrográfica del río Santa, se ubica en la costa norte del Perú, vertiente del Pacífico, abarca el departamento de Ancash, de forma total o parcial las provincias de Bolognesi, Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay, Huaylas, Corongo, Pallasca y Santa; y el departamento de La Libertad las provincias de Santiago de Chuco y Huamachuco.

Geográficamente, se encuentra comprendido entre los paralelos $10^{\circ} 08'$ y $8^{\circ} 04'$ de Latitud Sur y los meridianos $78^{\circ} 38'$ y $77^{\circ} 12'$ de Longitud Oeste de Greenwich.

Altitudinalmente, abarca desde el nivel del mar hasta la línea de divisorias de aguas de las cuencas de los ríos Marañón y Santa, cuyo punto más alto comprende el Nevado Huascarán (6,768 m.s.n.m.) y por el lado oeste con la Cordillera Negra, que es la divisoria con las cuencas Fortaleza, Huarmey, Casma Sechín, Nepeña y Lacramarca (ver figura1).

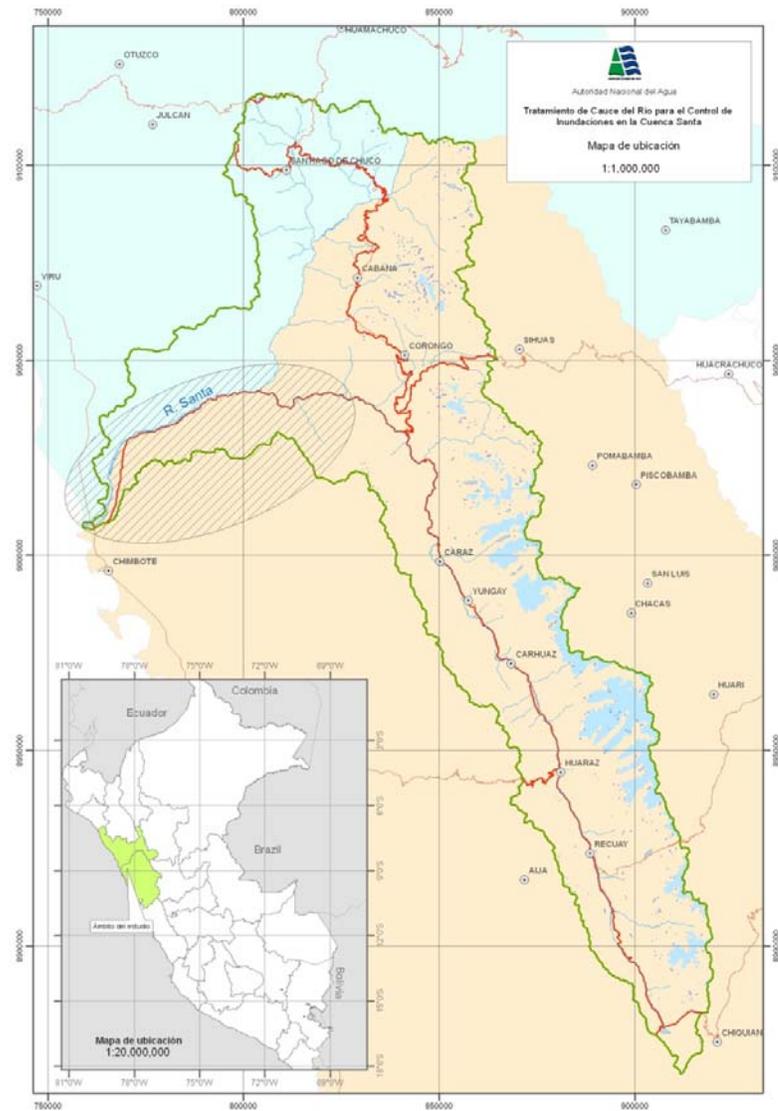


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Santa

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Centros urbanos

En el cuadro 1, se indica los centros urbanos (capitales de distrito), ubicados dentro de la cuenca del río Santa.

Cuadro 1. Centros poblados ubicados dentro de la cuenca del río Santa

Departamento	Provincia	Distrito	# C.P.	Población
Ancash	Recuay	Catac	3	2,815
		Ticapampa	2	1,669
		Recuay	6	3,536
	Huaraz	Olleros	5	2,082
		Huaraz	11	51,589
		Independencia	32	58,117
		Tarica	11	3,589
		Jangas	9	3,452
	Carhuaz	San Miguel de Aco	7	1,910
		Pariahuanca	2	709
		Anta	5	1,250
		Marcara	20	7,039
		Acopampa	4	1,910
		Carhuaz	16	11,320
		Shilla	7	3,002
		Tinco	6	2,389
		Ataquero	2	499
		Amashca	2	1,013
	Yungay	Mancos	15	5,254
		Shupluy	4	760
		Cascapara	5	1,090
		Ranrahirca	7	2,183
		Yungay	34	16,097
		Matacoto	1	218
	Huaylas	Pueblo libre	18	5,148
		Caraz	29	22,248
		Huata	6	228
		Santa Cruz	6	2,699
		Mato	5	1,619
		Huaylas	3	1,329
		Yuracmarca	3	1,120
		Huallanca	1	400
	Santa	Santo Toribio	4	1,095
		Macate	4	915
	Corongo	Chimbote	33	213,395
		La Pampa	2	1,035
		Yanac	2	531
		Cusca	6	2,006
		Aco	2	523
		Corongo	2	1,495
Yupan		1	689	
Bambas	2	394		

	Pallasca	Santa Rosa	3	834
		Llapo	1	679
		Tauca	3	1,965
		Cabana	2	2,050
		Bolognesi	2	788
		Huandoval	1	709
		Conchucos	10	6,664
		Huacaschuque	2	459
		Pallasca	2	1,077
		Lacabamba	1	378
		Pampas	10	5,556
La Libertad	Santiago de Chuco	Mollepata	8	2,070
		Mollebamba	3	1,210
		Angasmarca	11	6,052
		Santa cruz de chuca	9	3,020
		Cachicadan	11	5,610
		Quiruvilca	19	11,537
		Santiago de chuco	44	17,443
	Viru	Chao	16	20,813
		Guadalupito	5	5,952

Fuente: INEI, Censo 2007

2.1.3 Vías de comunicación

La principal vía de acceso hacia la parte baja y media de la cuenca es la Panamericana Norte, cruza el río Santa a través de un puente. Permite unir las ciudades de Barranca, Huarmey, Casma y el resto del Norte y Sur del País.

Otras alternativas para el ingreso hacia la zona media y alta de la cuenca es por la carretera de penetración que parte de Barranca, uniendo los poblados de Conococha, Cátac, Ticapampa, Recuay, Huaraz, Jangas, Anta, Carhuaz, Mancos, Yungay, Caraz, Huallanca, Yuracmarca y Chuquicara. La vía que parte de Chimbote, permite unir los poblados de Rinconada, La Toma, Vinzos, Tablones, Chuquicara, Tauca, Cabana, Bolognesi, Huandoval, Lacabamba, Pallasca, Conchucos, etc.

2.2 Características geomorfológicas

2.2.1 Área de la cuenca (A)

Definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

La Cuenca del río Santa tiene una superficie de 11,668 km², de los cuales el 88% corresponde a la cuenca húmeda, es decir donde las precipitaciones producen escorrentías superficiales (ONERN).

2.2.2 Perímetro, longitud y ancho de la cuenca

El perímetro (P) de la cuenca es 960 Km y representa la línea de divorcio de la hoya

Desde sus nacientes hasta la desembocadura tiene un recorrido de 316 Km.

El ancho (W), se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L), haciendo uso de la relación $W=A/L$, resulta un ancho de 37 Km.

2.2.3 Pendiente predominante del cauce

La pendiente promedio de todo el cauce del río es 1.4%, se hace más pronunciada en el sector de 13 Km de longitud comprendido entre las desembocaduras de las quebradas Cedros y Quitaracsa, que forma el denominado "Cañón del pato", donde alcanza una pendiente de 4%.

2.2.4 Altitud media

Es el promedio de las elevaciones presentes en la cuenca y corresponde a 2,098 m.s.n.m.

2.2.5 Coeficiente de compacidad (Kc)

Este está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la cuenca hidrográfica. Haciendo uso de la relación $Kc \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$, el coeficiente de compacidad es 2.5.

2.2.6 Factor de forma (Kf)

Se define como el cociente entre el ancho promedio del área de la cuenca y la longitud. Haciendo uso de la relación $Kf/A/L2$, se tiene un factor de forma de 0.12.

2.3 Características climatológicas

Por encima de los 3,500 msnm, predomina un clima frío, húmedo y seco en invierno. La Cordillera Blanca, se ubica en el flanco oriental de la cuenca del río Santa y sobre este sector predomina el clima de nieve perpetua, a partir de los 4,800 msnm.

La Cordillera Blanca al este y la Cordillera Negra al oeste, forman el Callejón de Huaylas o valle del río Santa; entre los 1,800 m a 2,800 m de altitud, donde se ubican ciudades como Yungay, Caraz, Carhuaz y Huaraz y predomina el clima seco en otoño, invierno y primavera, templado y húmedo en verano.

Entre los 3,000 m y 3,500 m de altitud predominan condiciones de sequedad en gran parte del año, con lluvias de menor frecuencia en comparación al valle y condiciones térmicas semifrías. Las precipitaciones ocurren en verano y son fundamentalmente orográficas, es decir resultantes de la condensación del vapor de agua de la masa de aire que descargan, especialmente en los valles interandinos. En estas condiciones se desarrollan ciudades como Recuay, Corongo, Cabana y Santiago de Chuco.

El sector de la cuenca, entre los 0 – 900 msnm, presenta un clima árido y semicálido, predominando una agricultura intensiva bajo riego (SENAMHI, 1988).

2.3.1 Precipitación

La precipitación total multianual presenta valores desde 5 mm año (en la costa, al oeste y parte baja de la cuenca), hasta 1,400 mm año (al norte y parte alta de la cuenca del río Santa).

La precipitación aumenta de oeste a este, acumulando más de 500 mm año en lugares por encima de los 2,500 msnm. Las precipitaciones más intensas se presentan en la zona fronteriza del norte y por encima de los 3,500 msnm. La precipitación acumula menos de 400 mm al año al oeste de la parte sur de la cuenca; mientras, al este de la misma zona (por Milpo) se presentan acumulados entre 1,000 y 1,200 mm año. (SENAMHI, 2009).

2.3.2 Temperatura

La temperatura máxima anual en la cuenca varía entre 18 °C a 24 °C. En la zona del valle (Anta y Yungay), se registran temperaturas máximas superiores a los 24 °C, lo mismo que en las partes bajas de la cuenca. En las zonas de Salpo y Chavín ubicadas en el sur de la cuenca y en el norte cerca a Quiruvilca, la temperatura máxima presenta valores menores a 18 °C.

La temperatura mínima promedio multianual varía entre los 14 - 16 °C en la parte baja de la cuenca, adyacente al mar (provincia de Santa). En la parte media, en el valle, la temperatura mínima anual oscila entre 4 – 14 °C, y en las partes ubicadas por encima de los 4,000 msnm, correspondiente a las nacientes del río Santa (sector sur) y las áreas glaciares, la temperatura mínima es menor a 4 °C, (SENAMHI, 2009).

2.3.3 Humedad Relativa

La humedad relativa es mayor en la Costa (81%) que en la Sierra (61%), en el primer sector es de régimen invernal y en el segundo sector el régimen es más veraniego.

2.4 Características geológicas

La Cordillera Blanca es un gran batolito de granodiorita de edad Terciaria superior, limitada por sedimentos del Cretáceo y por depósitos de morrenas glaciares del Pleistoceno. Localmente, la Cordillera Blanca está cubierta por sedimentos más antiguos y por rocas volcánicas de la Formación Calipuy. Los principales eventos estructurales en la región han sido la compresión, plegamiento y sobre escurrimiento del basamento sedimentario, seguido por la erupción del volcánico Calipuy, la intrusión del batolito de la Cordillera Blanca y la formación del graben del Callejón de Huaylas (valle del Río Santa). Las tendencias estructurales dominantes en la región son una que tiene rumbo noroeste (que corresponde a la del Río Santa) y otra con rumbo noreste (estructuras secundarias que atraviesan el valle).

En la Cordillera Negra, el volcánico Calipuy alberga depósitos minerales de plata, plomo, zinc, cobre y oro controlados estructuralmente. Los depósitos están asociados con un cinturón de alteración hidrotermal de 70 km. de longitud, que corre paralelo al valle del Río Santa y que muestra una tendencia noroeste.

La mineralización ocurre principalmente en vetas y en yacimientos menores de alteración, confinados entre estructuras que muestran una tendencia noreste y este-oeste que interceptan las estructuras dominantes cuyo rumbo es noroeste.

El depósito de la Mina Pierina se ubica en el lado oriental de la Cordillera Negra, que está conformada por sedimentos del Jurásico Superior al Cretáceo Superior (margas, pizarras, calizas, y clásticos continentales) que tienen una potencia total de más de 5,500 m. Los sedimentos están cubiertos por material volcánico del Grupo Calipuy (andesitas, dacitas y riocitas) depositado desde el Eoceno Superior al Mioceno Inferior.

2.5 Red de drenaje

Gran parte de su recorrido se da sobre un valle de origen tectónico, encajonado por la Cordillera Blanca y Negra.

Aguas debajo de la laguna de Conococha, recibe sus principales afluentes de

la Cordillera Blanca, hacia la margen derecha y cubierta de nieves perpetuas. Conforme avanza hacia el Noroeste, se torna más tumultuoso y violento hasta que en el lugar denominado Cañón del Pato, rompe la cordillera Negra, girando en una curva hacia la izquierda hasta la desembocadura.

Los principales afluentes por la margen derecha son los ríos Tuco (Patishgo), Shiqui, Pachacoto, Yacucancho (Querococha), Ollero, Jauna, Pariac, Quillcay, Casca, Monterrey, Ishinca, Marcará (Honda, Changos), Buin (Uita), Ranrahirca (Llanganuco), Ancash, Llullan (Parón), Blanco (Colcas), Los Cedros, Quitaracsa, Coronguillo, Manta y Tablachaca.

Río Tuco. Tiene como fuente de agua las lagunas Yanacocha y Aguascocha, siendo la naciente las quebradas Collota y Tishgo, ubicado en la localidad de Conococha.

Río Pachacoto. Tiene como fuente de agua los deshielos de los nevados de la Cordillera Blanca, las lagunas de Verdecocha y Raria, siendo la naciente las quebradas de Shiusha, Pumapampa y Mashra.

Río Yanayacu. Tiene como fuente de agua los deshielos de los nevados de la Cordillera Blanca, la laguna de Querococha; siendo su naciente las quebradas Querococha, Grande, Queshgue Punquishga, ubicado en el distrito de Catac.

Río Olleros (Negro). Tiene como fuente de agua los deshielos de los nevados de la Cordillera Blanca, las lagunas de Verdecocha, Huamanpinta y quebradas de Araranca, Quilloc, Uquian, Rurec, Puyhuan, ubicado en el distrito de Olleros.

Río Seco. La principal fuente son las precipitaciones durante los meses de de diciembre a abril, se ubica en el distrito de Huaraz

Río Quillcay. La fuente principal son los deshielos de los nevados de la Cordillera Blanca; así, como las lagunas de Churup, Shallap, Cuchilla,

Tulpacocha, Cojup.

Río Casca. La fuente principal son los deshielos de los nevados de la Cordillera Blanca; así, como de la laguna de Llaca y de las quebradas de Yanacancha y Tranca, ubicado en el distrito de Independencia.

Río Monterrey. Tiene como fuente la laguna Ahuac, ubicado en el distrito de Independencia.

Por la margen izquierda cuenta con un solo afluente, aguas abajo del Cañón del Pato; el río Quihua. Aquellos que tienen régimen irregular y temporal, en tiempos de lluvias tenemos: Utcuyacu, Pampacancha, Santa Catalina, Yacash, Poyor, San Luis, Ampu, Santo Toribio, Pueblo Libre, Huata, Puca Huaylas, Tambo y Molinete.

2.6 Ecología

La descripción de las formaciones ecológicas, de la cuenca del río Santa.

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

Va desde el litoral hasta una altitud de 660 m.s.n.m. Presenta un clima per-árido con temperaturas semi-cálidas, con precipitaciones que van desde los 17 mm en el valle y 100 mm, en el límite superior de la siguiente Formación. Las temperaturas medias varían de los 18 a 22 °C.

Presenta dos partes una plana a ligeramente ondulada, que comprende el valle agrícola y las pampas eriazas; y la otra semi-accidentada, que comprende al sector Pampas y colinas per-áridas.

Se caracteriza por presentar una vegetación natural compuesto por *Tillandsia* sp., que va disminuyendo hacia la parte superior, donde es reemplazado por especies cactáceas; en la parte baja de valle, se nota la presencia de “Gramma salada”. También, se aprecia el huarango y algarrobo en las áreas cercanas a los cauces. Cerca a las áreas húmedas de los cauces se observa especies como el molle, sauce y carrizales.

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

Se extiende a partir de la formación Desierto Pre-Montano hasta una altitud aproximada de 2,000 m.s.n.m., hasta las proximidades de los poblados de Yanac (río Manta) y Pallasca (río Chuquicara).

Presenta un clima árido y semi-cálido, con variaciones de precipitación que va desde los 100 mm en la parte inferior hasta 250 mm, en el nivel más alto; con una temperatura media de 20°C.

Presenta tres áreas definidas: una, relativamente plana, constituido por la continuación del valle agrícola. Otra, conformado por los terrenos agrícolas de las quebradas y piedemonte, de relieve ondulado a semi-accidentado. La tercera, corresponde al sector de montañas áridas, con relieve accidentado. Los suelos son de origen aluvial y coluvial en las áreas agrícolas, y residual en el área de montañas áridas de textura gruesa.

La vegetación está compuesta por cactáceas del tipo “gigantón” y “candelabro”. En las áreas secas de las quebradas, se observa huarangos y en las márgenes de ríos con caudal periódica, se observa molle, sauce y taro.

c. Formación Estepa Espinosa Montano Bajo (ee-MB)

Se extiende hasta los 2,900 m.s.n.m., presenta un clima semi – árido y templado, con precipitaciones que van desde los 250 y 380 mm anuales, desde el nivel inferior hacia la parte más alta. La temperatura promedio es de 14°C, sin embargo hay temporadas con temperaturas de congelamiento durante los meses de Julio a Agosto.

La formación presenta dos áreas definidas: una conformada por el área agrícola de ladera y piedemonte de relieve semi – accidentado, con terrenos residuales y coluviales; y la segunda conformada por montañas semi-árida muy accidentadas.

La vegetación natural está conformado por gigantones, candelabros, tunas, taro, acacias, molle, sauce, carrizo, higuierillas, ágaves, retamales, alisos, fresnos, nogales y capulí. En las zonas cercas a los cultivos, sobresalen el

pate o pasayo, chamico, cadillo o amor seco y cebadilla.

d. Formación Estepa Montano (e-M)

Se extiende hasta los 3800 m.s.n.m., comprende el área entre la Quebrada Orbón y la Cordillera Chugures.

Se caracteriza por presentar un clima sub- húmedo y frío, con precipitaciones que van desde los 380 a 500 mm anuales. La temperatura promedio es de 11°C.

La formación presenta dos partes bien definidas: una constituida por el área agrícola de relieve semi-accidentado a accidentado; y la otra conformada por las montañas sub-húmedas de relieve muy accidentado.

La vegetación natural está conformado por especies de la formación anterior y por especies como ágave, molle, retama y gramíneas como la Festuca spp y Calamagrostis spp.

e. Formación Bosque Seco Montano

Esta formación alcanza hasta los niveles entre los 2,900 -2,800 m.s.n.m., que se adentra por el Callejón de Huaylas hasta la localidad de Pachacoto. Presenta un clima húmedo y frío, con precipitaciones promedios de 700 mm anuales. La temperatura promedio anual es de 11°C.

Presenta dos áreas definidas: un área agrícola de ladera y valle inter-andino, de relieve ondulado a semi-accidentado.

La vegetación natural está conformada por las mismas especies de la formación anterior, en las quebradas, se observa especies herbáceas arbóreas, arbustivas y arbóreas, hacia el nivel superior se aprecian pajonales de gramíneas forrajeras.

f. Formación Páramo Muy Húmeda Sub Alpino (pmh-SA)

Se extiende entre los 3,800 y 4,800 m.s.n.m., presenta un clima muy húmedo y frígido, con precipitaciones que van desde los 800 a 1000 mm anuales y

temperatura promedio anual de 5°C.

La topografía es variada, presentando sectores de relieve ondulado a semi-accidentado y sectores muy accidentada.

La vegetación natural predominante son las gramíneas de tipo forrajero y de forma diseminada especies arbustivas y arbóreas de los g{eneros Polylepis, Buddleia y Escallonia, que conforman los bosques residuales.

g. Formación Tundra Pluvial Alpino (tp-A)

Esta formación presenta un clima de tipo pluvial y gélido, con precipitaciones mayores a 1000 mm anuales y temperaturas de congelación casi permanentes, con la presencia de especies vegetales hemicriptofíticas almohadilladas o arrosetadas. La topografía es muy accidentada.

2.7 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 departamento de Ancash cuenta con una población de 1'063,459 habitantes, de los cuales el 64% están asentadas en zonas urbanas (682,954 habitantes) y el 36% en zonas rurales (380,505).

La tasa de analfabetismo promedio en la cuenca, correspondiente a los distritos de la región Ancash es 18%; el distrito de Shilla, es el de mayor índice de analfabetismo con 42.3%. En La Libertad el promedio es 14% y el distrito de Mollepata es el tiene el mayor porcentaje de analfabetismo con 21.9%.

En la región Ancash, el 70% de las personas asiste al Sistema Educativo Regular, mientras que para la región La Libertad, corresponde el 64%.

Con respecto a carencias de servicios básicos, el 12.5% de las viviendas de la región de Ancash, carece de agua, desagüe y alumbrado; de los cuales el mayor porcentaje es para el distrito de Huayllas, con el 48.9%. En la región La

Libertad, el 27.6% de las viviendas carece de estos servicios, de los cuales el mayor porcentaje cae en el distrito de Santiago de Chuco con 46.6%.

La principal actividad es la agricultura, ganadería, caza y silvicultura; en promedio el 55.5% de la PEA se dedica a esta actividad; a excepción de Huaraz y Chimbote que la principal actividad es el comercio con un porcentaje de la PEA del 22%. En La Libertad, el 47.7%, se dedica a la agricultura, ganadería, caza y silvicultura, como actividad principal, a excepción de los distritos de Angasmarca y Quiruvilca, cuya actividad más importante es la explotación de minas y canteras, con 44 y 39% respectivamente, cuadro 2.

Cuadro 2. Características socio económicas

Departamento	Provincia	Distrito	Analfabetismo (%)	Asistencia al Sistema Educativo Regular (%)	Vivienda con abastecimiento de agua	Vivienda con servicio higiénico	Vivienda con alumbrado eléctrico	% de viviendas sin agua, desagüe, ni alumbrado	PEA	PEA (%) (agricultura, ganadería, caza y silvicultura)
Ancash	Recuay	Catac	10.9	75.4	631	548	612	22.5	1,345	33.8
		Ticapampa	11.5	75.1	525	324	468	9.1	661	21.8
		Recuay	11.1	81.1	1,078	695	847	7.4	1,333	25.9
	Huaraz	Olleros	23.2	73.2	616	413	583	6.7	774	62.7
		Huaraz	7.4	77.8	11,171	10,290	10,897	4.2	23,207	9.1
		Independencia	9.4	77.2	13,848	12,198	13,082	2.9	23,219	17.3
		Tarica	22.7	68.2	971	867	1,036	5.2	1,890	53.5
		Jangas	23.6	67.8	969	818	865	1.8	1,511	48.4
		San Miguel de Aco	33.2	67.6	447	506	453	5.2	700	65.2
	Carhuaz	Pariahuanca	19.3	58.4	336	244	317	4.9	459	51.0
		Anta	21.0	73.0	432	192	363	15.7	749	61.0
		Marcara	32.2	62.3	1,505	827	1,558	9.0	2,394	63.5
		Acopampa	19.6	71.8	561	395	492	5.8	861	48.5
		Carhuaz	26.3	66.1	2,823	2,067	2,716	9.1	4,525	49.1
		Shilla	42.3	63.8	772	399	675	4.8	1,294	71.5
		Tinco	16.0	73.8	565	478	559	7.0	993	56.5
		Ataquero	30.8	70.3	312	110	285	12.8	371	83.8
		Amashca	33.1	70.7	402	158	312	5.2	469	74.4
		Yungay	Mancos	23.2	73.6	1,596	1,531	1,366	2.2	2,235
	Shupluy		32.3	60.0	312	284	157	26.6	630	76.4
	Casapara		32.8	52.2	294	352	80	10.8	584	89.5
	Ranrahirca		20.1	70.2	530	491	556	8.7	951	64.4
	Yungay		21.5	70.8	3,581	3,202	3,084	7.6	7,397	53.4
	Matacoto		25.4	69.9	246	209	176	10.0	515	66.9
	Huaylas	Pueblo libre	32.4	59.8	1,346	755	1,072	8.9	1,837	74.0
		Caraz	15.6	69.2	4,621	3,877	3,821	6.7	8,576	36.9
		Huata	15.9	70.9	340	289	302	2.6	419	74.0
		Santa Cruz	34.5	64.5	260	551	591	23.4	953	73.7
		Mato	17.0	71.7	483	448	431	5.1	556	64.7
		Huaylas	11.9	73.7	2	79	272	48.9	548	69.0

		Yuracmarca	25.4	77.0	138	217	263	34.8	539	62.7
		Huallanca	12.5	66.2	104	194	206	5.6	531	51.8
		Santo toribio	8.7	77.6	150	211	306	15.6	307	64.1
	Santa	Macate	8.6	58.8	625	662	713	10.9	1,105	80.2
		Chimbote	4.2	72.0	41,042	42,396	40,635	1.6	82,878	9.4
	Corongo	La Pampa	13.5	71.7	263	203	247	1.4	382	33.2
		Yanac	11.7	75.7	163	106	144	3.9	191	59.3
		Cusca	13.8	74.7	297	199	275	33.9	768	58.3
		Aco	13.9	79.3	0	77	120	8.8	160	76.3
		Corongo	17.4	74.7	442	314	335	8.0	589	46.8
		Yupan	7.0	63.4	134	92	130	4.8	300	37.2
		Bambas	7.2	60.9	0	40	36	46.3	179	83.8
	Pallasca	Santa Rosa	12.0	65.9	255	264	253	8.2	466	60.6
		Llapo	8.1	80.1	4	15	143	3.8	223	50.0
		Tauca	11.6	71.0	607	638	635	5.1	873	58.8
		Cabana	8.5	70.0	44	471	589	8.2	920	38.2
		Bolognesi	8.6	73.4	5	170	190	26.5	356	44.5
		Huandoval	10.1	75.9	84	126	197	18.9	365	54.3
		Conchucos	19.7	70.5	17	491	625	47.5	1,813	54.3
		Huacachuque	13.0	68.0	0	109	122	5.4	202	49.5
Pallasca		13.4	64.8	9	407	515	13.2	747	50.7	
Lacabamba		11.4	72.9	3	110	145	9.4	235	57.5	
Pampas	16.7	67.9	61	361	975	41.9	2,226	42.7		
La Libertad	Santiago de Chuco	Mollepata	21.9	70.1	13	442	438	14.9	806	65.3
		Mollebamba	15.7	64.4	41	168	204	44.6	447	37.5
		Angasmarca	15.5	64.8	727	430	500	29.0	1,808	17.4
		Santa cruz de chuca	14.7	69.9	372	406	231	30.8	821	75.3
		Cachicadan	15.0	66.9	618	596	479	37.0	1,952	37.5
		Quiruvilca	12.8	62.6	341	958	1,225	36.3	4,620	28.8
		Santiago de chuco	11.9	66.3	2,194	1,526	1,396	46.6	5,173	61.1
	Viru	Chao	8.3	51.5	3,310	4,749	3,186	5.1	9,910	52.7
		Guadalupito	9.9	59.9	1,195	1,111	863	4.2	2,382	53.4

Fuente INEI, 2007

De acuerdo, al mapa de pobreza de FONCODES, los distritos ubicados en la parte alta y media de la cuenca se encuentran dentro de los quintiles 1,2 considerados pobres y más pobres en la categorización de pobreza del Perú (figura 2).

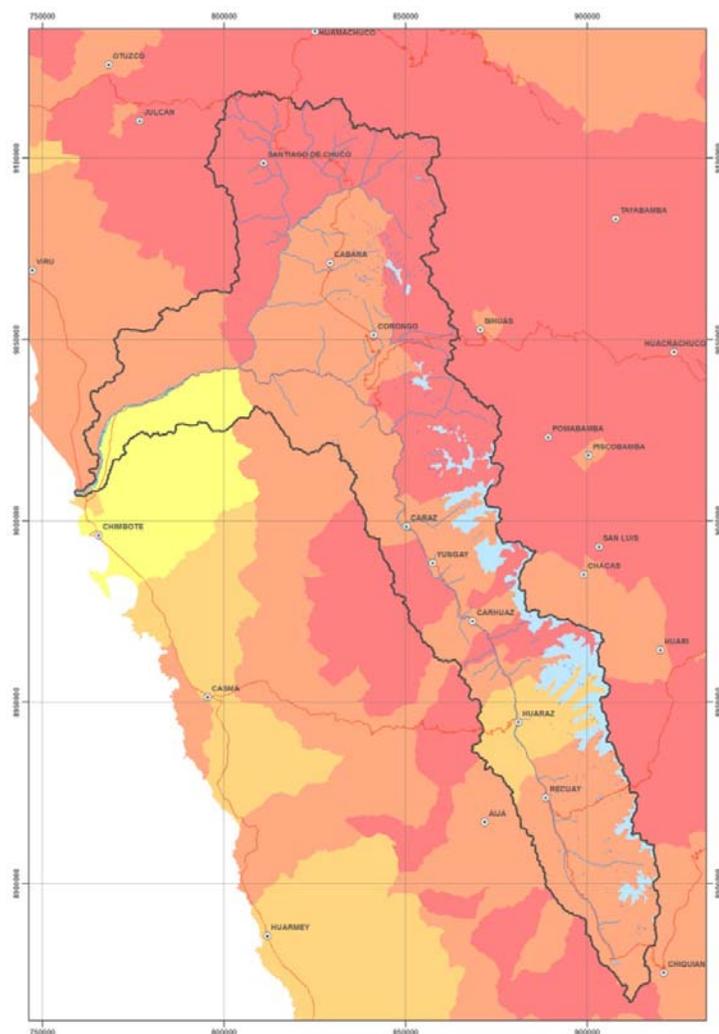


Figura 2. Mapa de pobreza de la cuenca del río Santa

Fuente: FONCODES, 2007

2.8 Infraestructura hidráulica transversal

Se considera las bocatomas como dentro de este tipo de estructuras. Se han identificado tres bocatomas.

Bocatoma Chavimochic. Ubicada a 412 metros sobre el nivel del mar, en la provincia de Virú, departamento de La Libertad, en la frontera con Ancash. Capta las aguas del río Santa, para que sean trasladadas, primero a través del denominado Canal de Derivación, y luego, del Canal Madre, hacia los cuatro valles que componen el proyecto Chavimochic. Su capacidad de

captación es de 105 m³/s.



Figura 3. Bocatoma Chavimochic

Fuente: Proyecto Especial Chavimochic

Esta estructura no se encuentra dentro del tramo del presente estudio, está ubicada aguas arriba del ámbito del estudio. Por lo tanto no se tomará en cuenta en la simulación hidráulica del río.

Bocatoma La Huaca. Forma parte del sistema La Huaca, está ubicada a una altitud de 232 msnm y tiene una capacidad de captación de 35 m³/s, tiene por objetivo el mejoramiento de 29,770 hectáreas e incorporación de 14,450 hectáreas.

Comprende un barraje móvil con capacidad de 1,250 m³/s, 05 compuertas radiales de 8.95 x 4.69 m, 01 Compuerta limpia de 4.98 x 5.31 m, un barraje fijo para 1,250 m³/s y un vertedero de 200 m de largo.



Figura 4. Bocatoma La Huaca

Fuente: Proyecto Especial Chincas

Bocatoma La Víbora. Pertenece al sistema Santa, está ubicado a una altitud de 119 msnm y tiene una capacidad de $12 \text{ m}^3/\text{s}$, tiene por objetivo el mejoramiento de riego de 6,680 hectáreas.

Está conformado por un barraje móvil con capacidad de $1,250 \text{ m}^3/\text{s}$, 05 compuertas radiales de $8.60 \times 3.90 \text{ m}$, 01 compuerta limpia de $5.00 \times 3.90 \text{ m}$, un barraje fijo de $1,150 \text{ m}^3/\text{s}$ y un vertedero de 193 m de largo.



Figura 5. Bocatoma La Víbora

Fuente: Proyecto Especial Chincas

CAPITULO 3

GEOLOGIA

3.1 Generalidades

Es el proceso de revisión, interpretación y adecuación de la información técnica existente (Geología regional y/o local) orientada a caracterizar desde el punto de vista geológico el área que ocupa el río Santa y alrededores.

Diversas fuentes de información cartográfica se han empleado para realizar el presente estudio. Entre las principales se pueden mencionar.

- Carta Nacional del Instituto Geográfico Militar a escala 1/100,000.
- Mapa Geológico del Cuadrángulo de Santa (Hoja 18-f) a escala 1/100,000 - Carta Geológica Nacional INGEMMET.
- Mapa Geológico del Cuadrángulo de Santa Rosa (Hoja 18-g) a escala 1/100,000 - Carta Geológica Nacional INGEMMET.
- Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chimbote (Hoja 19-f) a escala 1/100,000 - Carta Geológica Nacional INGEMMET.

La zona ha sido objeto de estudios geológicos anteriores, en tal sentido se procedió a la revisión y evaluación de la información geológica existente, a continuación se hará una breve descripción de cada estudio revisado:

- Estudio Geoquímico de las aguas del Río Santa y de los Suelos de las Irrigaciones de Chavimochic y Chincas. Dirección de Geotecnia Año 2000 – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET.
- Peligros Geológicos por Remoción en Masa en el Área de Incahuain y Quebrada Cucush – Valle del Río Santa.
- Estudio Línea Base Ambiental de la Cuenca del Río Santa. Ministerio del Ambiente Año 2010.
- Geología de los Cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. Aurelio Cossío - 1964. Serie Carta Geológica Nacional. Estudio a nivel regional con planos a escala 1:100000; desarrolla los aspectos de

fisiografía, geomorfología, litología, estratigrafía, geología estructural, geología histórica y geología económica, delimitando las áreas de ocurrencia de las diferentes formaciones y los límites o contactos geológicos.

- Geología de los Cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa. Aurelio Cossío - 1967. Serie Carta Geológica Nacional. Estudio a nivel regional con planos a escala 1:100000; desarrolla los aspectos de fisiografía, geomorfología, litología, estratigrafía, geología estructural, geología histórica y geología económica, delimitando las áreas de ocurrencia de las diferentes formaciones y los límites o contactos geológicos.
- Geología de los Cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras. Agapito Sánchez F. - 1995. Serie Carta Geológica Nacional. Estudio a nivel regional con planos a escala 1:100000; desarrolla los aspectos de fisiografía, geomorfología, litología, estratigrafía, geología estructural, geología histórica y geología económica, delimitando las áreas de ocurrencia de las diferentes formaciones y los límites o contactos geológicos.

3.2 Geología Regional

Los aspectos geológicos desarrollados en el presente estudio corresponden a los cuadrángulos geológicos de Santa (18-f), Santa Rosa (18-g) y Chimbote (19-f). En el área estudiada se han reconocido unidades geológicas tanto de origen sedimentario como ígneo, entre las rocas sedimentarias se describe una secuencia de varios miles de grosor, cuyas edades varían desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario reciente, las cuales corresponden a las formaciones Santa-Carhuaz y los depósitos cuaternarios.

Entre las rocas ígneas se describe una unidad volcánica de más de 2,000 metros de grosor con el nombre de Volcánico Calipuy que se halla compuesto de derrames y piroclásticos andesíticos, riolíticos y riodacíticos, y ocasionalmente capas de lutitas.

Las rocas intrusivas en la zona corresponden al batolito andino, su composición promedio es la de una granodiorita con gradaciones a diorita

cuarcífera, diorita augítica, tonalita, monzonita.

Las estructuras geológicas observadas en la región revelan el fuerte tectonismo causado por la orogénesis de fines del Cretáceo y movimientos posteriores, que dieron lugar a plegamientos comprimidos y dislocamientos en bloques. Las estructuras mayores tienen en promedio rumbo general NNO. Las rocas volcánicas no presentan mayor deformación.

Se ha utilizado la información técnica existente del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET, Ministerio del Ambiente y otros.

3.3 Geomorfología

A nivel regional el área del presente estudio se encuentra en la vertiente pacífica y comprende sectores de la costa y la sierra de los departamentos de La Libertad y Ancash. Se distinguen tres unidades geomorfológicas:

- Pampas Costaneras
- Flanco disectado de los Andes
- Altiplano

Pampas Costaneras. Esta unidad geomorfológica se desarrolla a manera de una faja paralela a la Costa, desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 200 m., y presenta notables ensanchamientos en las porciones correspondientes a los valles. Por el Oeste está limitada por pequeñas escarpas que bordean el litoral y hacia el Este por las cadenas de cerros bajos de los primeros contrafuertes andinos. Tiene una superficie más o menos llana, en la que destacan algunos cerros y colinas redondeadas.

Las Pampas costaneras están constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena.

Flanco Disectado de los Andes. Esta unidad se extiende entre las pampas costaneras y el borde altiplano, con altitudes que varían de 200 a 3,500 m. Está esculpida en rocas volcánicas y sedimentarias cuyas edades van desde el Jurásico superior hasta el Terciario inferiores, y en rocas intrusivas del

batolito andino.

Esta unidad se caracteriza por sus fuertes pendientes y por estar intensamente disectada por numerosos valles profundos que corren generalmente de Noreste a Suroeste. Todos los valles son jóvenes con sección transversal en “V”, pisos estrechos y fuerte gradiente; sólo en sus tramos inferiores correspondientes a las pampas costaneras, adquieren gran amplitud y sus cauces tienen gradientes moderados.

Altiplano. Esta unidad se desarrolla aproximadamente desde los 3,500 m.s.n.m. Se caracteriza por su topografía suave, más o menos ondulada, donde existen algunas elevaciones y cadenas de cerros con formas típicas de modelado glaciar.

Dentro de esta unidad se aprecian profundos cañones esculpidos por los principales ríos de la región. Al igual que otros autores consideramos a esta superficie como equivalente a la superficie Puna de Mc Laughlin (1925).

Agentes Modeladores

Dentro de los agentes modeladores del paisaje, el agua y el viento han jugado un papel principal en la formación del relieve actual del área estudiada. Las aguas provenientes del deshielo de los glaciares pleistocénicos han sido en gran parte responsables del socavamiento del valle del Santa. La acción socavadora continúa en la actualidad, principalmente por las aguas meteóricas que se colectan en las partes altas del flanco andino. Los productos de la erosión han sido transportados y depositados en forma de terrazas y abanicos aluviales.

Las intensas lluvias que se produce en la región costanera después de largos períodos de sequía, originan grandes torrentes que descienden por las numerosas quebradas cuyas nacientes se encuentran a 1,000 y 2,000 m. de altitud. Los materiales acarreados por dichos torrentes se han acumulado en las planicies bajas en forma de grandes abanicos, en sus salidas a la planicie costera.

3.4 Litología y estratigrafía

A nivel regional y basado en la información geológica existente y proceso de verificación de campo, en el área de estudio se han reconocido unidades litoestratigráficas que van desde el Jurásico Superior hasta el Cuaternario reciente, con predominancia de rocas sedimentarias e intrusivas.

La secuencia y relaciones estratigráficas generalizadas, identificadas en la zona de estudio son las siguientes:

3.4.1 Formación Chicama

Regionalmente esta unidad consta de una gruesa secuencia de lutitas fosilíferas de edad titoniana, originalmente fue estudiada por Stappenbeck (1929) en la parte superior del Valle Chicama.

Litológicamente la formación consiste de una potente y monótona serie de lutitas bien laminadas y de aspecto pizarroso, de color gris oscuro a negro, con ocasionales intercalaciones de areniscas y cuarcitas claras y de limolitas gris parduzcas por intemperismo. Se estima que las lutitas pizarrosas constituyen el 80% de la litología de la formación y contienen algunos horizontes fosilíferos.

La parte lutácea de la formación presenta una topografía suave, en cambio las areniscas que se intercalan debido a su mayor resistencia a la erosión forman crestas y colinas alargadas.

En varios lugares como puede observarse en el plano geológico, la formación se encuentra cortada por stocks de granodiorita en cuyos contornos se nota nítidos efectos de metamorfismo de contacto, caracterizado por la estructura pizarrosa que muestran las lutitas y por la presencia de andalucita. La aureola de metamorfismo tiene intensidad y ancho variable según el tamaño de los plutones.

Las lutitas Chicama son bastante fosilíferas, la mayoría de los fósiles indican una edad titoniana (Jurásico Superior) edad que

correspondería a la formación Chicama.

3.4.2 Formación Casma

Se da el nombre de formación Casma a una gruesa secuencia de rocas volcánicas con intercalaciones de sedimentos que afloran típicamente cerca del pueblo de Casma, lugar donde fue estudiada por Trottereau.

Esta formación se encuentra compuesta por una secuencia de rocas volcánicas andesíticas con intercalaciones de lutitas, areniscas y escasos lechos de calizas. Las rocas volcánicas consisten principalmente de derrames y piroclásticos de composición andesítica, tienen textura porfirítica o afanítica, están bien estratificadas y son de colores gris, gris verdoso, marrón y algunas veces morado. Las capas sedimentarias intercaladas son lutitas de colores pardo a marrón, areniscas blancas de grano fino a medio, cuarcitas blancas en capas delgadas y ocasionales estratos de calizas recristalizadas por efecto del metamorfismo termal.

Las relaciones estratigráficas de la formación son: su base es desconocida, pues en todos los casos se presenta cortada por la intrusión granodiorítica del batolito costanero.

Se sabe que la formación Casma es la prolongación hacia el Norte de la gran secuencia volcánico-sedimentaria que aflora a lo largo de la Costa Sur del país, cerca a Lima conocida como formación Puente de Piedra de edad titoniano-berriasiana.

En el presente estudio se considera a la formación Casma de edad jurásica superior a cretácea inferior.

3.4.3 Formación Santa y Carhuaz

Litológicamente la serie inferior que representa a la formación Santa está constituida por limolitas gris amarillentas u oscuras, intercaladas con lutitas arenosas friables de color gris negruzco en la base y por

calizas negras, fosilíferas, estratificadas en capas delgadas, en sus niveles superiores. Su espesor es alrededor de 150 m.

La serie superior corresponde a la formación Carhuaz y consiste de una secuencia de cerca de 1,000 m. de lutitas claras, marrones, gris oscuras hasta negras, finamente estratificadas e intercaladas con capas delgadas de calizas fosilíferas de color negro que intemperizan a marrón oscuro. Cerca a la base de esta serie superior se encuentran dos capas de yeso persistentes hasta de 10 m. de grosor cada una que sirven como horizontes guías en el reconocimiento de la formación.

Se considera a las formaciones Santa y Carhuaz de edad Valanginiano superior – Aptiano.

3.4.4 Volcánico Calipuy

Con este nombre se estudia una extensa formación de rocas volcánicas que superyacen con discordancia angular a las formaciones del cretáceo inferior y superior. Su afloramiento abarca el 14% del área estudiada, y se encuentra conformada por bancos de brechas y aglomerados volcánicos, bastante compactos y de color gris verdoso a marrón rojizo, los fragmentos del aglomerado son subangulosos y su tamaño va de 1 a 10 cm. de diámetro, tienen textura porfírica y los fenocristales de plagioclasas, ortosa y hornblenda, destacan en una pasta fina de color gris blanquecino, gris oscuro, rojizo y morado con mancha de epidota; a las brechas y aglomerados suceden superiormente lavas con menor proporción de piroclásticos, de composición principalmente andesítica con algunos horizontes de riolitas y riodacitas.

Estas rocas volcánicas se presentan mayormente estratificadas en bancos gruesos aunque en ciertos lugares son lenticulares. El grosor del volcánico Calipuy se estima en más de 2,000 m.

Los mantos volcánicos se muestran suavemente ondulados, aunque en grandes sectores son francamente horizontales.

La edad del volcánico Calipuy queda comprendida entre el Cretáceo superior y principios del Terciario.

3.4.5 Depósitos Cuaternarios

Depósitos Aluviales. Los depósitos de esta clase se encuentran a lo largo del fondo y laderas del valle del Santa, formando el relleno del cauce y terrazas de extensiones y grosores variables. Consisten de gravas, arenas y limos moderadamente compactados.

En el valle del río Santa a la altura de la Hacienda Taquilpón, se observan tres terrazas escalonadas a 8, 20 y 70 m. sobre el lecho del río, las cuales son utilizadas para la agricultura. A cinco km aguas arriba (estación de Mirador), se nota en ambos flancos del valle restos de terrazas más antiguas a 300 m. de altura sobre el piso actual del valle.

Depósitos Eólicos. Pequeñas acumulaciones de arena eólica existen en la quebrada de Pampa del Toro y en la base de los cerros aledaños del cuadrángulo de Santa Rosa. Estos depósitos son de extensión y grosor muy limitado y no han sido considerados en el mapa.

3.4.6 Rocas Intrusivas

La exposición de las rocas intrusivas abarca alrededor del 37% del área estudiada y se caracteriza por presentar una topografía accidentada; sin embargo, los cerros formados de roca intrusiva presentan contornos más suaves que los formados por rocas volcánicas.

La roca intrusiva ampliamente difundida es la granodiorita que se presenta como extensos plutones, además se encuentran granitos y andesitas en forma de diques.

Granodiorita. Un afloramiento casi continuo de granodiorita se reconoce en la parte occidental del área, existen pequeños stocks y apófisis dispersos en la parte central del área, atravesando a las formaciones del Cretáceo inferior y al volcánico Calipuy.

En profundidad todos estos afloramientos de roca intrusiva probablemente constituyen una unidad con el resto del batolito andino. En fractura fresca la roca es de color gris claro, textura equigranular, holocristalina, hipidiomorfa y de grano grueso a medio. Entre sus minerales esenciales se reconocen a simple vista plagioclasas, cuarzo, algo de ortosa, abundante hornblenda y escasa biotita, composición que en término medio corresponde a una granodiorita.

En algunos casos presenta una textura porfídica, especialmente cerca de los contactos donde los fenocristales de plagioclasas alcanzan hasta 5 cm. de longitud.

La granodiorita en muchos lugares muestra transiciones graduales por un lado a diorita y diorita cuarcífera y por otro a monzonita.

En ciertas localidades esta roca intrusiva está afectada por sistemas de junturamiento que producen una disyunción tabular muy características, como en el cerro Aurovilca, en la quebrada del Silencio tributaria del río Santa, etc.

Andesitas. Los diques de andesita se presentan mayormente en la granodiorita. Sistemas de diques de esta clase con orientación N-S, se encuentran abundantemente esparcidos en el cuerpo del batolito.

Metamorfismo producido por las intrusiones

El emplazamiento de los intrusivos ha producido en las rocas huéspedes diversos grados de metamorfismo termal. La aureola metamórfica tiene anchos variables según la naturaleza de la roca intruída y el tamaño de las intrusiones. Los efectos más pronunciados se manifiestan en las lutitas Chicama las que han sido transformadas a pizarras chiastolíticas, el ejemplo más notable de este fenómeno se

observa en los contornos de la granodiorita que forma el macizo Aurovilca.

Las rocas intrusivas estudiadas en el área pertenecen al batolito andino y se encuentran penetrando a las formaciones del Cretáceo inferior y al volcánico Calipuy de supuesta edad cretácea superior a comienzos del Terciario. En base a estas relaciones, consideramos que el emplazamiento de la granodiorita se haya producido entre fines del Cretáceo y el Terciario inferior; edad supuesta por la mayoría de los investigadores para el batolito andino.

3.5 Geología estructural

La estructura geológica en la parte oriental de los cuadrángulos es compleja, pues las formaciones jurásicas y cretáceas están fuertemente plegadas y falladas. Estas deformaciones se deben a la orogénesis andina de fines del Cretáceo y a los fenómenos subsiguientes de emplazamiento del batolito y al movimiento epirogénico que afectó en general a los Andes.

Sin considerar los detalles menores de las estructuras se puede indicar que los pliegues mayores tienen una orientación NO-SE coincidiendo con el rumbo general de los Andes. Los pliegues unas veces son amplios y de flancos suaves y en otros casos son comprimidos y de flancos empinados hasta invertidos.

Las fallas son de dos tipos:

Fallas inversas, originadas probablemente durante el plegamiento de los sedimentos, tienen buzamientos hacia el Este indicando que el empuje mayor fue hacia el Oeste.

Fallas de gravedad, posteriores a las de compresión a las cuales cortan con ángulos de 45°.

Los pliegues fuertemente comprimidos y las numerosas fallas inversas y normales dificultan la medición exacta del espesor de las diferentes formaciones.

Pliegues

Las rocas sedimentarias que afloran en el lado oriental de ambos cuadrángulos están afectadas por numerosos pliegues de rumbo promedio NO-SE, orientación que coincide en líneas generales con la dirección de la Cordillera de los Andes en esta parte del país. Los pliegues están cortados por fallas de diversa magnitud, unas veces las fallas forman pequeños ángulos con los ejes y otras son transversales.

En términos generales, en el área se aprecia dos zonas plegadas, la primera comprende el lado Noreste caracterizada por pliegues pequeños de rumbo NNO-SSE que se muestran dislocados por numerosas fallas.

Muchos de los pliegues del área son disarmónicos debido a la diferente competencia de las rocas de la serie estratigráfica; por ejemplo, las lutitas Chicama en el núcleo de los anticlinales se presentan intensamente replegadas con respecto a las cuarcitas Chimú suprayacentes, igual caso se observa en las lutitas Carhuaz.

Todas las estructuras plegadas están cortadas casi normalmente por los valles que corren de Este a Oeste; así, el río Santa corta casi perpendicularmente a la primera zona estructural donde se ha mapeado el Sinclinal de Chaccha; esta estructura queda en el paraje de Chaccha, tiene rumbo NO-SE y está desarrollada en las formaciones Santa y Carhuaz. SE le reconoce por pocos kilómetros pues su prolongación en ambos sentidos queda cubierta por el volcánico Calipuy. Es un pliegue asimétrico cuyo flanco oriental es muy empinado con relación al occidental.

Fallas

En el área de estudio existen numerosas fallas tanto inversas como normales y aún pequeños sobreescurrecimientos, que han producido fuertes dislocamientos de las formaciones y estructuras plegadas en general.

Las fallas inversas generalmente están asociadas con los plegamientos y se les supone originada por los mismos esfuerzos de compresión. Las fallas

normales son relativamente posteriores a aquellas; pues, como puede observarse en el mapa geológico producen dislocamiento de los pliegues y aún de las fallas inversas.

Fallas Inversas

Este tipo de fallas son las más importantes del área, tienen rumbos que varían de Norte a Noroeste y buzamientos hacia el E y NE con ángulos relativamente altos.

Fallas Normales

Este tipo de fallas son comunes en toda el área pero son más abundantes en el extremo NE de Santiago de Chuco, Las dimensiones de estas fallas son variables. La mayoría de estas fallas tienen orientación NO-SE y otro grupo menor enrumba según NE-SO, estas últimas desplazan a aquellas sugiriendo una edad relativa posterior; en ciertos sitios estos dos sistemas de fallas han producido dislocamientos en bloques. En general las fallas normales tienen buzamientos que van desde 50° hasta la vertical.

Estructura de las rocas ígneas

La roca intrusiva que afloran en el área de estudio pertenece al gran batolito andino, este enorme macizo ígneo presenta una topografía de relieve muy pronunciado y constituye estructuralmente una prominencia alargada según el rumbo de los andes.

La granodiorita que principalmente compone este batolito está fuertemente junturada. El sistema predominantemente de diaclasas tienen rumbo N50° - 60° O e inclinaciones de 70° a 80 SE. Cerca al contacto con el intrusivo las rocas sedimentarias y volcánicas se presentan distorsionadas, fracturadas y con diversos grados de metamorfismo, igualmente se ha notado asimilaciones de estas rocas en la granodiorita. En el macizo ígneo es común encontrar grandes manchas de rocas sedimentarias o volcánicas a manera de "techos colgantes".

Las rocas volcánicas que cubren la mayor extensión de los cuadrángulos estudiados se presentan generalmente en bancos subhorizontales y a veces

con suaves ondulaciones. En el área no se han observado aparatos volcánicos a través de los cuales se haya producido la eyección de esta gruesa y extensa formación volcánica, por lo cual se supone que dichos volcánicos sean productos de emisiones de fisuras.

3.6 Geodinámica externa

La historia geológica nos demuestra que en esta importante cuenca han ocurrido y seguirán ocurriendo fenómenos geodinámicos que modifican constantemente la configuración superficial debido a agentes y factores físicos condicionantes.

Para la ocurrencia de los fenómenos geodinámicos, en todas sus formas, han intervenido en forma directa o indirectamente los factores estáticos y factores dinámicos.

Factores Estáticos

- Factores Geomorfológicos
- Factores Litológicos
- Factores Tectónico-estructurales

Factores Dinámicos

- Factores Climatológicos
- Factores Hidrológicos e Hidrogeológicos
- Factores Sísmicos
- Factores Bio-antropogénicos

Los fenómenos de geodinámica externa han sido clasificados según los daños que ocasionan en: Daños a Nivel de Ladera y Daños a Nivel de Cauce.

FENÓMENOS DE GEODINÁMICA EXTERNA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA

DAÑOS A NIVEL DE LADERA	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Daños por erosión laminar, difusa y en canales
		Daños por erosión de cárcavas y zonas de erosión activa
	INESTABILIDAD DE TALUDES	Daños por desprendimientos de rocas
		Daños por derrumbes
		Daños por deslizamientos
	INESTABILIDAD DE FRENTES GLACIARES	Daños por remoción de escombros de talud
Daños por aludes o avalanchas		
DAÑOS A NIVEL DE CAUCE	CORRIENTE FLUVIAL	Daños por inundaciones
		Daños por erosión y sedimentación
	FLUJOS HÍDRICOS	Daños por huaycos
		Daños por aluviones
		Alud - aluviones

Fuente: INGEMMET

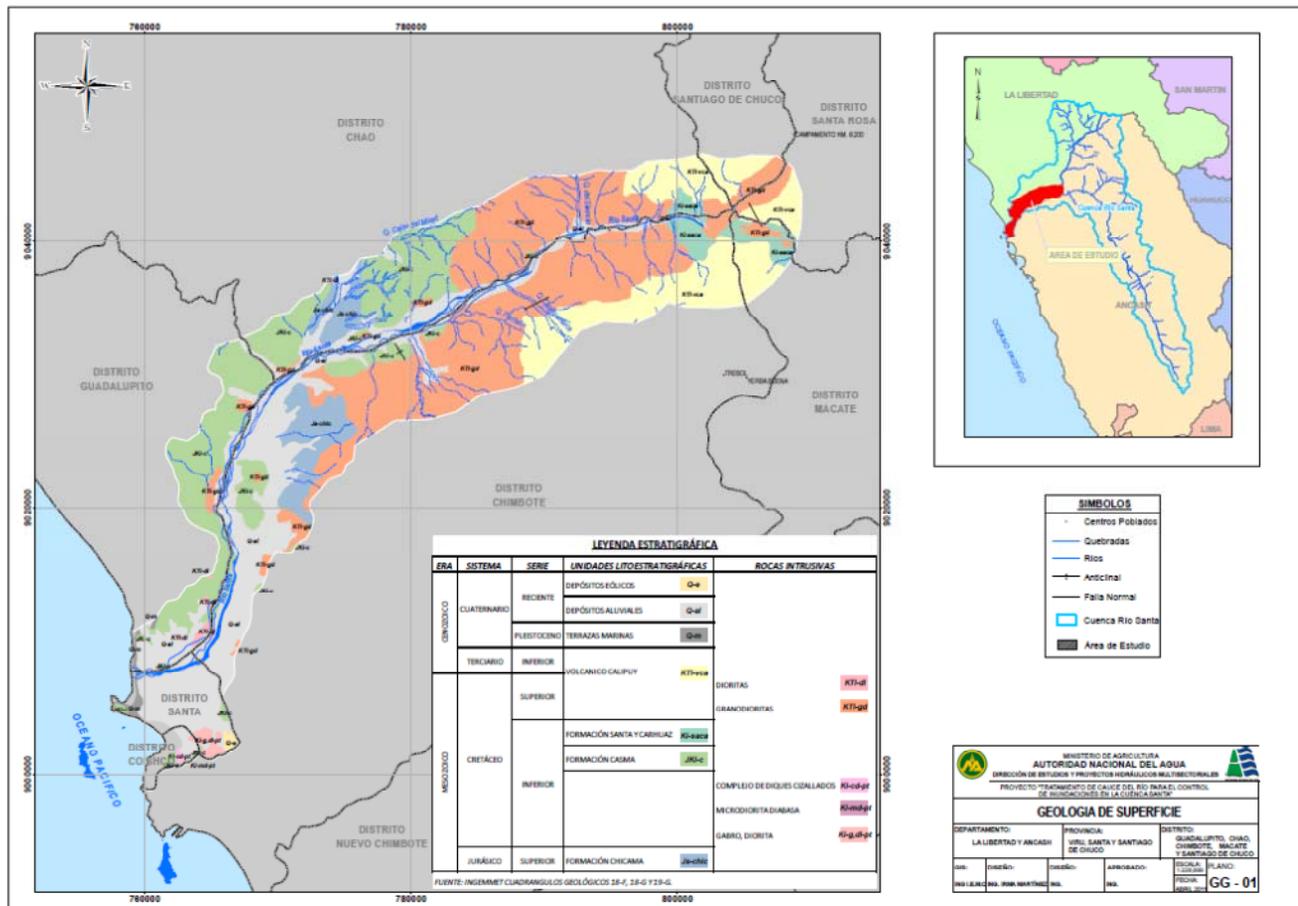


Figura 7. Geología de superficie

3.7 Sismicidad

De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la Norma Técnica de Construcciones E-030, 1989, el área de estudio se ubica en la Zona I (Ver Figura N° 02 “Zonificación Sísmica del Perú”), que se caracteriza por una actividad sísmica del tipo Baja, existiendo las posibilidades que ocurran sismos de intensidades considerables en la Escala de Mercalli modificada de IX grados de intensidad. (Ver Figura N° 03 “Mapa de Intensidades Sísmicas del Territorio Peruano”).

Teniendo en cuenta la Norma Técnica NTE E-30 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, el siguiente parámetro:

$$\text{Factor de Zona} = 0.15 \text{ Factor (g)}$$

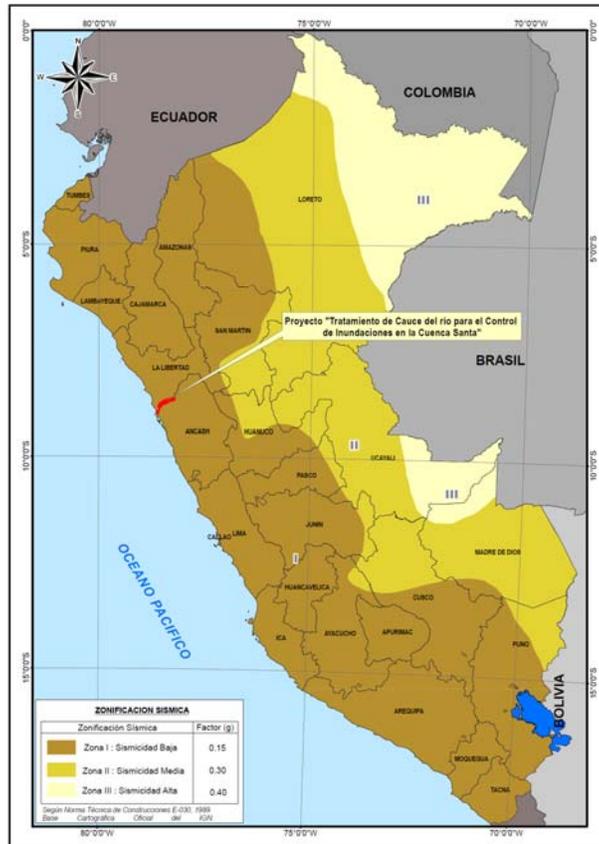


Figura 8. Zonificación sísmica

CAPITULO 4

CAUDALES MAXIMOS

En el cálculo de los caudales máximos de diseño para el estudio de tratamiento del río Santa ante las inundaciones, se ha tomado en cuenta los registros de caudales máximos diarios e instantáneos de Petroperú y del Proyecto Chavimochic.

Para tal, se ha tomado como fuente los siguientes estudios:

- “Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la vertiente del Pacífico - cuencas de la costa”, elaborado por el consultor, Ingº Cayo Ramos T.
- “Estudio de factibilidad: Defensa ribereña de las progresivas, Pueblo Viejo, San Bartolo a San Dionisio, al Castillo a Rinconada, Algodonal a la Víbora, Suchimán a Tablones – Santa - Ancash.
- “Estudio Hidrológico, río Santa”, elaborado por el Consorcio Consultor YHOJECRI
- Regionalización de los Caudales Máximos Instantáneos Anuales de la Cuenca del Río Santa, elaborado por Toribio Marcos Reyes Rodríguez.

4.1 Planteamiento

Para fines del estudio de “Tratamiento de Cauce del río Santa ante las Inundaciones”, se ha planteado hacer los cálculos del caudal máximo para el diseño de las obras de defensa ribereña, partiendo de información hidrométrica y haciendo uso de métodos estadísticos.

4.2 Método Estadístico

4.2.1 Análisis de caudales medias mensuales

- ✓ Se aplica el método de las dobles masas para contrastar datos de dos o más estaciones pluviométricas entre sí.
- ✓ El método se basa en la representación en ejes coordenados de parejas de puntos definidos por las acumulaciones sucesivas de dos

series de valores (correspondientes a dos estaciones) en un mismo período temporal. La curva resultante es una línea recta si los valores de las dos series son proporcionales. La pendiente de la recta representa la proporcionalidad entre las dos series de valores.

- ✓ Si la serie de puntos encaja perfectamente en una recta que pasa por el origen, indica que los valores de las estaciones en todos y cada uno de los años son aceptables. En el caso de que los datos encajen perfectamente en una recta que no pase por el origen, existe proporcionalidad entre las dos estaciones todos los años excepto el primero.
- ✓ Cuando los puntos se ajusten a dos rectas paralelas, indica una proporcionalidad entre las dos estaciones, aunque existan años que estén medidos por defecto o por exceso o que sean muy irregulares en una de las estaciones.
- ✓ Un caso típico de error sistemático se da cuando se pueden encajar dos rectas de diferente pendiente. Para detectar la serie errónea se establece un proceso iterativo de comparación con otras series y por la coincidencia o no de cambio de pendiente, se detecta la serie errónea. Para detectar el período erróneo se sigue también un proceso iterativo y se establecen comparaciones en valor medio, suponiendo uno u otro período como bueno, y comparando la serie estudiada con otras homólogas.
- ✓ La información hidrométrica (estación Condorcero) correspondió a los registros históricos medios del río Santa, (1978-2007), tomados de la estación Condorcero (cuadro 3).

Cuadro 3. Caudales medios río Santa

Año	Condorcerro		
	Anual	Acumulado	
1	1978	107.1	107.1
2	1979	144.0	251.1
3	1980	110.9	362.0
4	1981	163.7	525.7
5	1982	146.6	672.3
6	1983	168.1	840.3
7	1984	211.5	1 051.8
8	1985	92.1	1 143.9
9	1986	113.2	1 257.1
10	1987	135.4	1 392.5
11	1988	130.0	1 522.5
12	1989	144.8	1 667.3
13	1990	85.6	1 752.9
14	1991	100.8	1 853.7
15	1992	62.6	1 916.3
16	1993	227.8	2 144.1
17	1994	161.8	2 306.0
18	1995	104.6	2 410.6
19	1996	140.9	2 551.5
20	1997	97.5	2 648.9
21	1998	210.4	2 859.3
22	1999	149.9	3 009.2
23	2000	129.8	3 139.0
24	2001	174.2	3 313.3
25	2002	144.5	3 457.8
26	2003	114.1	3 571.9
27	2004	95.7	3 667.6
28	2005	108.5	3 776.1
29	2006	128.6	3 904.8
30	2007	142.8	4 047.5

Fuente: Estudio de Pre Inversión a nivel de Factibilidad "DEFENSA RIBEREÑA DE LAS PROGRESIVAS, PUEBLO VIEJO, SAN BARTOLO A SAN DIONICIO, AL CASTILLO A RINCONADA, ALGODONAL A LA VÍBORA, SUCHIMÁN A TABLONES – SANTA - ANCASH"

- ✓ Se ha tomado como base para el análisis de consistencia los ríos Moche, Virú, Chicama y Jequetepeque; de los cuales el río Jequetepeque, ha sido seleccionada como base para el análisis, por presentar una mejor tendencia a una recta (figura 6).

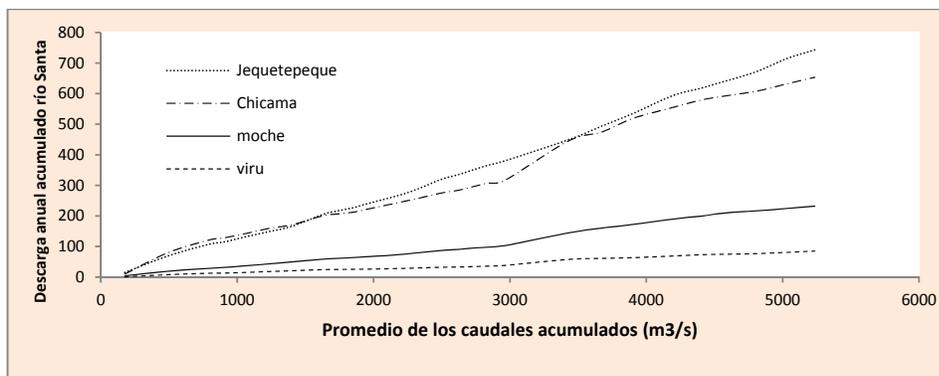


Figura 9. Análisis doble masa

- ✓ En la figura 7, se observa la tendencia recta de la curva, con pequeños quiebres, pero no significativo, motivo por el cual, se considerará la serie histórica presente.

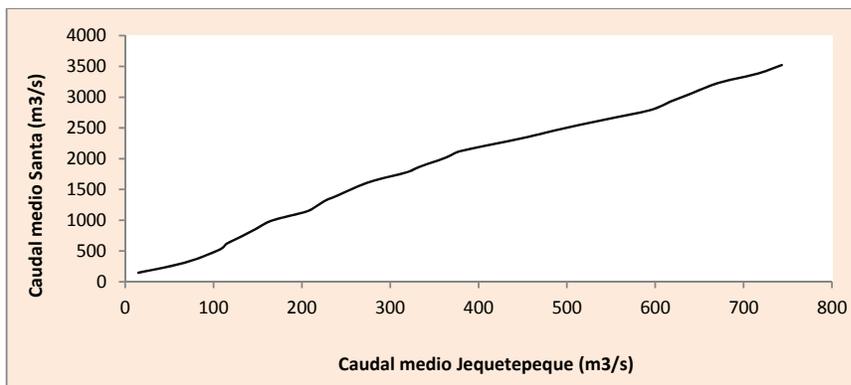


Figura 10. Análisis doble masa río Santa

4.2.2 Análisis de caudales máximos

La información existente de caudales máximos proviene de dos fuentes (1) Anuarios Hidrológicos publicados por Electroperú (1958-1999) y (2) Proyecto Chavimochic (1978-2010), cuadro 3.

Cuadro 4. Caudales máximos (m³/s)

Año	Electroperú	Año	Proyecto Chavimochic	
	Diario		Diarios	Instantáneos
1958	408	1978	337	
1959	787	1979	931	
1960	753	1980	370	
1961	881	1981	781	
1962		1982	718	
1963	864	1983	796	
1966	396	1984	1225	
1967	805	1985	396	
1968	349	1986	463	
1969	598	1987	505	
1973	644	1988	485	
1974	490	1989	593	
1975	861	1990	229	

1977	1019	1991	840	
1978	302	1992	205	
1979	627	1993	1250	
1980	344	1994	684	836
1981	600	1995	366	424
1982	553	1996	730	875
1983	571	1997	450	500
1984	743	1998	935	1123
1985	468	1999	1032	1287
1986	559	2000	637	1202
1987	532	2001	765	963
1988	577	2002	508	645
1989	600	2003	470	533
1990	283	2004	295	351
1991	712	2005	385	400
1992	155	2006	827	880
1993	763	2007	603	750
1994	854	2008	422	469
1995	445			
1996	731			
1997	450			
1998	935			
1999	1032			

Fuente: Estudio de Pre Inversión a nivel de Factibilidad "DEFENSA RIBEREÑA DE LAS PROGRESIVAS, PUEBLO VIEJO, SAN BARTOLO A SAN DIONICIO, AL CASTILLO A RINCONADA, ALGODONAL A LA VÍBORA, SUCHIMÁN A TABLONES – SANTA - ANCASH"

En la figura 8, se observa una buena correlación entre los caudales medios y los caudales máximos diarios del río Santa.

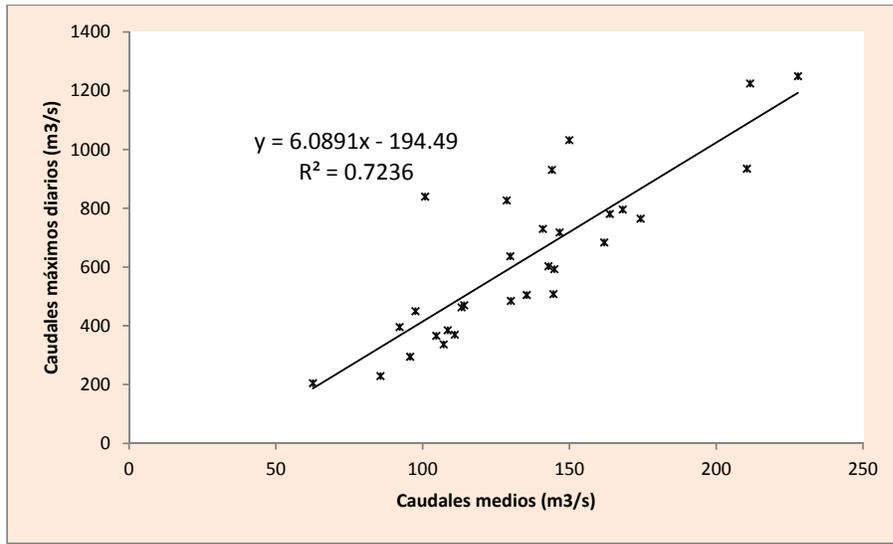


Figura 11. Caudales máximos diarios Vs Caudales medios

Del mismo modo la gráfica 9, muestra la buena correlación entre los caudales máximos diarios y los caudales máximos instantáneos.

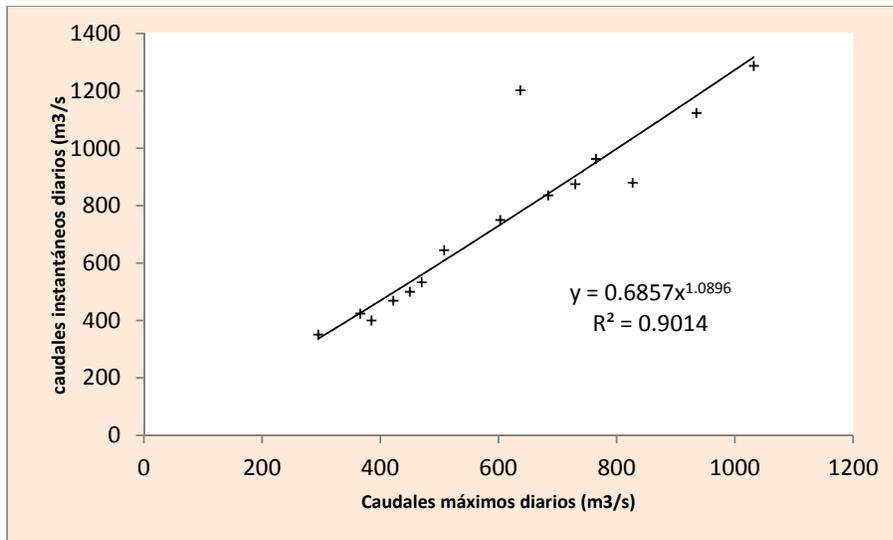


Figura 12. Caudales máximos instantáneos Vs Caudales máximos

4.2.3 Cálculo de caudales máximos por distribuciones probabilísticas

Este método está basado en el análisis de la frecuencia de las crecidas. El caudal es considerado como una variable aleatoria continua, que permite evaluar su distribución estadística, el cual puede ser ajustado a

una ley teórica de probabilidad (Gumbel, Log Pearson II, etc.).

Con el uso del programa HidroEsta, se evaluó la serie histórica de caudales (1978-2008) 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: Normal, LogNormal 2 parámetros, LogNormal 3 parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, Gumbel y LogGumbel).

Distribución Normal. Se dice que una variable aleatoria x , tiene una distribución normal, si su función densidad, es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \text{EXP} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\bar{X}}{S} \right)^2 \right]$$

ó

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\bar{X}}{S} \right)^2}$$

Para $-\infty < x < \infty$

Donde:

$f(x)$ = función densidad normal de la variable x

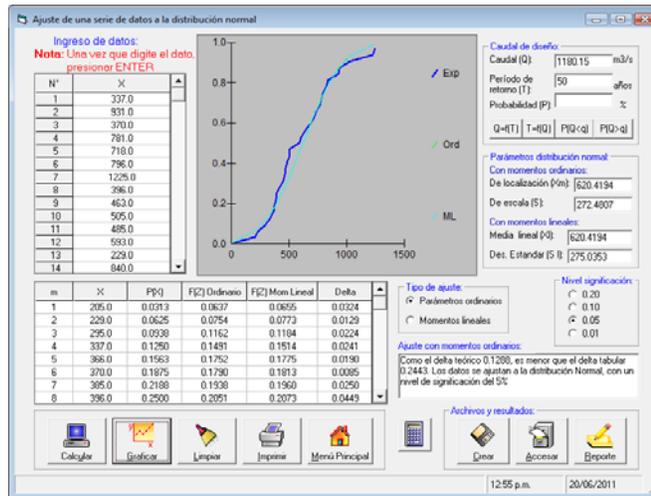
x = variable independiente

\bar{X} = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x

EXP = función exponencial con base e , de los logaritmos neperianos.

De acuerdo a esta función el caudal para un periodo de retorno de 50 años es 1,180 m³/s.



Distribución Log-Normal de 2 parámetros. Cuando los logaritmos, $\ln(x)$, de una variable x están normalmente distribuidos, entonces se dice que la distribución de x sigue la distribución de probabilidad log-normal, en que la función de probabilidad log-normal $f(x)$ viene representado como:

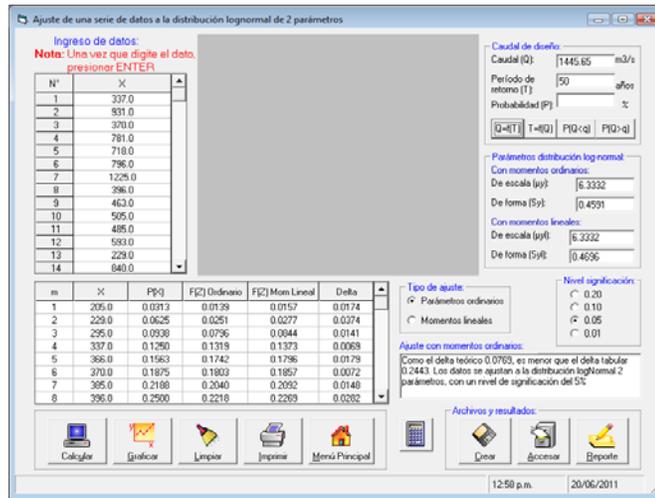
$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Para $0 < x < \infty$, se tiene que $x \sim \log N(\mu_y, \sigma_y^2)$

Donde:

μ_y, σ_y = Son la media y desviación estándar de los logaritmos naturales de x , es decir de $\ln(x)$, y representan respectivamente, el parámetro de escala y el parámetro de forma de la distribución.

De acuerdo a esta función el caudal para un periodo de retorno de 50 años es 1,446 m³/s.



Distribución Log-Normal de 3 parámetros. Muchos casos el logaritmo de una variable aleatoria x , del todo no son normalmente distribuido, pero restando un parámetro de límite inferior x_0 , antes de tomar logaritmos, se puede conseguir que sea normalmente distribuida.

La función de densidad, de la distribución log-normal de 3 parámetros, es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sigma_y \sqrt{2\pi}} \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x - x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Para $x_0 \leq x < \infty$

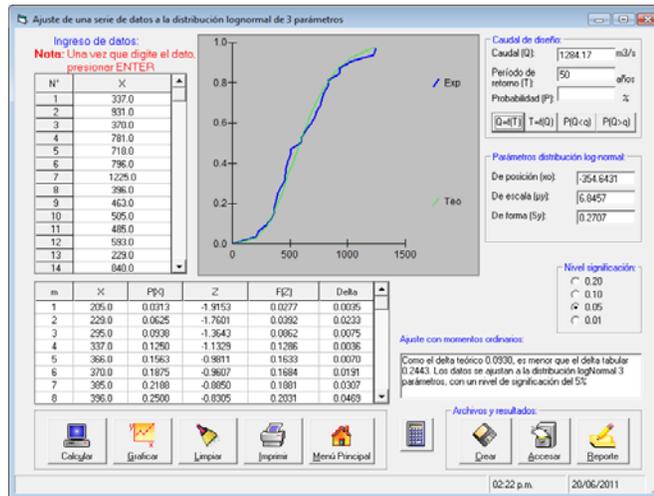
Donde:

x_0 = Parámetro de posición en el dominio x

μ_y = Parámetro de escala en el dominio x

σ_y^2 = Parámetro de forma en el dominio x

De acuerdo a esta función el caudal para un periodo de retorno de 50 años es 1,284 m³/s.



Distribución gamma de 2 parámetros. Se dice que una variable aleatoria x , tiene una distribución gamma de 2 parámetros si su función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Para:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Siendo:

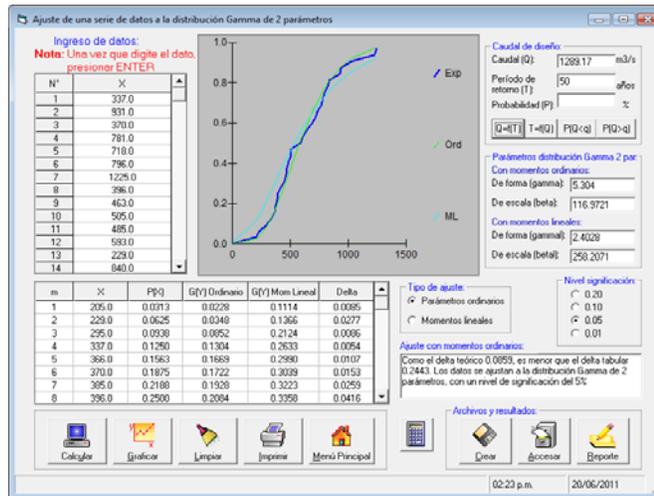
γ = Parámetro de forma (+)

β = Parámetro de escala (+)

$\Gamma(\gamma)$ = Función gamma completa, definida como:

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx, \text{ que converge si } \gamma > 0$$

De acuerdo a esta función el caudal para un periodo de retorno de 50 años es 1,289 m³/s.



Distribución gamma de 3 parámetros o Pearson Tipo III. Introduce un tercer parámetro el límite inferior ϵ , de tal manera que por el método de los momentos, los tres elementos de la muestra (la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría) puedan transformarse en los tres parámetros λ , β y ϵ de la distribución de probabilidad.

Se dice que una variable aleatoria X , tiene una distribución gamma de 3 parámetros o distribución Pearson Tipo III, si su función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Para:

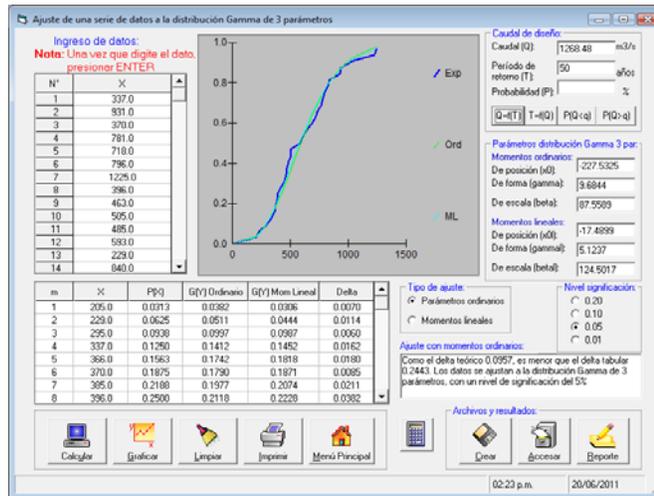
$$X \ 0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

De acuerdo a esta función el caudal para un periodo de retorno de 50 años es 1,268 m³/s.



Distribución Gumbel. La distribución Gumbel es una de las distribuciones de valor extremo, es llamada también Valor Extremo Tipo I, Fisher-Tippett tipo I o distribución doble exponencial.

La función de distribución acumulada de la distribución Gumbel, tiene la forma:

$$F(x) = \text{EXP}(-\text{EXP}(-(x - \mu) / \alpha))$$

ó

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}}$$

para: $-\infty < x < \infty$

donde:

$0 < \alpha < \infty$ es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$ es el parámetro de posición,

Derivando la función de distribución acumulada con respecto a x, se obtiene la función densidad de probabilidad; es decir:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

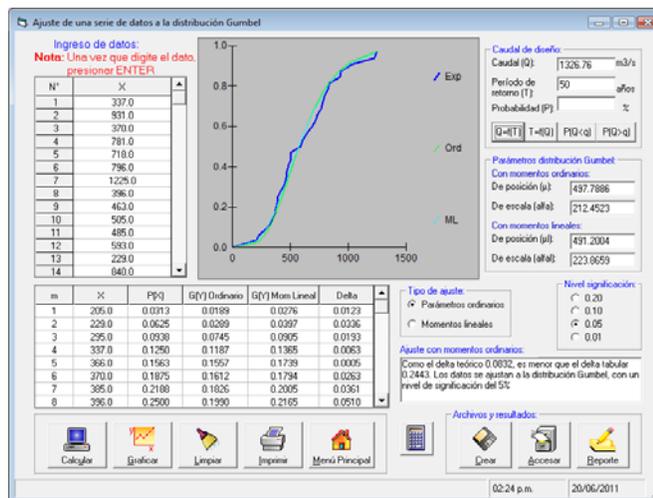
$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \text{EXP} \left(-\frac{(x-\mu)}{\alpha} - \text{EXP} \left(-\frac{(X-\mu)}{\alpha} \right) \right)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} - e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}$$

para:

$$-\infty < x < \infty$$

De acuerdo a esta función el caudal para un periodo de retorno de 50 años es 1,327 m³/s.



Distribución Log-Gumbel. La función de distribución acumulada de la distribución Gumbel tiene la forma:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}}$$

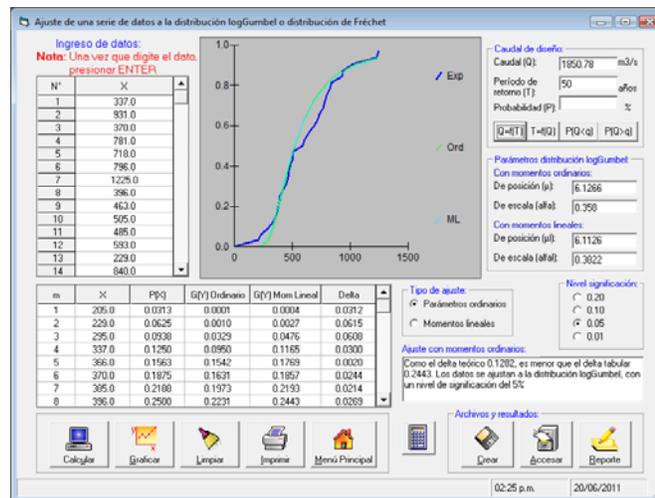
para: $-\infty < x < \infty$

donde:

$0 < \alpha < \infty$ es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$ es el parámetro de posición., llamado también valor central o moda, si en la ecuación, la variable x se reemplaza por $\ln x$, se obtiene la función acumulada de la distribución log-Gumbel, o distribución de Fréchet.

De acuerdo a esta función el caudal para un periodo de retorno de 50 años es 1,268 m³/s.



En el cuadro 5, se muestra los caudales para varios periodos de retorno, calculados mediante las funciones probabilísticas.

Cuadro 5. Caudales máximos para varios periodos de retorno, mediante funciones probabilísticas

Periodo de Retorno (T)	P	Distribución Normal	Distribución Log Normal 2 parámetros	Distribución Log Normal 3 parámetros	Gamma 2 parámetros	Gamma 3 parámetros	Log-Pearson tipo III	Gumbel	Log Gumbel
2	0.5	620.0	563.0	585.0	582.0	591.0	-	576.0	576.0
5	0.2	850.0	828.0	826.0	828.0	837.0	-	816.0	783.0
10	0.1	970.0	1014.0	975.0	981.0	983.0	-	976.0	1025.0
25	0.04	1097.0	1258.0	1155.0	1162.0	1152.0	-	1177.0	1439.0
50	0.02	1180.0	1446.0	1284.0	1289.0	1268.0	-	1327.0	1851.0
75	0.013	1224.0	1558.0	1358.0	1361.0	1333.0	-	1414.0	2142.0
100	0.01	1254.0	1638.0	1410.0	1411.0	1378.0	-	1475.0	2376.0
200	0.005	1322.0	1837.0	1533.0	1527.0	1483.0	-	1623.0	3048.0
500	0.002	1405.0	2111.0	1694.0	1676.0	1614.4	-	1818.0	4234.0
1000	0.001	1462.0	2326.0	1815.0	1783.0	1708.0	-	1965.2	5427.0

En la figura 10, podemos apreciar que la data histórica tiene muy buena aproximación a las funciones indicadas, a excepción de la distribución de Log Gumbel, que para un periodo de retorno de 25 años, se aleja del resto. Por lo tanto, se considerará que los caudales se tomarán los obtenidos por la función Gumbel.

Por lo tanto, los caudales para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno son 976, 1177 y 1327 m³/s, respectivamente.

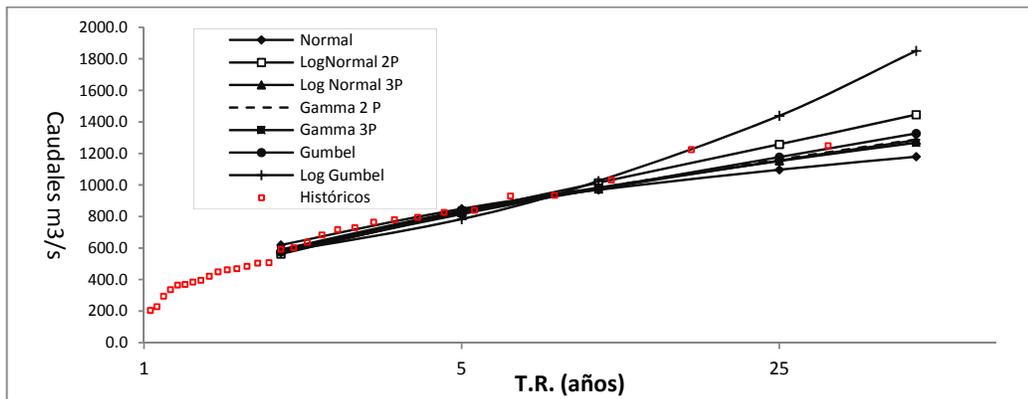


Figura 13. Tendencia de los datos históricos

CAPITULO 5

ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE ESTABLE - EJE Y ANCHO ESTABLE DEL RÍO

Los factores físicos principales que actúan como condicionantes en un cauce estable son el régimen hidrológico y la sinuosidad o geomorfología.

El caudal del río Santa es variable durante el año. Una gran parte del año el caudal es pequeño o mediano, que discurre en una franja relativamente estrecha y otra parte del año el caudal es alto (enero, febrero y marzo), que ocupa franjas mayores para el transporte del flujo. Es importante que el cauce principal, dominado por el ancho estable, garantice el flujo de esta variación de caudales, sin generar erosiones o colmataciones.

La sinuosidad es otro factor importante en la estabilidad de un río. Un río en estado natural no es recto. Por lo tanto, un encauzamiento recto con curvaturas pequeñas (fondo móvil), no es capaz de conducir las aguas en línea recta sino que desarrolla inestabilidad lateral. Los ríos de gran sinuosidad tienen mayor longitud y menor pendiente; asimismo, las curvas generan resistencia al flujo; por lo tanto la capacidad de desagüe es menor, pudiendo originar desbordamiento mayores. Si las orillas no son resistentes, la acción sobre las curvas pueden causar erosión en las márgenes.

5.1 Trazo del eje del río

Sobre la base de imágenes satelitales e información de la carta nacional, se ha trazado el eje del río, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Sinuosidad del río. Se ha rectificado con tramos compuesto por curvas grandes y ligeramente rectas, considerando que la pendiente de equilibrio va a permitir un equilibrio entre la sedimentación y la erosión. Teniendo en cuenta que no deben existir alineaciones rectas sino curvas (figura 14).

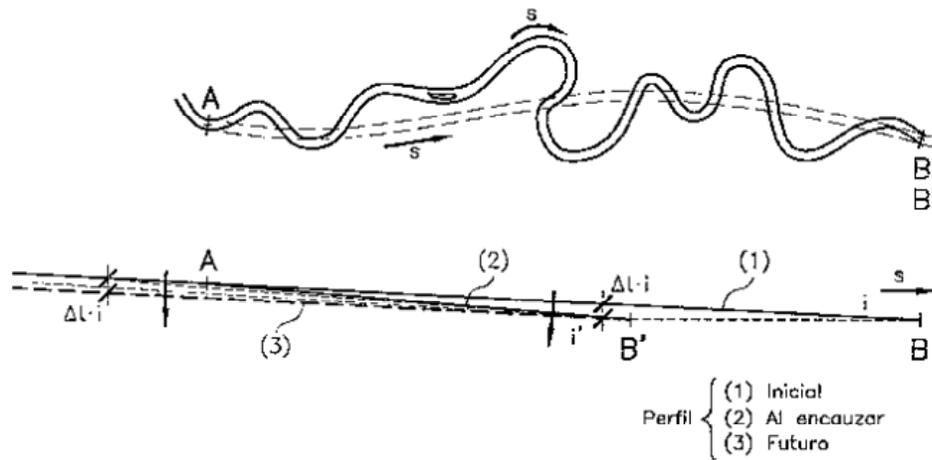


Figura 14. Trazo para reducir curvas

Fuente:

Dentro de la curvatura no es recomendable trazar arcos de círculos, ya que la curvatura es constante y cambiaría bruscamente de signo en el punto de tangencia (figura 15).

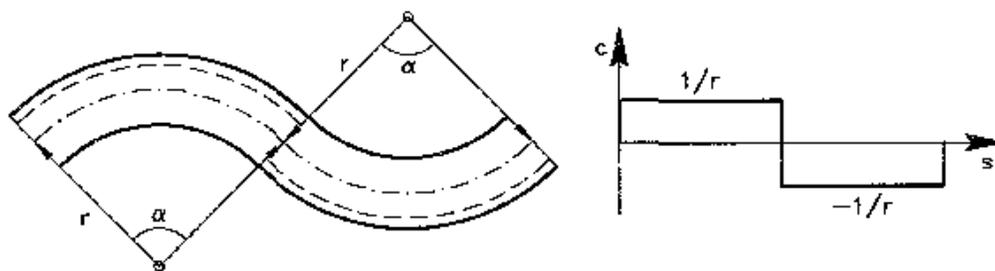


Figura 15. Alineaciones circulares alternadas

- Estructuras viales de cruce e hidráulicas. Los puentes y bocatomas de alguna forma definen el ancho de un río en ese tramo (figura 16).



Figura 16. Existencia de estructuras hidráulicas

Fuente: Google Earth

- Predios agrícolas, se ha tenido en cuenta la propiedad privada, para no generar conflictos con los propietarios.
- Estrangulaciones naturales. Existen tramos del río con presencia de zonas rocosas que definen de manera natural el ancho del río, el cual no puede ser modificado.



Figura 17. Estrangulaciones naturales y predios agrícolas

Fuente: Google Earth

- Existencia de obras de defensa ribereña.
- Aspectos legales. Se hace referencia a la Ley de Recursos Hídricos y a la Directiva sobre delimitación de Fajas Marginales.

De acuerdo a los criterios descritos se propone un eje de longitud 50,000 m. Desde la progresiva 0+000, que inicia en el litoral marino con las siguientes coordenadas: Este (X) 758969, Norte (Y) 9007565. Hasta la progresiva 50+000 (fin del tramo), que tiene las siguientes coordenadas: Este (X) 788881, Norte (Y) 9038309 (figura 20).

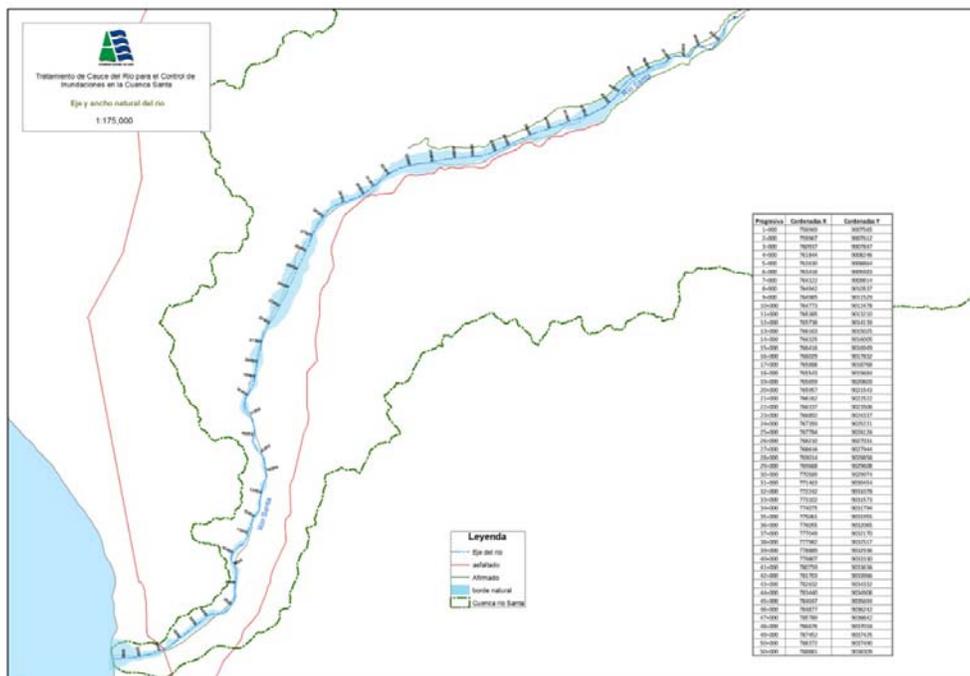


Figura 18. Eje y ancho natural del río Santa

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9, se muestran las coordenadas de las progresivas del eje del río desde el litoral marino hasta el kilómetro 50+000.

Cuadro 6. Coordenadas del eje del río Santa

Progresiva	Cordenadas X	Cordenadas Y			
1+000	758969	9007565	25+000	767784	9026126
2+000	759967	9007612	26+000	768210	9027031
3+000	760937	9007847	27+000	768616	9027944
4+000	761844	9008246	28+000	769014	9028858
5+000	762630	9008864	29+000	769668	9029608
6+000	763416	9009483	30+000	770589	9029974
7+000	764322	9009814	31+000	771463	9030454
8+000	764942	9010537	32+000	772242	9031078
9+000	764985	9011529	33+000	773102	9031573
10+000	764773	9012478	34+000	774075	9031794
11+000	765385	9013210	35+000	775061	9031955
12+000	765738	9014139	36+000	776055	9032065
13+000	766163	9015025	37+000	777049	9032170
14+000	766325	9016005	38+000	777982	9032517
15+000	766416	9016949	39+000	778889	9032936
16+000	766029	9017832	40+000	779807	9033330
17+000	765888	9018768	41+000	780759	9033636
18+000	765543	9019684	42+000	781703	9033966
19+000	765659	9020603	43+000	782632	9034332
20+000	765957	9021543	44+000	783440	9034908
21+000	766162	9022522	45+000	784047	9035694
22+000	766337	9023506	46+000	784877	9036242
23+000	766892	9024337	47+000	785789	9036642
24+000	767359	9025221	48+000	786676	9037018
			49+000	787452	9037425
			50+000	788372	9037490
			50+000	788881	9038309

5.2 Cálculo del ancho estable

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 122 m.

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

b. **Método de Petits.** La expresión empleada es la siguiente

$$B = 4.44 * Q^{0.5}, \text{ el ancho estable es } 162 \text{ m}$$

c. **Método de Simons y Henderson.** Considerando la situación más desfavorable, fondo y orillas de arena y la expresión indicada, el ancho estable es 208 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 228 m.

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

Factor de Fondo (Fb)

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

Factor de Orilla (Fs)

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

e. **Método de Manning Strickler.** Este método incluye a la rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m), tomando valores de 0.040, 10 y 0.50 respectivamente, el ancho estable es 142 m.

Metodo de Manning y Strickler

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

n **K** **m**

Coefficiente - Tipo de Material (K)

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

Coefficiente Cauce (m)

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

En resumen tenemos que, el ancho estable puede variar desde los 122 hasta 228 metros; para fines prácticas, se adopta en promedio 172 m como ancho

estable del río; pudiendo éste variar según la geomorfología del río.

Cuadro 7. Resumen de valores del ancho estable

Método	B (m)
Recomendación Práctica	122
Método de Petits	162
Método de Simons y Henderson	208
Método de Blench y Altunin	228
Método de Manning Strickler	142

En la figura 19, se observa el trazo del ancho estable, respetando los criterios descritos.

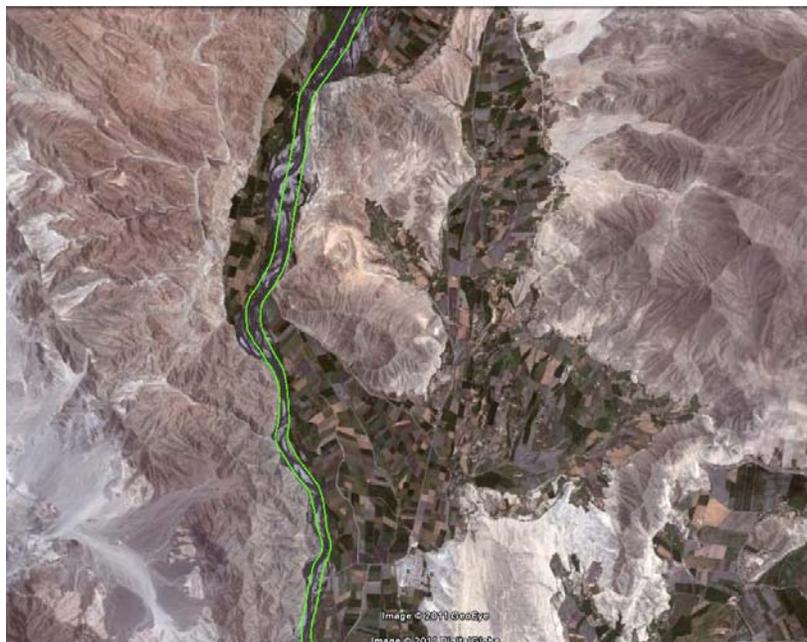


Figura 19. Ancho estable del río Santa

CAPITULO 6

MODELAMIENTO HIDRAULICO

6.1 Simulación hidráulico en flujo estacionario: conceptos básicos

El análisis hidráulico permite determinar los niveles de aguas máximas, llanura de inundación, velocidades y otros parámetros hidráulicos, para avenidas extremas con diferentes períodos de retorno; de manera se visualice el comportamiento del flujo de acuerdo a las características morfológicas del cauce.

6.1.1 Flujo gradualmente variado

Se puede simplificar el flujo del agua en un cauce natural como unidimensional, es decir, la profundidad y velocidad sólo varían en la dirección longitudinal del canal, cuyo eje se supone aproximadamente una línea recta, la velocidad es constante en cualquier punto de una sección transversal

Si mantenemos la hipótesis metodológica de un flujo permanente, es decir que el caudal no varía con el tiempo, pero con una variación paulatina de la velocidad en el espacio, y por tanto del tirante, al no modificarse el caudal, el régimen recibe el nombre de gradualmente variado, y en él se produce una distribución hidrostática de las presiones. Los perfiles pueden analizarse considerando régimen supercrítico y subcrítico.

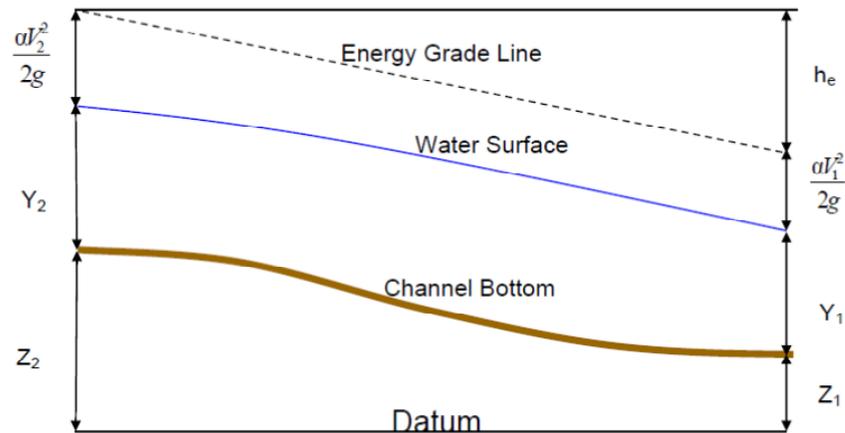
Los cálculos están orientados a flujo unidimensional, para flujo estacionario gradualmente variado y para régimen mixto (subcrítico y supercrítico). Desarrollado con la ecuación de la energía, por un proceso iterativo: standart step method. Que resuelve la ecuación dinámica del flujo gradualmente variado igualando la energía en dos secciones consecutivas mediante un procedimiento cíclico de aproximaciones sucesivas. Para ellos se empleó el modelo computacional HEC-RAS (River Analysis System; USACE),

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

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
- α_1 y α_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.



Fuente: HEC RAS

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

6.1.2 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.

6.2 Información requerida para la simulación

6.2.1 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 6).

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 8. Valores del coeficiente de rugosidad para cauces naturales

Valores de Manning			
Tipo de canal y descripción	Minimo	Normal	Máximo
A. Cauces naturales			
1. Canales principales			
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
2. Llanura de inundación			
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
3. Cauces de montañas, sin vegetación en el canal, márgenes usualmente empinados, con árboles y arbustos sobre márgenes submergidos			
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 7, se indica los coeficientes de rugosidad por tramos y diferenciado por márgenes y cauce principal.

Cuadro 9. Valores del coeficiente de rugosidad por tramos

Progresiva	Cauce	MI	MD	Descripción
0+000-10+000	0.045	0.04	0.04	Cauce: Limpio, sinuoso, poco profundo, bancos, con algo de hierba y piedra. MI y MD: Campos de cultivos
10+000-21+000	0.035	0.04	0.045	Cauce: Limpio, recto, sin fisuras, con piedra y hierbas. MI: Campos de cultivos, MD: Sin vegetación, presencia de material rocoso
21+000-50+000	0.45	0.045	0.045	Cauce: Limpio, sinuoso, poco profundo, bancos, cantos rodados MI y MD: Campos de cultivos, presencia de material rocoso

6.2.2 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 máximo total de la cuenca para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años son 976, 1,177 y 1,327 m³/s respectivamente.

6.2.3 Pendiente del cauce

La pendiente promedio del cauce desde el litoral hasta la progresiva 50+000 es 0.6% (0.006). Este tramo corresponde al estudio de tratamiento del cauce el río Santa.

6.2.4 Topografía

La topografía fue elaborada tomando la siguiente información:

- Imágenes satelitales de 1 metro de resolución
- Cartografía digital del Instituto Geográfico Nacional
- Modelo Digital de Elevación (DEM)
- Estudios anteriores (expedientes técnicos, perfiles, otros)

Consideraciones:

- ✓ La precisión de las curvas de nivel es cada metro de desnivel.
- ✓ La faja topográfica ha considerado el cauce y la llanura de inundación. La cobertura de la llanura de inundación garantiza que los resultados de la simulación queden dentro de esta faja.
- ✓ La faja topográfica abarca campos de cultivos, vías de comunicación, obras hidráulicas y centros poblados.

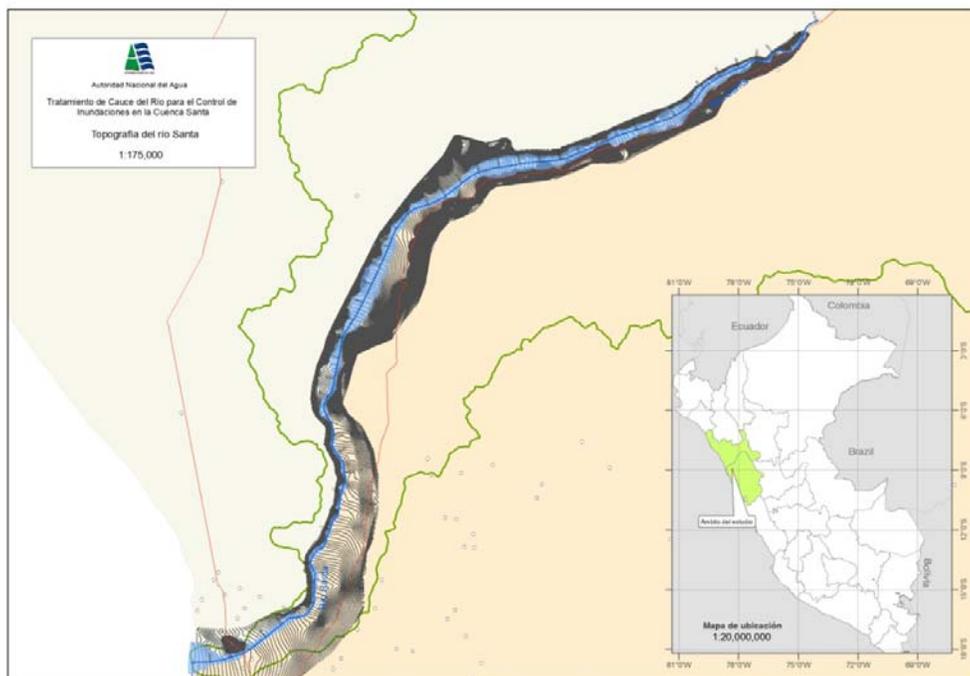


Figura 20. Topografía del río Santa

Fuente: Elaboración propia

6.2.5 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.

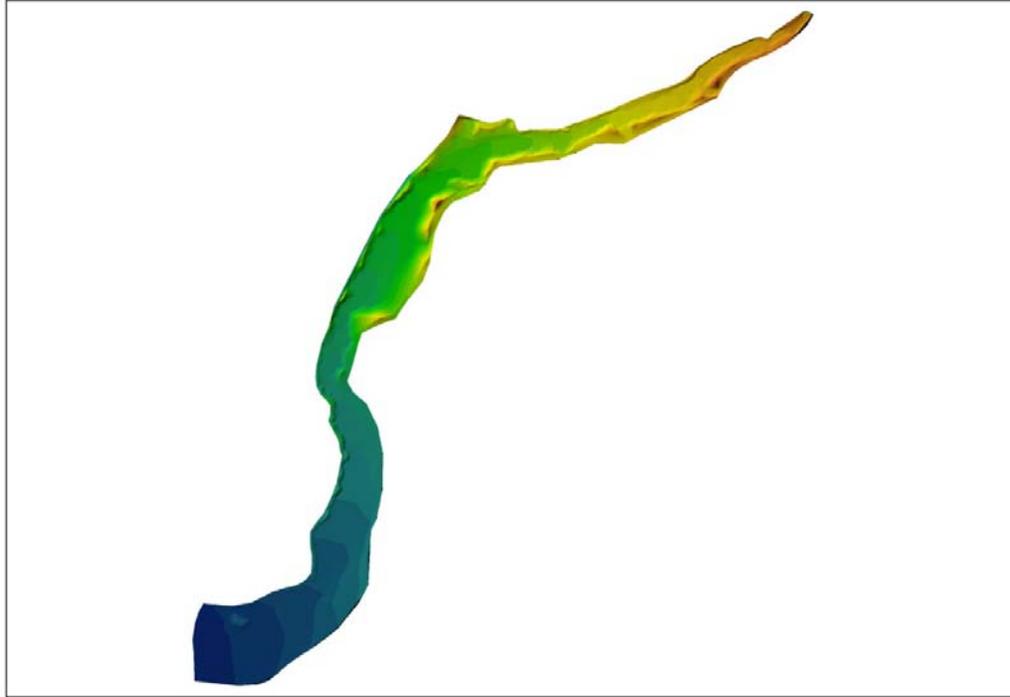


Figura 21. Modelo Digital de Elevaciones - TIN

6.2.6 Ancho estable teórico del cauce (B)

Se ha definido en el capítulo 5. El valor del ancho estable puede variar entre 122 a 228 metros.

6.3 Determinación del eje del río

En el capítulo 5, se ha indicado el trazo del eje del río.

6.4 Identificación de defensas ribereñas existentes

Las obras de defensas ribereñas, existentes en el cauce del río Santa son espigones y diques enrocados. Se han identificado 16 estructuras distribuidas mayormente en la margen izquierda (figura 23).

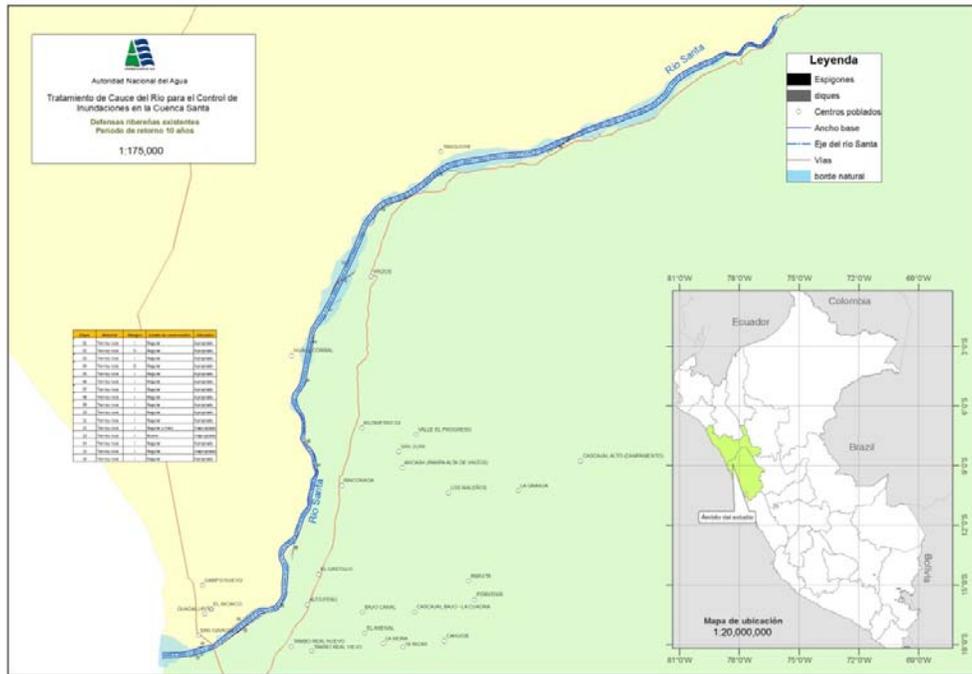


Figura 22. Defensas ribereñas existentes

Del total de los diques identificados, 3 de estas están ubicadas inapropiadamente con respecto al eje y ancho estable del río, es decir su alineamiento tiende a cortar el cauce del río (cuadro 10).

Cuadro 10. Evaluación de defensas ribereñas

Dique	Material	Margen	Estado de conservación	Ubicación
01	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
02	Tierra y roca	D	Regular	Apropiado
03	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
04	Tierra y roca	D	Regular	Apropiado
05	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
06	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
07	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
08	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
09	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
10	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
11	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
12	Tierra y roca	I	Regular y malo	Inapropiado
13	Tierra y roca	I	Bueno	Inapropiado
14	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado
15	Tierra y roca	I	Regular	Inapropiado
16	Tierra y roca	I	Regular	Apropiado

6.5 Trabajo previo con Sistema de Información Geográfica (preRas)

Estos pasos previos fue realizado con ArcGis 9.3 y el módulo Hec GeoRas. En esta fase se estructuró el modelo, de tal manera contenga:

- ✓ La geometría del cauce (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

6.6 Trabajo con HEC RAS

Con el modelo estructurado en la fase anterior, se realizó la simulación en el HEC RAS, para ello fue necesario considerar lo siguiente:

- ✓ 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.

6.7 Post proceso con SIG

Los resultados de la simulación realizada en la fase anterior, se exporta hacia la plataforma del ArcGis para generar los mapas temáticos, para ello 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.

6.8 Plan de simulación

Con fines de un modelamiento más robusto se ha interpolado las secciones transversales principales cada 50 metros; para un flujo estacionario y régimen mixto; tomando como modelo hidráulico el HEC RAS y el módulo HEC GEORAS, versión 4.1 y migrado al ArcGis 9.3, para la representación en mapas temáticos.

CAPITULO 7

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO

7.1 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 11, se muestra los niveles de agua (en metros) para los caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 11. Niveles de tirantes o calados (m)

Progresiva	Tiempo de retorno		
	10	25	50
50+000 - 45+000	1.37-3.72	1.51-4.06	1.61-4.29
45+000 - 40+000	1.13-1.45	1.23-1.59	1.31-1.69
40+000 - 35+000	0.87-1.88	0.96-2.05	1.02-2.16
35+000 - 30+000	0.90-1.43	1.00-1.56	1.07-1.65
30+000 - 25+000	1.27-1.54	1.38-1.68	1.46-1.78
25+000 - 20+000	0.90-2.45	1.00-2.64	1.06-2.75
20+000 - 15+000	0.98-2.44	1.10-2.65	1.19-2.81
15+000 - 10+000	0.47-2.20	0.55-2.34	0.61-2.44
10+000 - 05+000	0.48-1.43	0.56-1.54	0.62-1.62
05+000 - 00+000	0.74-1.26	0.80-1.36	0.84-1.42

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 máximos son 3.72, 4.06 y 4.29 metros, respectivamente.

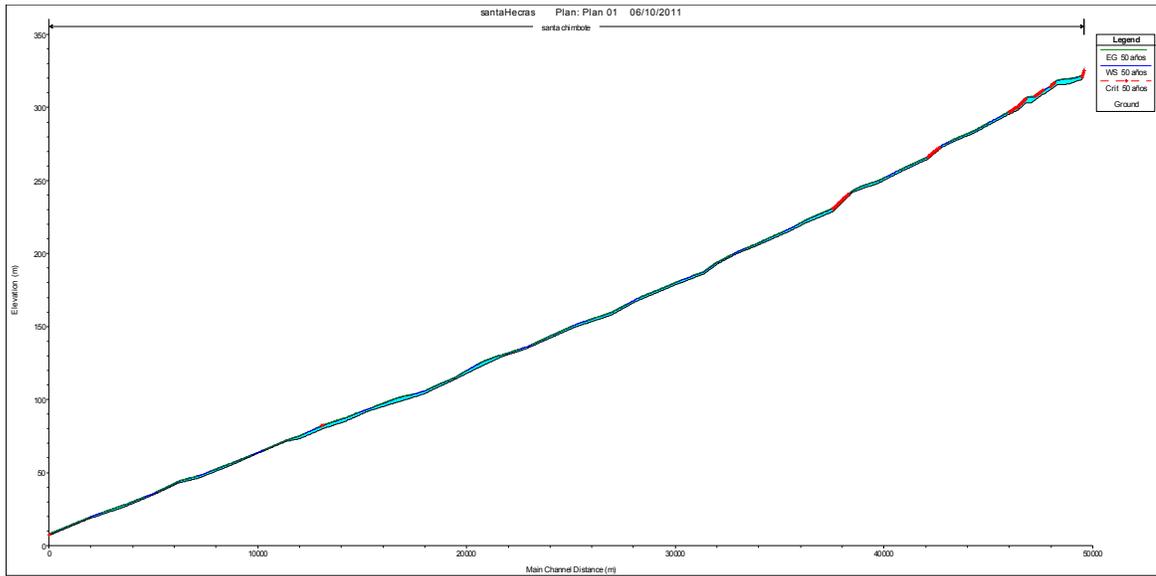


Figura 23. Perfil longitudinal de los niveles de agua del río

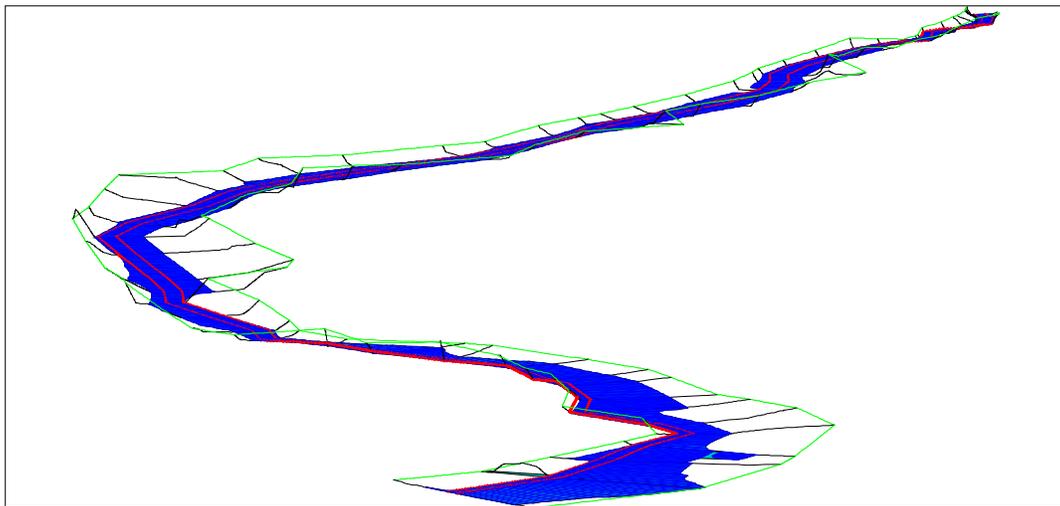


Figura 24. Perspectiva del flujo de agua del río Santa

b. Velocidad de flujo máximo

En el cuadro 12, se muestra las velocidades máximas (m/s) para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 12. Velocidades del flujo (m/s)

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
50+000 - 45+000	1.61-4.83	1.76-5.19	1.86-5.40
45+000 - 40+000	1.55-2.63	1.69-2.78	1.79-2.89
40+000 - 35+000	1.55-3.40	1.70-3.59	1.79-3.74
35+000 - 30+000	1.41-2.45	1.56-2.62	1.65-2.73
30+000 - 25+000	1.60-2.54	1.76-2.70	1.87-2.80
25+000 - 20+000	1.34-2.53	1.44-2.31	1.50-2.31
20+000 - 15+000	1.56-2.81	1.71-3.02	1.81-3.15
15+000 - 10+000	1.05-3.06	1.19-3.20	1.28-3.28
10+000 - 05+000	1.03-2.11	2.17-1.17	1.26-2.25
05+000 - 00+000	1.36-2.05	1.46-2.14	1.52-2.20

Las velocidades máximas varían de acuerdo al recorrido, las mayores velocidades se encuentran en el tramo del kilómetro 45 al 50. Para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno, los valores máximos son 4.83, 5.19 y 5.40 metros.

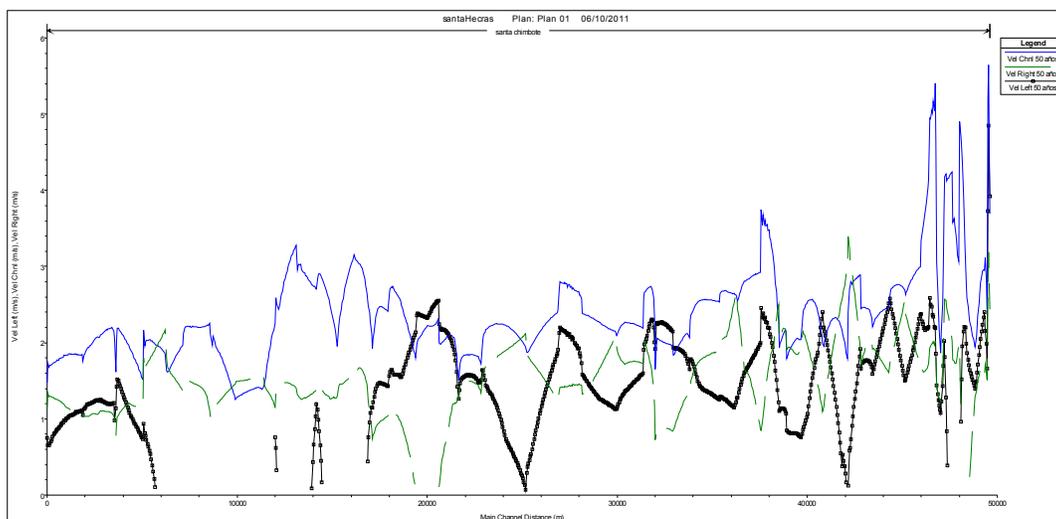


Figura 25. Distribución longitudinal de la velocidad del flujo

c. Número de Froude

En el cuadro 13, se muestra el Número de Froude para caudales de 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

Cuadro 13. Número de Froude

Tramo	Tiempo de retorno		
	10	25	50
50+000 - 45+000	0.27-1.13	0.28-1.15	0.29-1.16
45+000 - 40+000	0.59-0.93	0.94-0.61	0.62-0.93
40+000 - 35+000	0.51-0.97	0.52-0.97	0.53-0.98
35+000 - 30+000	0.53-0.78	0.54-0.79	0.55-0.80
30+000 - 25+000	0.54-0.73	0.55-0.74	0.56-0.74
25+000 - 20+000	0.41-0.73	0.72-0.41	0.42-0.73
20+000 - 15+000	0.38-0.68	0.39-0.69	0.39-0.70
15+000 - 10+000	0.51-0.71	0.52-0.71	0.53-0.72
10+000 - 05+000	0.50-0.79	0.51-0.82	0.51-0.83
05+000 - 00+000	0.43-0.67	0.44-0.68	0.44-0.69

Según el cuadro 13, el régimen del flujo, en general es subcrítico, con Número de Froude menor a 1, salvo en el tramo del kilómetro 45 al 50, el régimen varía de subcrítico a supercrítico.

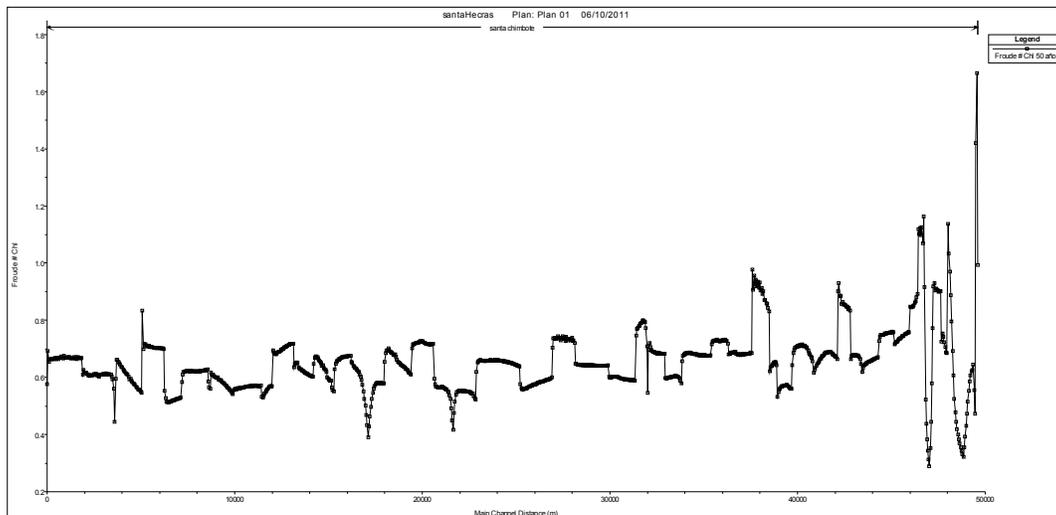


Figura 26. Número de Froude, a lo largo del río Santa

Los mayores valores de los parámetros se encuentran entre las progresivas 45+000 y 50+000, debido a que el ancho del cauce natural es menor que el resto

del tramo del río.

7.2 Secciones transversales

Las secciones transversales y demás parámetros hidráulicos se indican en la parte de anexos.

7.3 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 en el cuadro 13.

Cuadro 14. Áreas afectadas por las inundaciones

Escenarios	Caudal de máxima avenida (m ³ /s)	Periodo de retorno (años)	Área inundable (ha)	Área agrícola (ha)
Escenario 1	976	10	2,588	1,290
Escenario 2	1,177	25	2,700	1,310
Escenario 3	1,327	50	2,816	1,346

En las figuras del 28 al 30, se muestran las llanuras de inundación para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

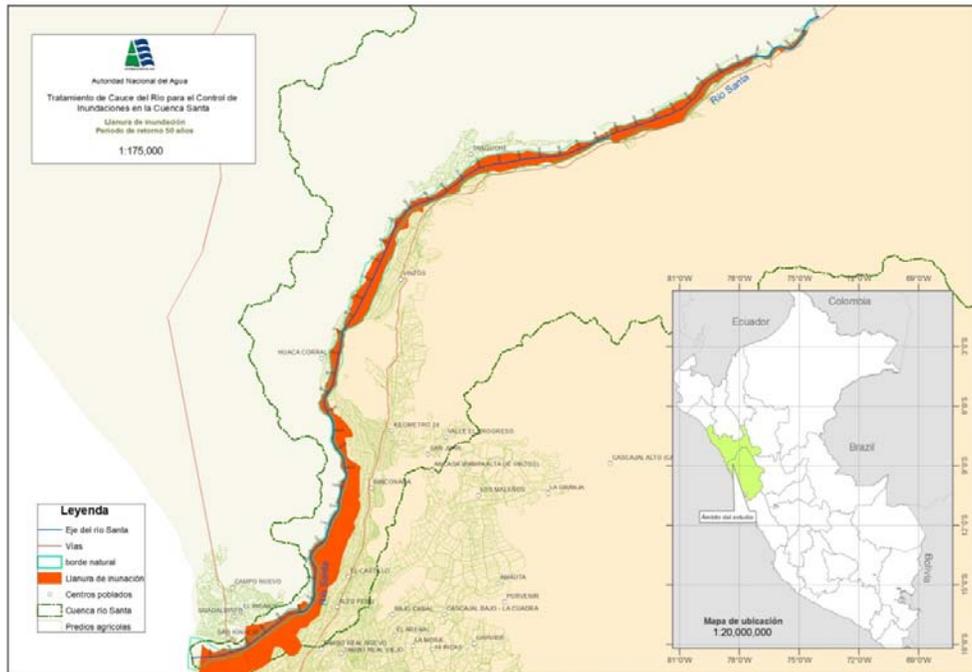


Figura 27. Llanura de inundación para un periodo de retorno de 50 años

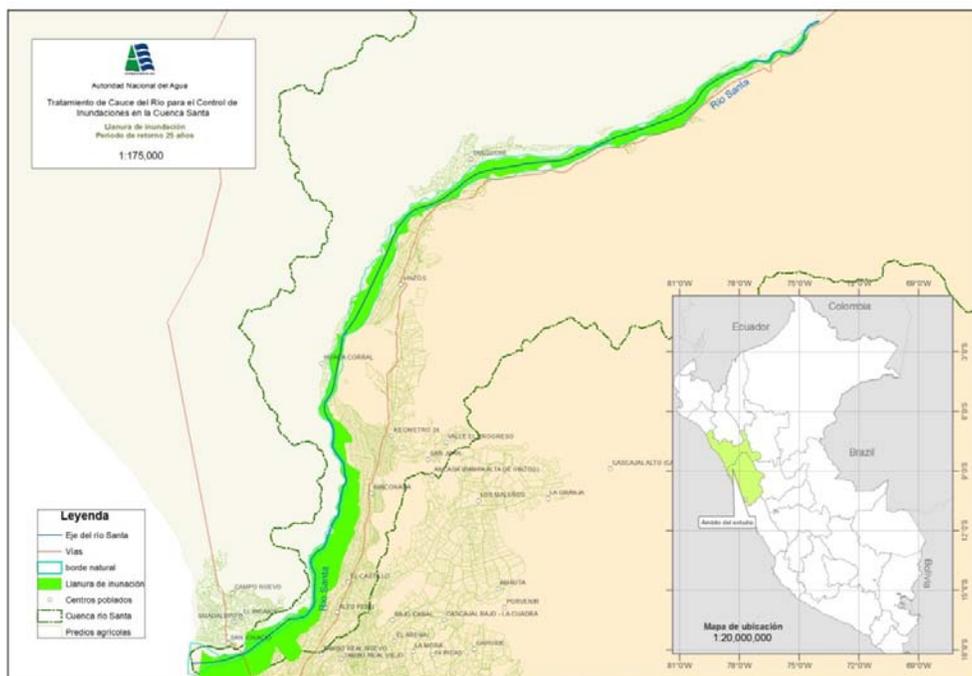


Figura 28. Llanura de inundación para un periodo de retorno de 25 años

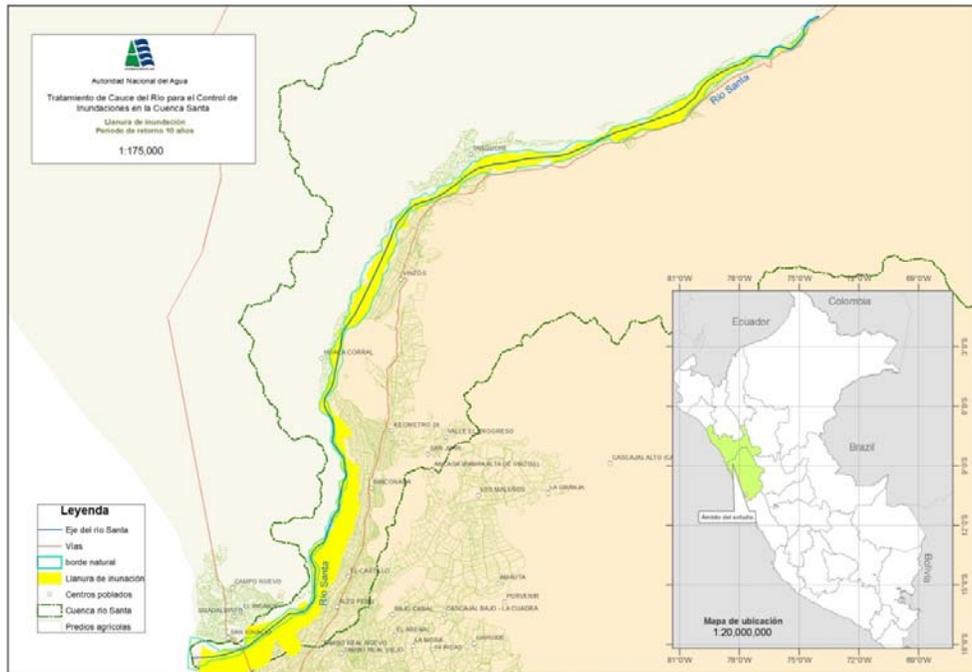


Figura 29. Llanura de inundación para un periodo de retorno de 10 años

De las áreas afectadas para un periodo de retorno de 50 años, tenemos que 1,346 ha (cuadro 15), son áreas agrícolas y 1,470 corresponde a áreas sin cultivos, que actualmente son áreas erosionadas.

Cuadro 15. Tipos de cultivos afectados

Cultivos afectados	Área (ha)
Algodón	520
Ají	7.5
Ajo	28.8
Camote	216.8
Cebolla	26.5
Marigold	76.85
Maíz	350.82
Zanahoria	91.2
Otros cultivos	27.53
Total	1,346

El área afectada indirectamente, como consecuencia de la colmatación o colapso de las bocatomas y tomas, se indican en el cuadro 16.

Cuadro 16. Áreas afectadas indirectamente

Captación	Área afectada indirectamente (ha)
Toma San Bartolo	181
Toma Santa	289
Bocatoma La Víbora	1894
Bocatoma La Huaca	5321
Toma 47	9
Toma Suchiman	11
Toma Tablones	11
Total	7,716

CAPITULO 8

GESTION DE RIESGOS

El riesgo se define como el grado de pérdida debido a fenómenos naturales particulares (Vernes, 19849); por lo cual dentro del análisis se tendrá un producto de la amenaza (periodo de retorno del fenómeno natural) por la vulnerabilidad.

El riesgo es la medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso para la salud humana, propiedad o en el medio ambiente. Generalmente se define como las posibles consecuencias desfavorables económicas, sociales y ambientales que puedan presentarse a raíz de la ocurrencia de un evento dañino en un contexto de debilidad social y física ante el mismo.

Los mapas de riesgos es la combinación de los mapas de peligros naturales y los mapas de vulnerabilidad, operados con del programa de SIG.

La Gestión del Riesgo de Desastre (GRD) es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas y estrategias, y para fortalecer sus capacidades, con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales (por ejemplo, construcción de defensas ribereñas para evitar el desbordamiento de un río) y no-estructurales (por ejemplo, la reglamentación de los terrenos) para evitar o limitar los efectos adversos de los desastres (ITDG, 2009).

Identificar el (1) peligro es uno de las primeras acciones en la gestión del riesgo. En este estudio está identificado como las inundaciones para un caudal de 50 años de periodo de retorno. Otra acción que se realiza en la gestión del riesgo es la evaluación de la (2) vulnerabilidad o puntos críticos de desborde. (3)

Medidas de prevención, en este caso se ha considerado a las medidas estructurales y no estructurales

8.1 Identificación de sectores críticos de desborde o vulnerables ante inundaciones

Los sectores críticos se han analizado de dos maneras: (1) evaluación en campo y (2) evaluación de la llanura de inundación, obtenido de la simulación hidráulica del río.

Con el propósito de tener un mejor detalle del análisis, se ha realizado en tramos cada 5 kilómetros.

Tramo 0+000 – 5+000. En este tramo, se han identificado 03 tramos críticos, uno en la margen derecha y 02 en la margen izquierda.

En el cuadro 17, se indican las características de los sectores críticos ante eventos de inundación y erosión de taludes.

Cuadro 17. Características de los sectores críticos, progresiva 0-5+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
0 - 5+000	D	Chingana	Inundación y erosión	Erosión de margen	Puente Santa	761752	9008329
	I	San Bartolo	Inundación y erosión	Colapso de diques y espigones	Predios agrícolas y 500 m de caminos de acceso	761172	9007652
	I	San Bartolo	Erosión	Colapso de espigón	Predios agrícolas	762924	9008876

En la figura 31, se ilustra los mapas temáticos con los sectores críticos ante inundaciones, en el tramo 0+000-05+000.

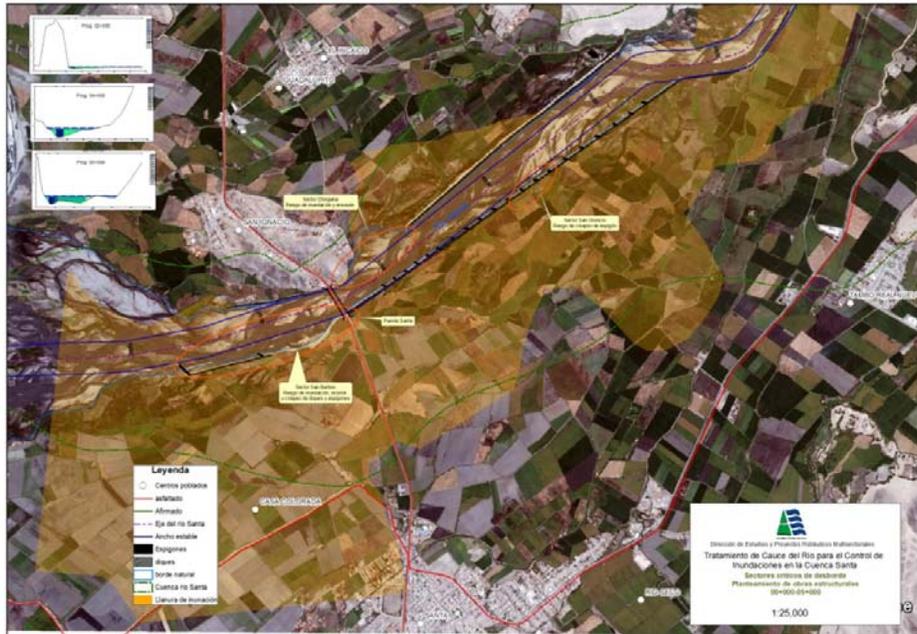


Figura 30. Sectores críticos del progresiva 0-5+000

Tramo 05+000 – 10+000. En este tramo, se han identificado 4 puntos críticos, 03 en la margen izquierda y uno en la margen derecha.

En el cuadro 18, se indican las características de los sectores críticos ante eventos de inundación y erosión de taludes.

Cuadro 18. Características de los sectores críticos, progresiva 5-10+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
5 - 10+000	I	San Bartolo	Inundación y erosión, colapso de diques y espigones	Erosión e inundación	Predios agrícolas	764550	9009765
	I	Castillo	Inundación y erosión, colapso de diques	Erosión e inundación	Predios agrícolas	765065	9011175
	I	Castillo-Gallinazo	Inundación	Inundación de 500 m de camino	Caminos	765271	9012042
	D	Canal Alto	Inundación	Inundación de predios	Predios agrícolas	764437	9009981

En la figura 32, se ilustra los mapas temáticos con los sectores críticos ante inundaciones, en el tramo 05+000-10+000.

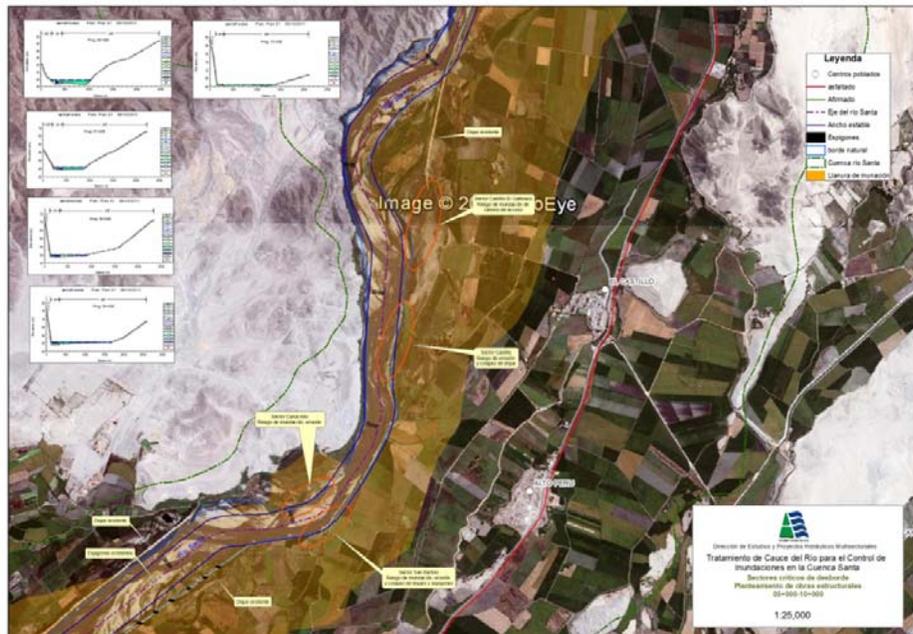


Figura 31. Sectores críticos, progresiva 05 - 10+000

Tramo 10+000 – 15+000. Se han identificado 03 puntos críticos en la margen izquierda

En el cuadro 19, se indican las características de los sectores críticos ante eventos de inundación y erosión de taludes.

Cuadro 19. Características de los sectores críticos, progresiva 10-15+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
10 - 15+000	I	Rinconada-San Eduardo	Inundación y erosión	Erosión de margen e inundación	Predios agrícolas	766204	9014801
	I	Rinconada Alta	Inundación y erosión	Erosión de 700 m de caminos e inundación de predios	Predios agrícolas y caminos	766459	9016049
	I	Rinconada	Inundación y erosión	Colapso de dique e inundación	Predios agrícolas y diques	766433	9017293

En la figura 33, se ilustra los mapas temáticos con los sectores críticos ante inundaciones, en el tramo 10+000-15+000

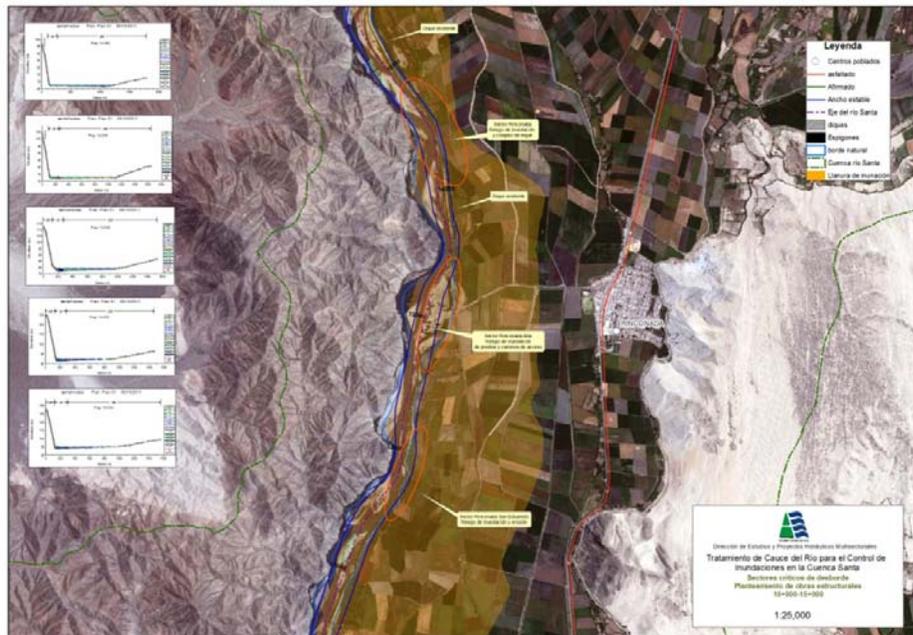


Figura 32. Sectores críticos del tramos 10 - 15+000

Tramo 15+000 – 20+000. Se han identificado 03 puntos críticos, ubicados en la margen izquierda del río (cuadro 20).

Cuadro 20. Características de los sectores críticos, progresiva 15-20+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
15 - 20+000	I	Rinconada Alta	Inundación	Inundación de predios	Predios agrícolas	765781	9019484
	I	Rinconada Alta	Erosión	Erosión de 200 m de caminos y canal	Caminos y canal de riego	765709	9020514
	I	Rinconada Alta	Erosión	Erosión de 600 m de caminos y canal	Caminos y canal de riego	766140	9021702

En la figura 34, se ilustra los mapas temáticos con los sectores críticos ante inundaciones, en el tramo 15+000-20+000

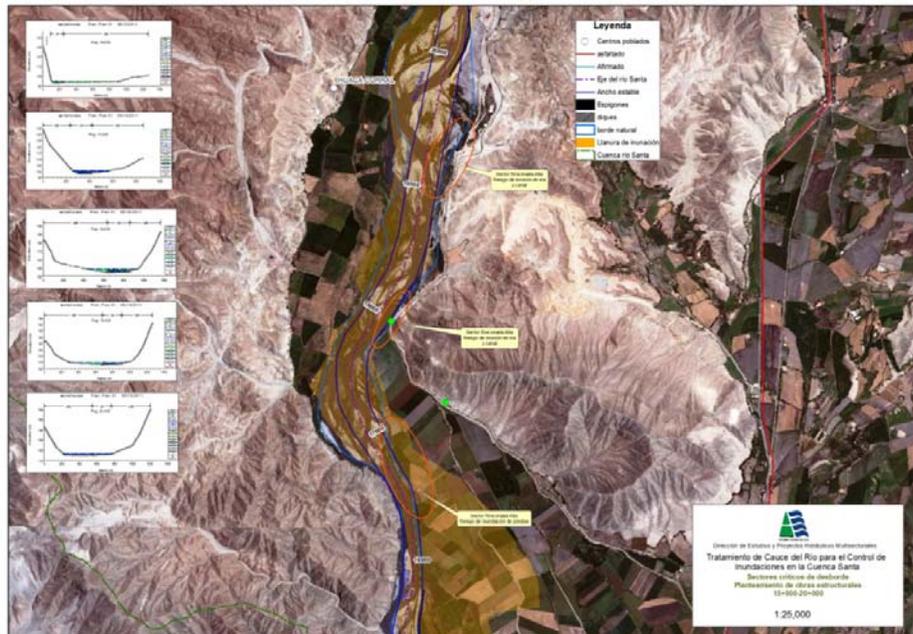


Figura 33. Sectores críticos, progresiva 15 - 20+000

Tramo 20+000 – 25+000. Se observa un punto crítico, debido a la inapropiada ubicación del dique, poniendo en riesgo de inundación predios agrícolas (cuadro 21).

Cuadro 21. Características de los sectores críticos, progresiva 20-25+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
20 - 25+000	I	Vinzos	Dique ubicado inapropiadamente		Predios agrícolas	767975	9026681

En la figura 35, se observa la ubicación inapropiada de los diques, con respecto al eje y ancho estable del río.



Figura 34. Ubicación de los diques existentes, progresiva 20-25+000

Tramo 25+000 – 30+000. En este tramo, se han identificado 02 puntos críticos en la margen izquierda. Uno está relacionado a la erosión de márgenes y el otro a la ubicación inapropiada de los diques existentes.

Cuadro 22. Puntos críticos y características, progresiva 25-30+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
25 - 30+000	I	Vinzos	Erosión	Daños en 450 m de carretera	Carretera	771475	9030221
	I	Vinzos	Dique ubicado inapropiadamente		Predios agrícolas	772037	9030874

En la figura 36, se observa la ubicación inapropiada de los diques, con respecto al eje y ancho estable del río y el punto crítico de erosión



Figura 35. Ubicación de los puntos críticos y diques existentes

Tramo 30+000 – 35+000. Son 02 puntos críticos en la margen izquierda. Uno está relacionado a la erosión de márgenes y el otro a la ubicación inapropiada de los diques existentes (cuadro 23).

Cuadro 23. Puntos críticos y características, progresiva 30-35+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
30 - 35+000	I	Vinzos	Dique ubicado inapropiadamente		Predios agrícolas	772158	9030953
	I	Vinzos	Erosión	Daños en 600 m de carretera	Carretera	773772	9031278



Figura 36. Ubicación de los puntos críticos y diques existentes, progresiva 30-35+000

Tramo 35+000 – 45+000. El punto crítico está relacionado con la protección de la bocatoma la Huaca, contra la erosión (cuadro 24).

Cuadro 24. Punto crítico en la bocatoma La Huaca, progresiva 35-45+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
35 - 45+000	I	Suchiman	Erosión	Daños en bocatoma La Huaca	Bocatoma La Huaca y carretera	779785	9032843

En la figura 38, se observa la ubicación del punto crítico de erosión que pudiera poner en riesgo la bocatoma La Huaca.



Figura 37, Ubicación del punto crítico a erosión

Tramo 45+000 – 50+000. En este tramo, se observa 05 puntos críticos, relacionados a erosión e inundación; de los cuales 04 están ubicados en la margen izquierda y 01 en la margen derecha.

Cuadro 25. Características de los puntos críticos, progresiva 45-50+000

Tramo	Margen	Sector	Amenaza	Efecto previsible	Elementos expuestos	UTM (X)	UTM (Y)
45 - 50+000	I	Suchiman	Inundación	Inundación de predios	Predios agrícolas	784777	9035816
	I	Suchiman	Inundación	Inundación de predios	Predios agrícolas	785930	9036446
	I	Tablones	Inundación y erosión	Daños en cultivos	Predios agrícolas y carretera	787845	9037373
	I	Tablones	Erosión	Daños en 400 m de carretera	Carretera	788671	9037728
	D	Tablones	Inundación	Inundación de predios	Predios agrícolas	788292	9037673

En la figura 39, se observa la ubicación de los puntos críticos en el tramo 45-50+000, en la parte media de la cuenca.



Figura 38. Ubicación de los puntos críticos, progresiva 45-50+000

8.2 Propuestas de medidas estructurales de protección

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

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

Si la estructura de protección son los espigones, se debe tener en cuenta el ancho estable del río, sin llegar a un estrechamiento excesivo, debe ser compatible con la tendencia natural del curso de agua. Los radios de curvaturas que se adopten en el diseño, no debe ser menor de 2.5 veces ni mayor a 8 veces del ancho estable. Si los radios de curvatura son menores, la separación de los espigones disminuye y económicamente es conveniente construir diques paralelos al río. Si los radios son mayores, el río tiende a formar un cauce con menores radios dentro de la curva y no todos los espigones trabajan eficientemente (citado por Álvarez).

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

- ✓ Localización en planta.
- ✓ Radios de curvaturas.
- ✓ Longitud de las tangentes.
- ✓ Ancho estable del río.
- ✓ Longitud de los espigones.
- ✓ Elevación de la cresta.
- ✓ Espaciamiento entre espigones.
- ✓ Número de espigones.
- ✓ Pendiente de la corona.

- ✓ Ángulo de orientación respecto a la orilla.
- ✓ Taludes laterales de los espigones, permeabilidad del espigón.
- ✓ Características y tamaños de los materiales para la construcción.
- ✓ Determinación de las condiciones de flujo alrededor de los espigones.
- ✓ Cálculo de las socavaciones en la curva y en la cabeza de los espigones.

A nivel de todo el tramo que corresponde al estudio, deben realizarse trabajos complementarios de limpieza y descolmatación del cauce tomando como referencia el ancho estable y la pendiente indicada. Para estas actividades se recomienda emplear los siguientes tipos de maquinaria pesada: Bulldozer con una potencia promedio de 250 HP, excavadora de potencia 190 HP, volquete de 12 m³ o más, cargador frontal de 170 HP.

8.2.1 Dimensiones tipo de los diques

Considerando las características de los puntos críticos de erosión e inundación, parámetros fluviales y la disponibilidad del material en la zona, pueden ser principalmente de rocas o gaviones; no se descarta otro tipo de material, que garantice el requerimiento técnico y la armonía con el medio ambiente.

El dique típico con protección de rocas se muestra en la figura 34. Cuando el ancho estable del río es 228 metros, las dimensiones son las siguientes (figura 40).

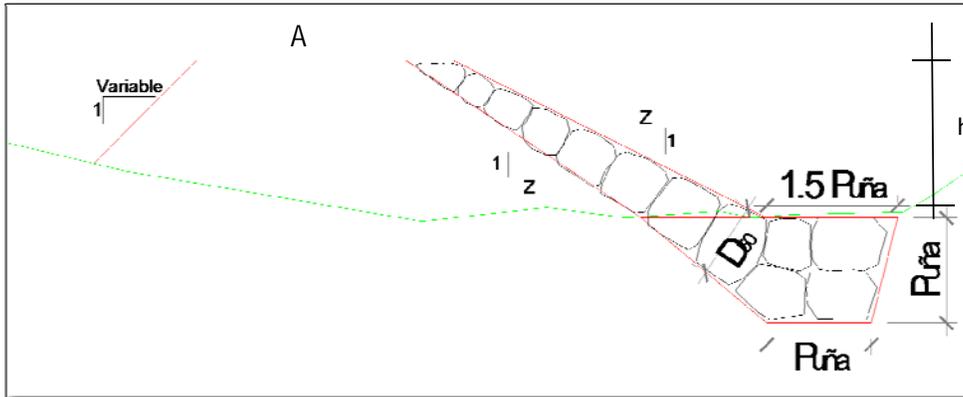
Altura de dique (h): 3.60 m

Ancho de corona (A): 4.00 m

Altura de uña: 2.40 m

Ancho de uña: 3.60 m

Tamaño de roca (D50): 0.60 m



CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

Procesar Pagina Imprimir

PROYECTO: Tratamiento de cauce río Santa

Información Inicial		
Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
1327.00	50.00	0.00600

Ancho Estable del Cauce (B)	
Recomendación Práctica	121.62
Metodo de Petis	161.74
Metodo de Simons y Henderson	207.64
Metodo de Blench y Atunin	228.40
Metodo de Manning y Stockler	132.05

Seccion Teorica del Cauce		Plantilla (B)
Metodo de Manning		228.00
Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
1.93	235.72	2.00
Area (A)	Perimetro	B. Libre (B)
447.96	236.64	1.07
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
2.963	0.681	0.0400

Dimensiones del Dique	
Forma Dique	Tipo de Suelo
<input type="radio"/> Recto	<input checked="" type="radio"/> No Cohesivo
<input checked="" type="radio"/> Curva	<input type="radio"/> Cohesivo
Dm (mm)	Radio Curva
2.00	943.00
Metodo de U' List Van Levedevy	
Dique en Recta	Dique en Curva
Tirante de Socavacion (m)	Tirante de Socavacion (m)
4.09	4.28
Profundidad de Socavacion (m)	
2.16	2.35
Altura de Uña	
2.20	2.40
Altura de Dique	
3.00	3.00
Altura Total (m)	
5.20	5.40

Diseño Preliminar Sugerido		
	D.Recto	D.Curva
Ancho Corona (m)	4.00	4.00
Altura Dique (m)	3.60	3.60
Altura Enrocado	1.93	1.93
Altura Uña (m)	2.20	2.40
Ancho de Uña (m)	3.30	3.60
Altura Total (m)	5.80	6.00

DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA - DIQUE ENROCADO LATERAL

Procesar Pagina Imprimir

Dique en tramo en Recta										
Alt. Dique	Alt. Enroca	Alt. Uña	B. Libre	Caudal	Velocidad	Talud	Ancho Uña	Z seco	Wroca	Anq. Fric
3.60	1.93	2.20	0.00	1327.00	2.96	2.00	3.30	2.00	2.00	35.00

Dique en Tramo en Curva										
Alt. Dique	Alt. Enroca	Alt. Uña	B. Libre	Caudal	Velocidad	Talud	Ancho Uña	Z seco	Wdique	Corona
3.60	1.93	2.40	0.00	1327.00	2.96	2.00	3.60	2.00	1.70	4.00

DEFENSA RIBEREÑA - TRAMO EN CURVA

DIQUE EN RECTA- D50 (m)		
Maynard	0.38	Promedio 0.45
Isbash	0.53	Selección 0.50
Deslizamiento	Volteo	
Es Estable	Es Estable	

DIQUE EN CURVA - D50 (m)		
Maynard	0.66	Promedio 0.59
Isbash	0.53	Selección 0.60
Deslizamiento	Volteo	
Es Estable	Es Estable	

Figura 39. Dimensiones del dique, para 228 m de ancho estable

Cuando el ancho estable del río es 122 metros, las dimensiones son las siguientes (figura 41).

Altura de dique (h): 3.60 m

Ancho de corona (A): 4.00 m

Altura de uña: 3.40 m

Ancho de uña: 5.10 m

Tamaño de roca (D50): 1.00 m

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

Procesar Pagina Imprimir

PROYECTO: Tratamiento de cauce río Santa

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
1327.00	50.00	0.00600

Ancho Estable del Cauce (B)

Recomendación Práctica	121.62
Metodo de Petta	161.74
Metodo de Simons y Henderson	207.64
Metodo de Blench y Altunin	228.40
Metodo de Manning y Shickler	132.05

Seccion Teorica del Cauce

Metodo de Manning	Plantilla (B)	122.00
Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
2.80	133.20	2.00
Area (A)	Perimetro	B. Libre (B)
357.41	134.53	1.10
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
3.715	0.709	0.0400

Dimensiones del Dique

Forma Dique: Recto Curva

Tipo de Suelo: No Cohesivo Cohesivo

Dm (mm): 2.00 Radio Curva: 943.00

Metodo de U: List Van Levedev

Dique en Recta Dique en Curva

Tirante de Socavacion (m)	6.20	6.20
Profundidad de Socavacion (m)	3.40	3.40
Altura de Uña	3.40	3.40
Altura de Dique	3.90	3.90
Altura Total (m)	7.30	7.30

Diseño Preliminar Sugerido

	D.Recto	D.Curva
Ancho Corona (m)	4.00	4.00
Altura Dique (m)	3.60	3.60
Altura Enrocado	2.80	2.80
Altura Uña (m)	3.40	3.40
Ancho de Uña (m)	5.10	5.10
Altura Total (m)	7.00	7.00

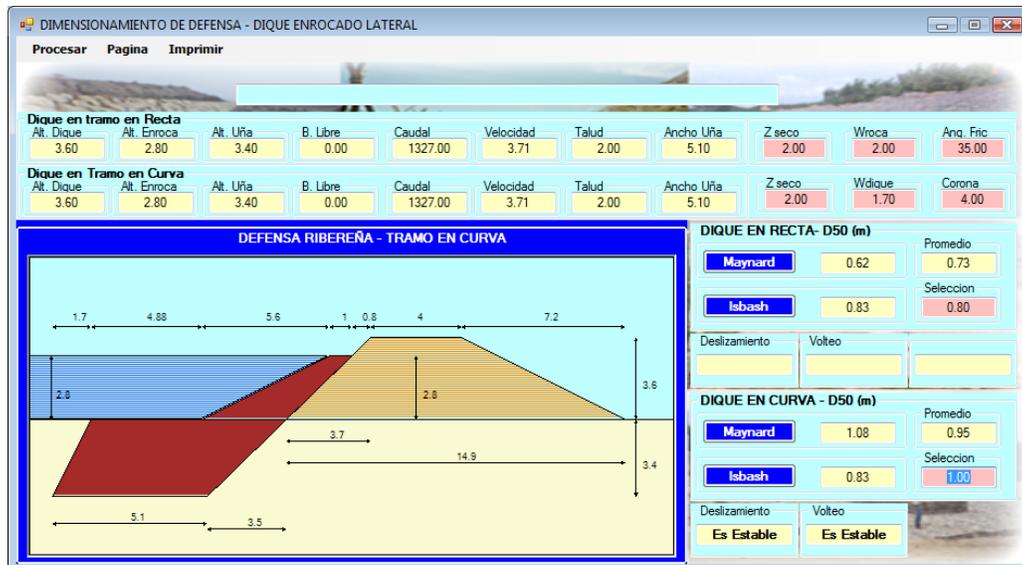



Figura 40. Dimensiones del dique, para 122 m de ancho estable

En la figura 42, se muestra un dique típico de gaviones, conformado por cajas de malla galvanizada y colchones tipo Reno.

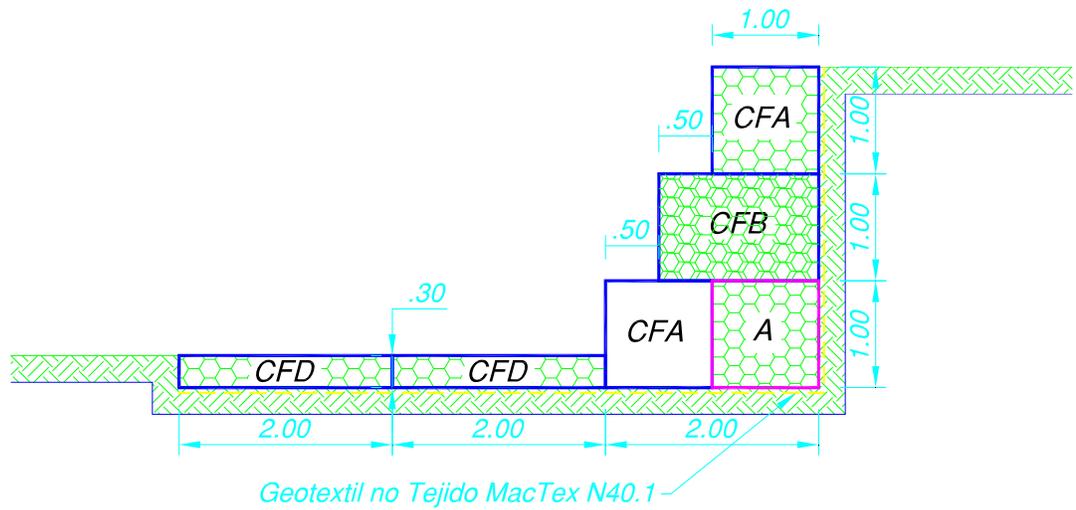


Figura 41. Dique típico de gaviones

En la figura 43, se indican algunas especificaciones de diques de gaviones (Fuente: Maccaferri).

ESPECIFICACIONES:

Gaviones tipo caja confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres de acero BCC (Bajo Contenido de Carbono) revestidos con aleación Galfan (Zn - 5Al - MM, conforme la ASTM Tierras Raras - ASTM 856-98), en el diámetro de 2.7 mm y recubiertos con PVC gris, de espesor mínimo 0.40mm. Los gaviones tipo caja presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura y de 7% para los de 0,50 m de altura.

Gaviones tipo caja fuerte son confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres de acero BCC (Bajo Contenido de Carbono) revestidos con aleación Galfan (Zn - 5Al - MM, conforme la ASTM Tierras Raras - ASTM 856-98), en el diámetro de 2.70 mm para los paños que conforman la base, pared posterior, tapa respectivamente y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura y de 7% para los de 0,50 m de altura.

Colchones Reno Fuerte confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres de acero BCC (Bajo Contenido de Carbono) revestidos con aleación Galfan (Zn - 5Al - MM, conforme la ASTM 856-98), en el diámetro 2,70 mm para los paños que conforman la base, paredes laterales, diafragmas y diámetro de 3.40mm para el paño que conforma la tapa. Los Colchones Reno presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación, y son acompañados del alambre de mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro 2,20 mm y en la proporción de 6% sobre su peso.

GEOTEXTIL MACTEX N 40.1		
Propiedades	Unidad	Valor
Resistencia a la Tracción	N	711
Elongación a la Tracción	%	>50
Resistencia al Punzonamiento	N	400
Resistencia al Desgarre Trapezoidal	N	289
Permeabilidad	cm/s	0.30
Permisividad	s-1	1.60
Tamaño de abertura aparente	mm	0.212

CANTIDADES - SECCION A

Descripción del Material	Cant.	Unid.
Gavión Tipo CFA de 5.0x1.0x1.0	2	unid.
Gavión Tipo CFB de 5.0x1.5x1.0	2	unid.
Colchón Tipo CFD de 5.0x2.0x0.3	4	unid.
Geotextil MacTex N40.1	75.00	m ²

CANTIDADES - SECCION B

Descripción del Material	Cant.	Unid.
Gavión Tipo CFA de 5.0x1.0x1.0	4	unid.
Gavión Tipo CFB de 5.0x1.5x1.0	2	unid.
Colchón Tipo CFD de 5.0x2.0x0.3	2	unid.
Gavión Tipo A de 5.0x1.0x1.0	4	unid.
Geotextil MacTex N40.1	90.00	m ²

TABLA DE MEDIDAS STANDARD GAVIÓN CAJA FUERTE

TIPO	L (m)	A (m)	H (m)	TIPO MALLA	DIAMETRO DEL ALAMBRE
Gavión Tipo CF-A	5.0	1.0	1.0	10 x 12cm 	Ø 2.7mm GALFAN (Zn-Al 5%-MM)
Gavión Tipo CF-B	5.0	1.5	1.0		
Colchón Tipo CF-D	5.0	2.0	0.3		

NOTA:
VERIFICAR GEOMETRÍA DEL MURO DE CONTENCIÓN Y PLATAFORMA ANTISOCAVANTE CUANDO SE TENGAN LOS DATOS DE SUELO CORRESPONDIENTES.

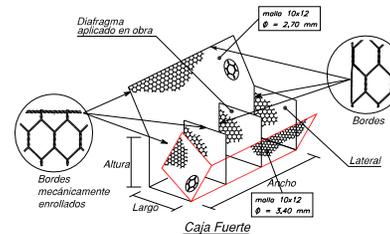


Figura 42. Especificaciones técnicas de diques de gaviones

Fuente: Maccaferri

En la figura 44, se muestra una estructura típica de espigones con gaviones, conformados con cajas de malas galvanizadas y colchones tipo Reno.

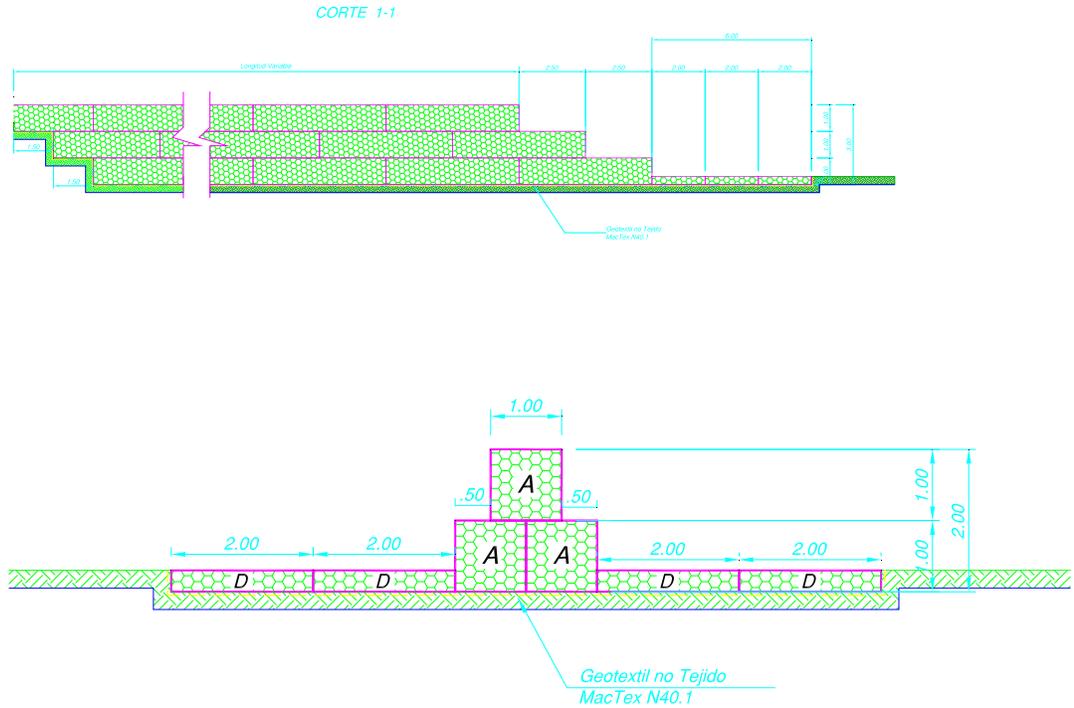


Figura 43. Espigón conformado por gaviones

En la figura 45, se indican algunas especificaciones de espigones de gaviones (Fuente: Maccaferri).

ESPECIFICACIONES:

Gaviones tipo caja confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres de acero BCC (Bajo Contenido de Carbono) revestidos con aleación Gallfan (Zn - 5Al - MM, conforme la ASTM Tierras Raras - ASTM 856-98), en el diámetro de 2.7 mm y recubiertos con PVC gris, de espesor mínimo 0.40mm. Los gaviones tipo caja presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2.20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura y de 7% para los de 0,50 m de altura.

Gaviones tipo caja fuerte son confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres de acero BCC (Bajo Contenido de Carbono) revestidos con aleación Gallfan (Zn - 5Al - MM, conforme la ASTM Tierras Raras - ASTM 856-98), en el diámetro de 2.70 mm para los paños que conforman la base, pared posterior, tapa respectivamente y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura y de 7% para los de 0,50 m de altura.

Colchones Reno Fuerte confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres de acero BCC (Bajo Contenido de Carbono) revestidos con aleación Gallfan (Zn - 5Al - MM, conforme la ASTM 856-98), en el diámetro 2,70 mm para los paños que conforman la base, paredes laterales, diafragmas y diámetro de 3.40mm para el paño que conforma la tapa. Los Colchones Reno presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación, y son acompañados del alambre de mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro 2,20 mm y en la proporción de 6% sobre su peso.

GEOTEXTIL MACTEX N 40.1		
Propiedades	Unidad	Valor
Resistencia a la Tracción	N	711
Elongación a la Tracción	%	>50
Resistencia al Punzamiento	N	400
Resistencia al Desgarre Trapezoidal	N	289
Permeabilidad	cm/s	0.30
Permisividad	s-1	1.60
Tamaño de abertura aparente	mm	0.212

TABLA DE MEDIDAS STANDARD GAVIÓN CAJA FUERTE

TIPO	L (m)	A (m)	H (m)	TIPO MALLA	DIAMETRO DEL ALAMBRE
Gavión Tipo CF-A	5.0	1.0	1.0	10 x 12cm 	Ø 2.7mm
Gavión Tipo CF-B	5.0	1.5	1.0		GALFAN (Zn-Al 5%-MM)
Colchón Tipo CF-D	5.0	2.0	0.3		

NOTA:
VERIFICAR GEOMETRÍA DEL MURO DE CONTENCIÓN Y PLATAFORMA ANTISCAVANTE CUANDO SE TENGAN LOS DATOS DE SUELO CORRESPONDIENTES.

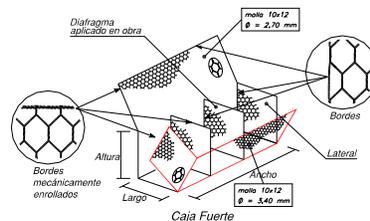


Figura 44. Espigón conformado por gaviones

Fuente: Maccaferri

Al realizar la simulación hidráulica del río con las dimensiones del ancho estable (122-228 m), pendiente de equilibrio del río (0.006), dimensiones de las defensas diques (altura de dique 3.60 m y ancho de corona 4 m); se observa que la capacidad de conducción de la sección estable del río, podría contener el caudal máximo de 1,327 m³/s, sin ocasionar desbordes en la faja marginal (figura 46).

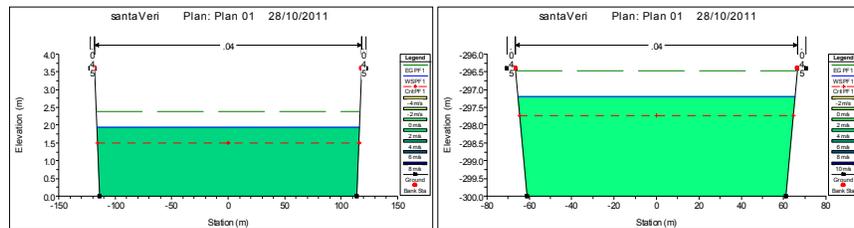


Figura 45. Simulación considerando la sección estable del río

8.2.2 Planteamiento de la ubicación de las estructuras de defensas ribereñas.

Tramo 0+000 – 05+000. En este tramo se proyecta 03 diques en ambas márgenes, que permitirá la protección de predios agrícolas, caminos de acceso y al puente Santa. La ubicación con respecto al eje del cauce se muestra en la figura 47.

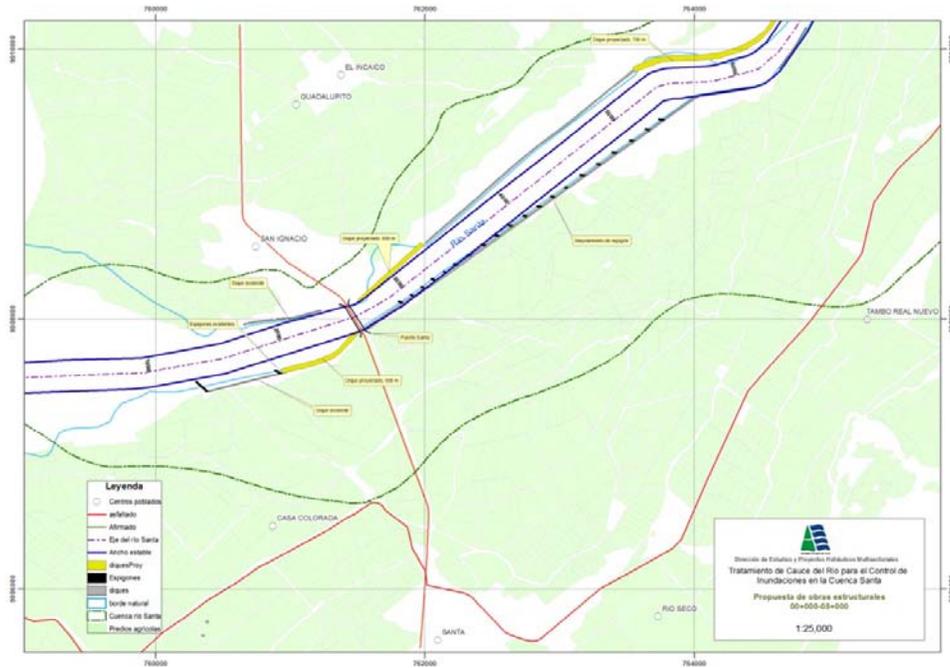


Figura 46. Estructuras proyectadas en el tramo 0-5+000

Tramo 5+000 – 10+000. En este tramo se proyecta 02 uno en cada margen, que permitirá la protección de predios agrícolas y caminos de acceso. La ubicación con respecto al eje del cauce se muestra en la figura 48.

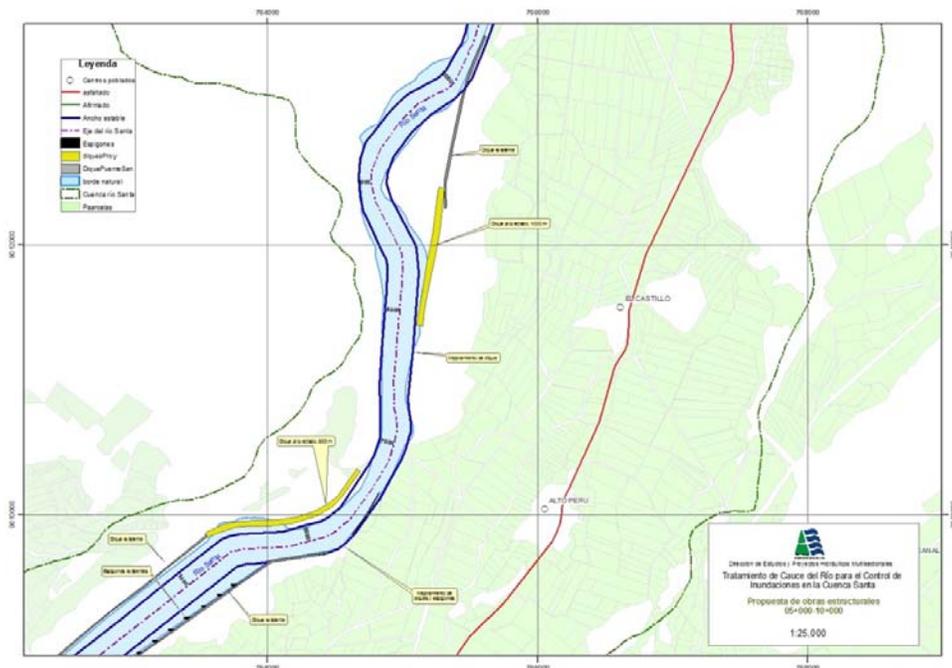


Figura 47. Estructuras proyectadas en el tramo 5-10+000

Tramo 10+000 – 15+000. Se proyecta 02 diques en la margen izquierda, permitirá la protección de predios agrícolas y caminos de acceso. La ubicación y longitudes se indican en la figura 49.

Tramo 15+000 – 20+000. Se proyecta 02 diques en la margen izquierda, la construcción de estas obras protegerá predios agrícolas, caminos de acceso y canales de riego. La ubicación y longitudes se indican en la figura 50.

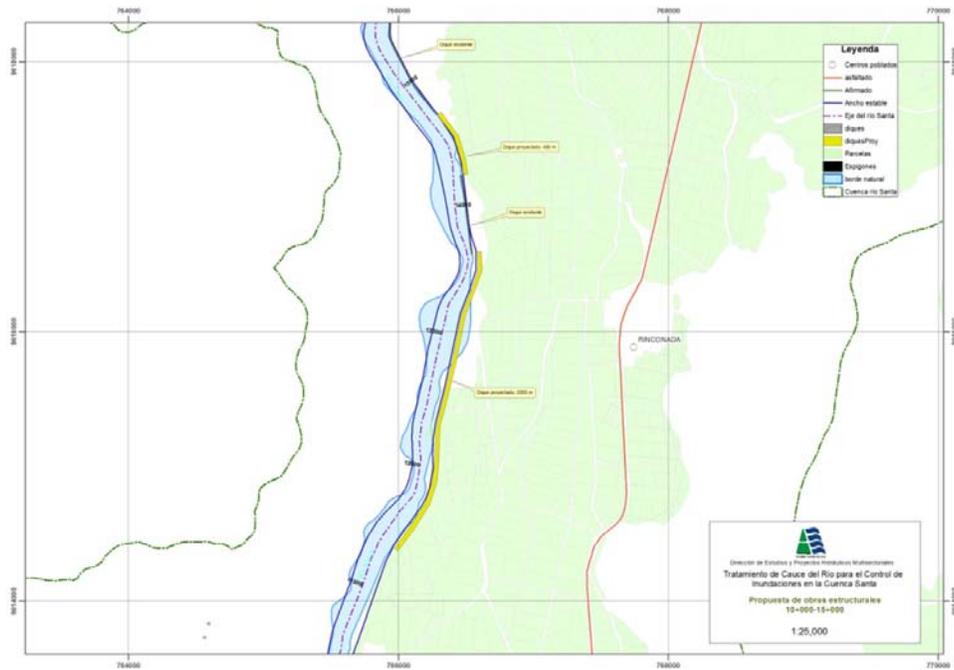


Figura 48. Estructuras proyectadas en el tramo 10-15+000

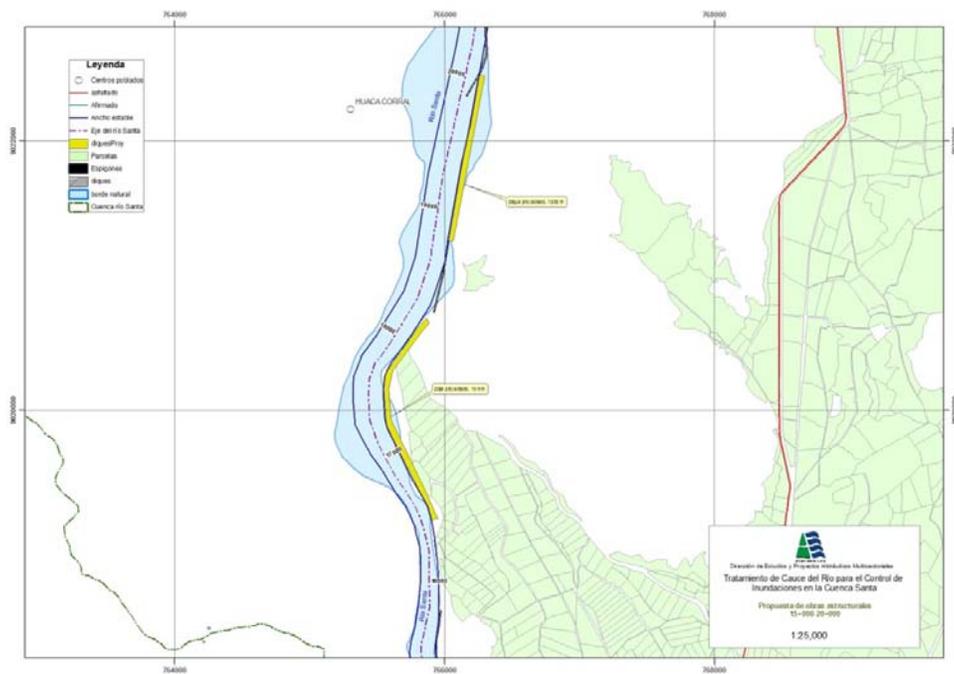


Figura 49. Estructuras proyectadas en el tramo 15-20+000

Tramo 20+000 – 25+000. En este tramo se muestra la inapropiada ubicación de los diques construidos. Se recomienda la corrección para un mejor comportamiento hidráulico del flujo del río (figura 51).

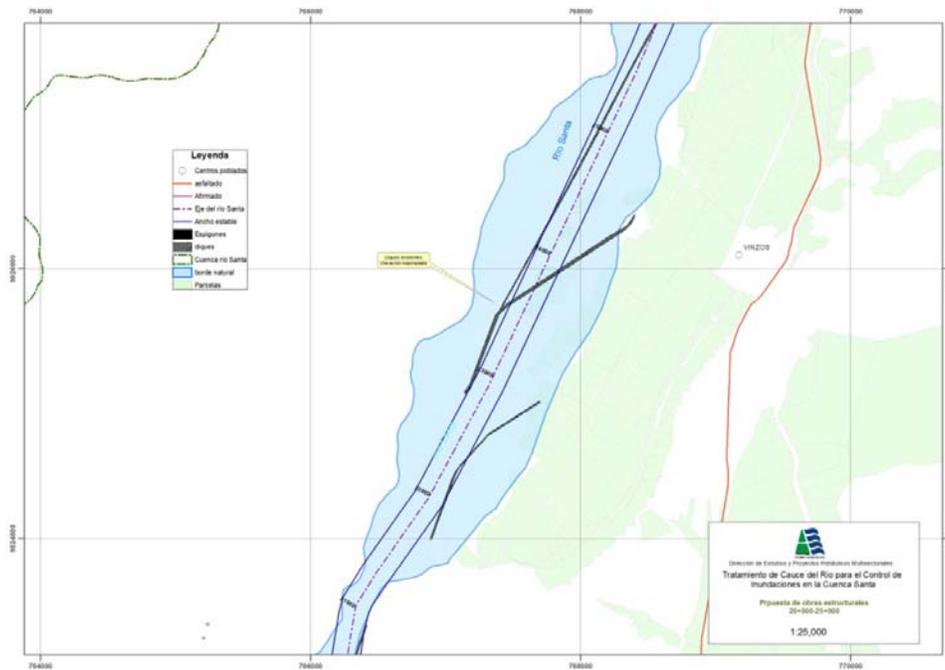


Figura 50. Ubicación inapropiada del dique en el tramo 20-25+000

Tramo 25+000 – 30+000. Se propone 01 dique en la margen izquierda; esta estructura permitirá la protección de la carretera vía Huaraz y predios agrícolas, se observa además diques construidos con ubicación inadecuada (figura 52).

Tramo 30+000 – 35+000. Se propone la construcción de un dique y una batería de espigones ubicados en la margen izquierda; estas estructuras permitirán la protección de la carretera vía Huaraz y predios agrícolas (figura 53).

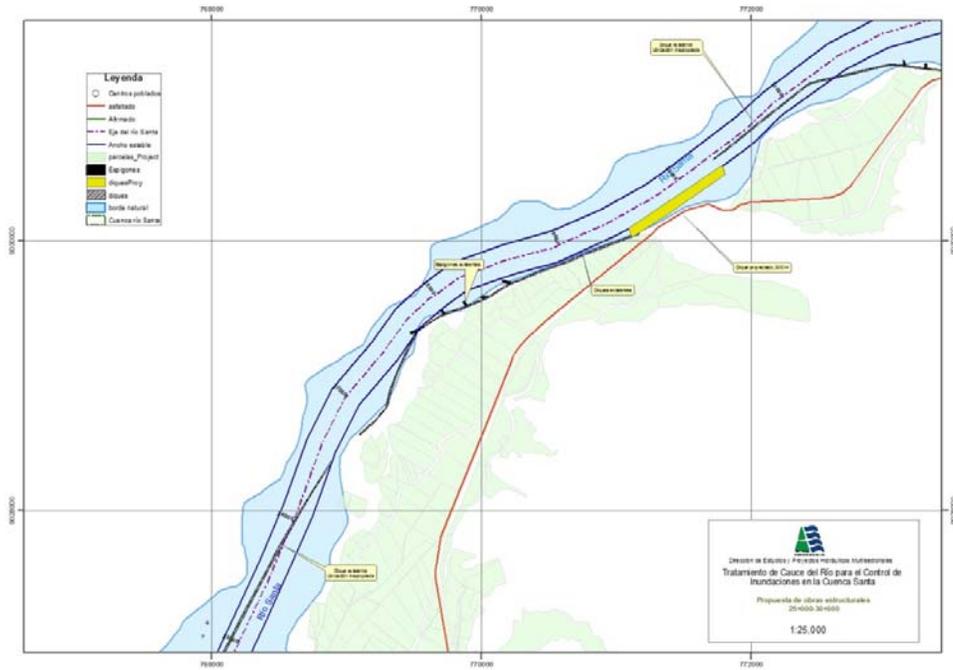


Figura 51. Ubicación de dique proyectado en el tramo 25+30+000

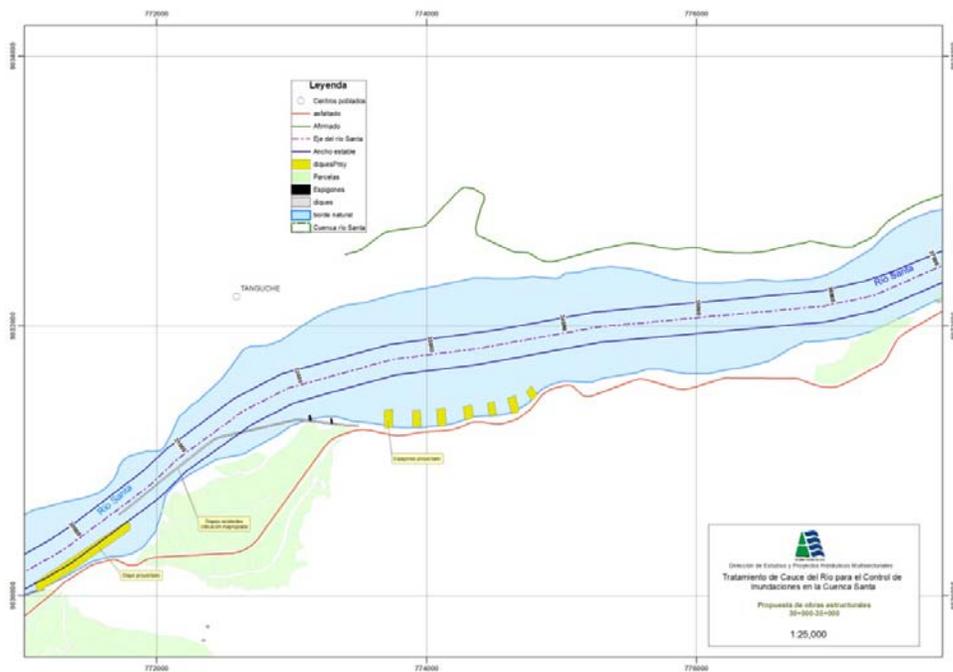


Figura 52. Ubicación de estructuras de protección en el tramo 30-35+000

Tramo 35+000 – 45+000. Se propone 02 baterías de espigones ubicados en la margen izquierda para proteger carretera vía Huaraz y la bocatoma La Huaca, (figura 54).

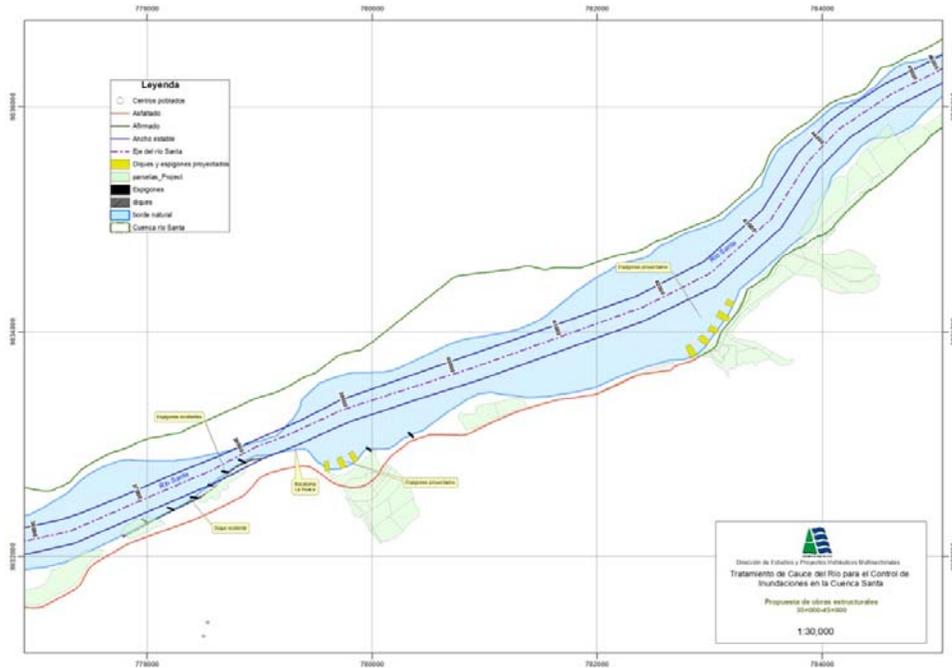


Figura 53. Ubicación de espigones en el tramo 35-45+000

Tramo 45+000 – 50+000. En este tramo se proyecta 02 baterías de espigones y 02 diques en la margen izquierda y 01 dique en la margen derecha; estas estructuras permitirán la protección de la carretera vía Huaraz, caminos de acceso y predios agrícolas (figura 55).

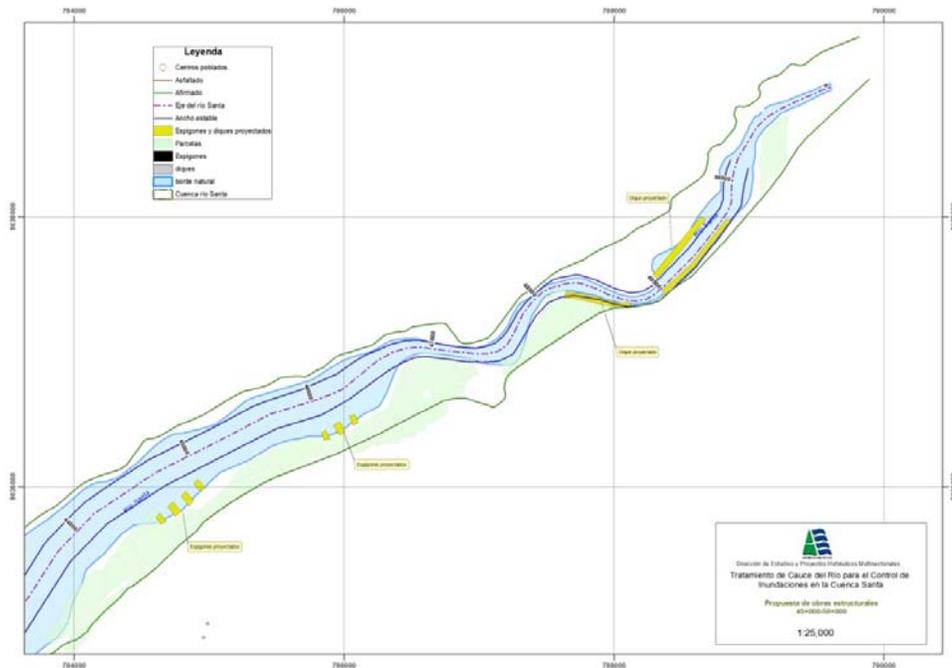


Figura 54. Ubicación de estructuras de protección en el tramo 45-50+000

8.2.3 Programas de Forestación y reforestación

Las actividades de forestación y reforestación deben realizarse en la parte alta y media de la cuenca; así como, en las áreas de recuperación, ubicado en la faja marginal. Estos Programa debe ser considerado en los Planes de Desarrollo de la Región de Ancash y La Libertad, municipalidades involucradas, organizaciones de regantes y proyectos especiales

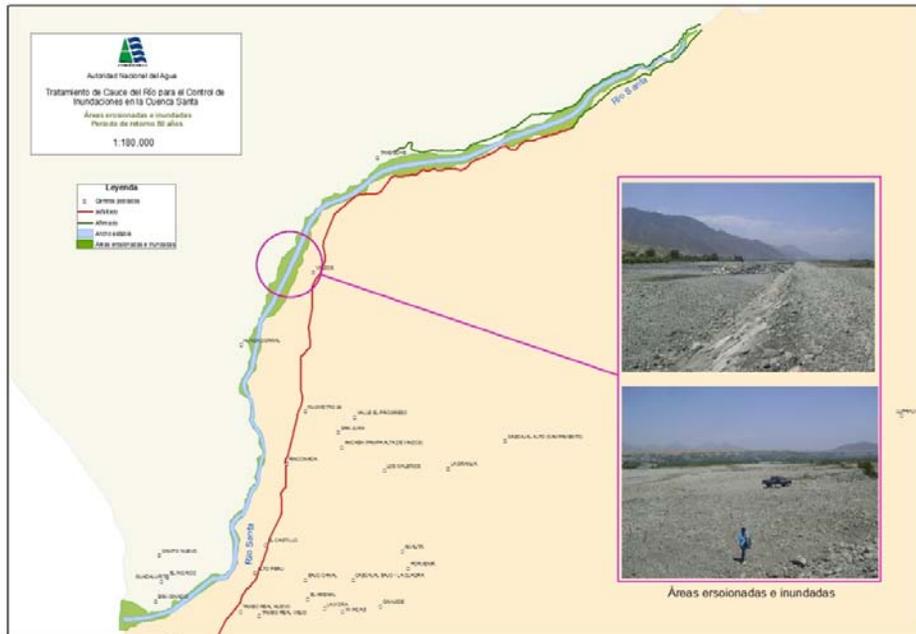


Figura 55. Áreas erosionadas e inundadas

8.3 Medidas no estructurales

Se propone lo siguiente:

- ✓ 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.
- ✓ Ordenamiento territorial de la faja marginal, liderado por las municipalidades, respetando la normatividad sobre delimitación de fajas marginales.

CAPITULO 9

IMPACTOS DEL ESTUDIO

9.1 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 actividad agrícola de manera temporal y forestación o reforestación, especies tales como: Carrizo (*Arundo donax*), Algarrobo (*Prosopis spp*), Sauce (*Salix humboldtiana*), Molle (*Schinus molle*), Pájaro Bobo (*Tessaria integrifolia*), Matara o totora (*Typha angustifolia*), Junco (*Scispus americanus*), Tamariz (*Tamarix sp*).

Estas áreas además, permitirán el incremento de la biodiversidad y convertirse en refugio de mamíferos como Garza Bueyera (*Bubulcus ibis*), Gavilán de Campo (*Circus cinereus*), Lechuza de las arenas (*Athene cunicularia*), Chotacabras barba larga (*Caprimulgus longirostris*), Picaflor de Fanny (*Mystis Fanny*), Turtupilin (*Pyrrocephalus rubinus*), Santa Rosita (*Notiochelidon cyanoleuca*), Tordo Parasito (*Molothrus bonaeresnsis*), Huanchaco (*Sturnella bellicosa*), Tortolita Peruana (*Columbina cruziana*), Choca (*Gallinula chlopus*), Guardacaballo (*Crotophaga sulcirostris*), Ratón de Campo (*Phyllotis sp*), Rata de Campo (*Rattus norvegicus*), Culebras.

Un tratamiento integral del cauce del río Santa en un tramo de 50 kilómetros, permitiría proteger a 1,346 ha de predio agrícolas y desarrollar actividades de reforestación en 1,470 ha, a través de programas a corto y mediano plazo. Lograr la reforestación de estas áreas, aportaría al medio ambiente la captura de 2,300 Tn/añoCO₂; así como la liberación de 310 millones m³ 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.

9.2 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.

9.3 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 10

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 conclusiones

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 Condor Cerro.

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, Administración Local de Agua y Junta de Usuarios.

La ejecución progresiva de las obras planteadas, permitirá proteger directamente 2,816 ha en total y 1,346 ha de predios agrícolas, e indirectamente entre 25 a 30% del área total de riego, con la protección de bocatomas y canales. Además, de infraestructura vial y centros poblados.

10.2 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 Santa Lacramarca Nepeña, emitir un documento haciendo de conocer a las instituciones involucradas en la gestión de los recursos hídricos, sobre los parámetros hidráulicos del río Santa.

Se recomienda el empleo del caudal máximo para 100 años de tiempo de retorno, en 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 y factibilidad), considerando los principios y criterios detallados en este Estudio.

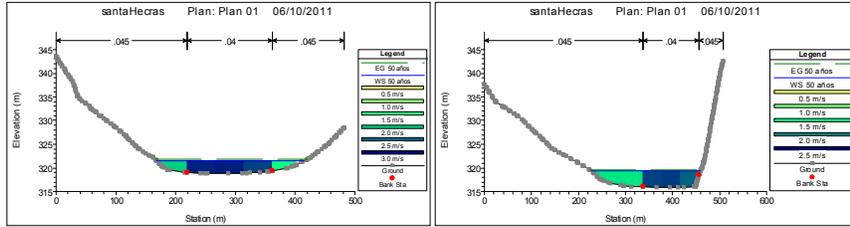
ANEXOS

1. Parámetros hidráulicos

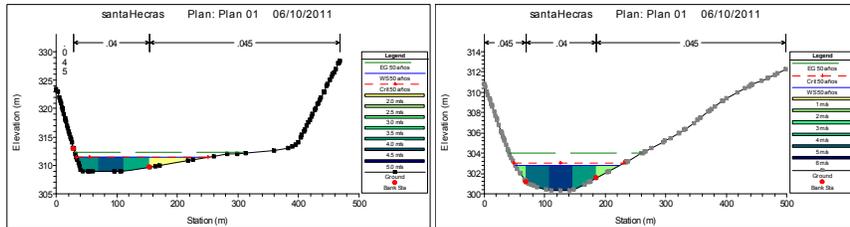
Progresia	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Tirante (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude # Chl
50+000	1327	318.85	321.51	2.66		321.86	0.003553	2.8	0.56
49+000	1327	315.8	319.33	3.53		319.54	0.001539	2.21	0.38
48+000	1327	308.94	311.47	2.53	311.43	312.29	0.0098	4.24	0.9
47+000	1327	300.32	302.79	2.47	303.01	304	0.014689	5.02	1.1
46+000	1327	292.46	294.08	1.62		294.44	0.007523	2.88	0.74
45+000	1327	288.83	290.48	1.65		290.83	0.00829	2.7	0.76
44+000	1327	278.17	279.56	1.39		279.79	0.005968	2.31	0.64
43+000	1327	270.56	271.96	1.4	271.85	272.3	0.010746	2.85	0.85
42+000	1327	261.19	262.7	1.51		262.95	0.007098	2.31	0.69
41+000	1327	254.56	256.18	1.62		256.4	0.006986	2.33	0.69
40+000	1327	247.73	249.56	1.83		249.75	0.004467	2.04	0.56
39+000	1327	242.56	243.91	1.35		244.12	0.006436	2.02	0.64
38+000	1327	228.57	230.73	2.16	230.38	231.11	0.006007	2.92	0.69
37+000	1327	222.97	225.02	2.05		225.34	0.006331	2.75	0.69
36+000	1327	216.32	217.93	1.61		218.24	0.007489	2.68	0.73
35+000	1327	214.58	216.18	1.6		216.45	0.006387	2.54	0.68
34+000	1327	203.62	204.94	1.32		205.13	0.005327	2.11	0.6
33+000	1327	197.15	198.28	1.13		198.51	0.007735	1.99	0.68
32+000	1327	188.36	189.7	1.34		190	0.008975	2.7	0.78
31+000	1327	181.79	183.42	1.63		183.63	0.004913	2.26	0.6
30+000	1327	177.94	179.42	1.48		179.64	0.006198	2.15	0.64
29+000	1327	170.19	171.74	1.55		171.94	0.005897	2.33	0.64
28+000	1327	162.98	164.49	1.51		164.8	0.007688	2.74	0.74
27+000	1327	156.21	157.98	1.77		158.2	0.004679	2.34	0.59
26+000	1327	151.61	153.34	1.73		153.52	0.004589	2.02	0.57
25+000	1327	145.77	147.2	1.43		147.41	0.006517	2.15	0.65
24+000	1327	139.48	140.74	1.26		140.94	0.006467	2.24	0.66
23+000	1327	133.59	134.77	1.18		134.9	0.004519	1.83	0.55
22+000	1327	129.1	130.43	1.33		130.53	0.002496	1.5	0.42
21+000	1327	122	124.6	2.6		124.91	0.007945	2.31	0.72
20+000	1327	113.55	114.74	1.19		114.95	0.006041	1.81	0.61
19+000	1327	108.17	109.86	1.69		110.12	0.006236	2.55	0.67
18+000	1327	102.26	104.25	1.99		104.52	0.00433	2.48	0.58
17+000	1327	97.93	100.63	2.7		101.01	0.004544	2.94	0.62
16+000	1327	93.33	95.11	1.78		95.31	0.005962	2.58	0.66
15+000	1327	85	87.33	2.33		87.62	0.004521	2.7	0.6
14+000	1327	82.27	84.7	2.43		85.01	0.004721	2.88	0.62
13+000	1327	76.7	78.87	2.17		79.11	0.006413	2.89	0.7
12+000	1327	72.07	73.26	1.19		73.37	0.004603	1.72	0.54
11+000	1327	66.77	67.43	0.66		67.54	0.006031	1.37	0.57
10+000	1327	62.58	63.2	0.62		63.31	0.00562	1.26	0.54
09+000	1327	54.36	55.79	1.43		55.91	0.004935	2.11	0.59
08+000	1327	48.59	50.06	1.47		50.23	0.005547	2.2	0.62
07+000	1327	44.31	45.76	1.45		45.89	0.003978	1.74	0.52
06+000	1327	38.67	39.67	1		39.86	0.008366	2.01	0.71
05+000	1327	35	35.92	0.92		36	0.005095	1.52	0.55
04+000	1327	26.46	27.87	1.41		27.95	0.002815	1.61	0.44
03+000	1327	21.52	22.74	1.22		22.86	0.005604	2.07	0.61
02+000	1327	16.51	17.37	0.86		17.46	0.007529	1.84	0.66
01+000	1327	10.57	11.44	0.87		11.54	0.007743	1.77	0.67
00+500	1327	7.3	8.14	0.84		8.24	0.008783	1.73	0.69

2. Secciones transversales, para un periodo de retorno de 50 años

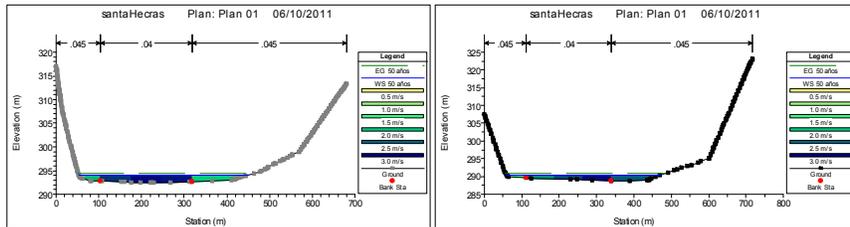
Progresiva 50+000 y 49+000



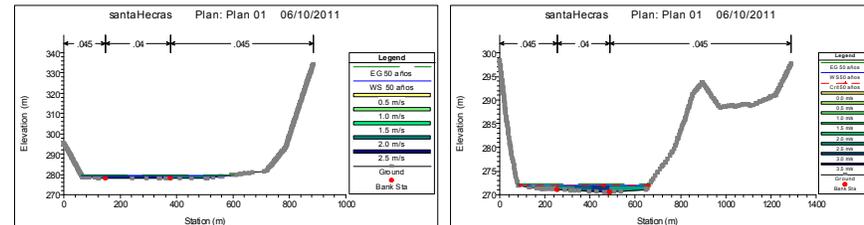
Progresiva 48+000 y 47+000



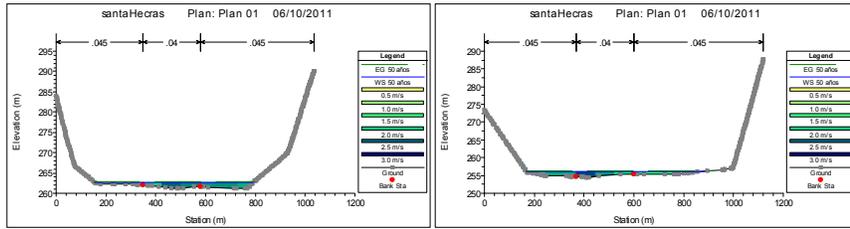
Progresiva 46+000 y 45+000



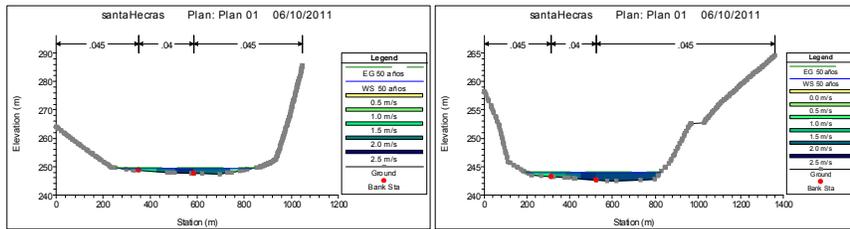
Progresiva 44+000 y 43+000



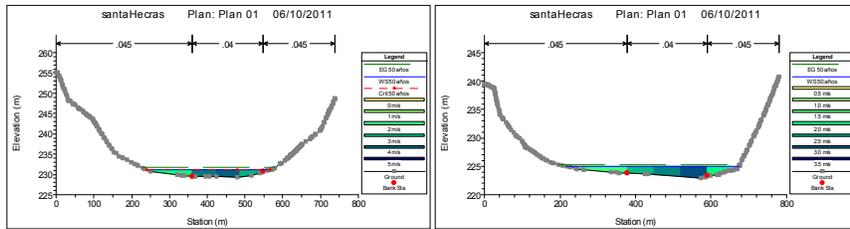
Progresiva 42+000 y 41+000



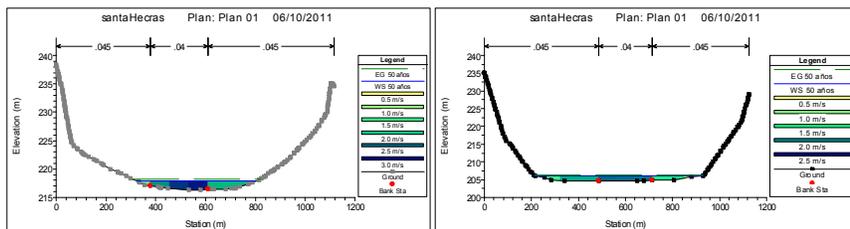
Progresiva 40+000 y 39+000



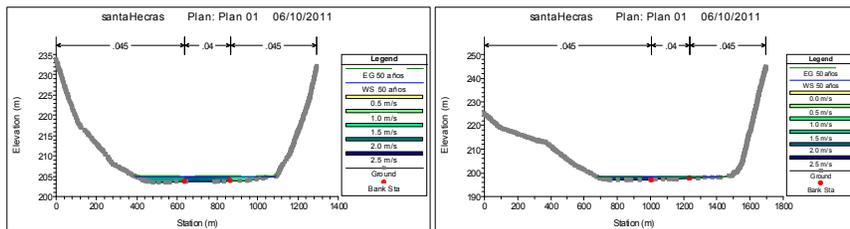
Progresiva 38+000 y 37+000



Progresiva 36+000 y 35+000



Progresiva 34+000 y 33+000



3. Especificaciones Técnicas

a.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS COLCHONES RENO FUERTE

a.1 DESCRIPCION.

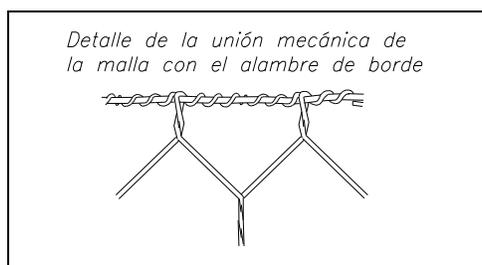
Este ítem se refiere a todas las obras ejecutadas con Colchones Reno Fuerte, las que se realizarán de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

a.2 MATERIALES.

El Colchón Reno Fuerte es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido con un recubrimiento de Zinc 5Al MM (ASTM 856M-98).

El Colchón Reno Fuerte estará dividido en celdas mediante diafragmas intermedios. Todos los bordes libres del colchón, inclusive el lado superior de los diafragmas, deberán estar reforzados con alambre de mayor diámetro al empleado para la red (alambre de borde)

Todos los bordes libres de la malla deberán ser enrollados mecánicamente al alambre de borde de manera que las mallas no se desaten. (Ver detalle)



a.2.1 Red Metálica

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

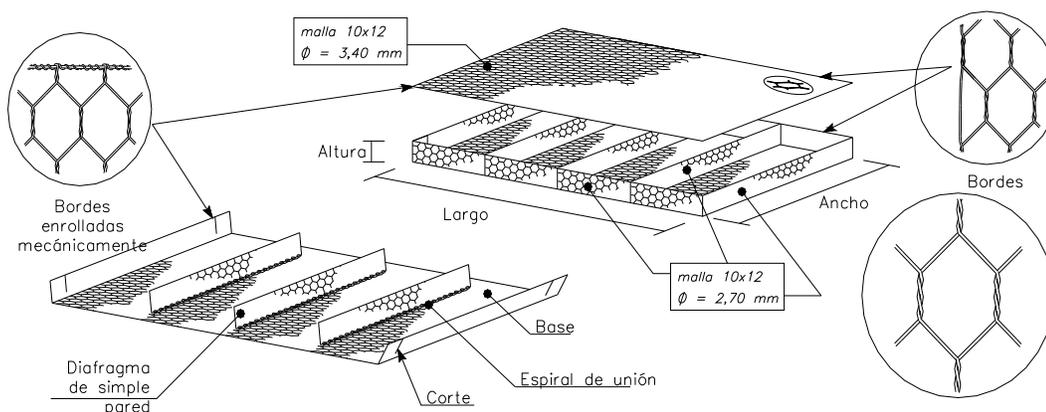
- No ser fácil de destejer o desmallar.
- Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

La red será de malla hexagonal a doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres medios giros. De esta manera se impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que la conforman.

La abertura de la malla será de 10 x 12 cm. para los Colchones Reno Fuerte. El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, deberá ser de acero dulce recocido con carga de rotura media de 38 a 48 Kg/mm² y la elongación no deberá ser menor que el 12%.

Todo el alambre utilizado en la fabricación de los colchones reno fuerte y en las operaciones de amarre y atirantamiento deberá tener un recubrimiento de Zn 5Al MM (Galfan), de acuerdo a la Norma ASTM A856M-98, clase 80, esto es con una cantidad mínima de revestimiento Galfan en la superficie de los alambres de 244 g/m².

El revestimiento de Zn 5 Al MM debe adherir al alambre de tal forma que después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un madril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado, quebrado o removido con el pasar del dedo de acuerdo con la especificación de la ASTM A856M-98.



El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la malla de la base y laterales deben ser de 2.70 mm y de 3.40 mm para los bordes. El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la malla de la tapa debe ser de 3.40 mm y 3.40 mm (plastificado*) para los bordes. (*) PVC es de color plomo para identificar mejor las paredes reforzadas.

El diámetro del alambre de amarre y atirantamiento será de 2.20 mm.

La especificación final para los Colchones Reno Fuerte será la siguiente:

Abertura de la malla : 10 x 12 cm

Diámetro de alambre de la base, diafragmas y laterales : 2.70 mm

Diámetro del alambre de la malla de la tapa	: 3.40 mm
Diámetro del alambre de borde (plastificado*)	: 3.40 mm y 3.40 mm
Diámetro del alambre de amarre	: 2.20 mm
Recubrimiento del alambre (ASTM A856M-98)	: Zn – 5 Al – MM

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los colchones, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tirantes. La cantidad estimada de alambre es de 6% en relación a su peso.

a.2.2 Piedra

La piedra será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la obra.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible, y tal que sus medidas estén comprendidas entre la mayor dimensión de la abertura de la malla y 2 veces dicho valor. Podrá aceptarse, como máximo, el 5% del volumen de la celda del colchón con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 4" y 8" para el Colchón Reno Fuerte.

Antes de su colocación en obra, la piedra deberá ser aprobada por el Ingeniero Inspector.

a.3 EJECUCION

Antes de proceder a la ejecución de obras con colchones el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los colchones a utilizar deberá contar con la aprobación del Ingeniero Inspector. No podrán aprobarse aquellas modificaciones que afecten la forma o la funcionalidad de la estructura.

La base donde los colchones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista. Los niveles de excavación deberán ser verificados por el Ingeniero Inspector antes de proceder a la colocación de los colchones; se constatará que el material de asiento sea el

adecuado para soportar las cargas a que estará sometido y si el Inspector lo cree conveniente, las cotas podrán ser cambiadas hasta encontrar las condiciones adecuadas.

El armado y colocación de los colchones se realizará respetando las especificaciones del fabricante de los colchones. Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, levantados los paneles de lado y colocando los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes de proceder al relleno de los colchones deberá amarrarse cada colchón a los adyacentes a lo largo de las aristas en contacto, tanto horizontal como vertical. El amarre se efectuará utilizando el alambre provisto junto con los colchones y se realizará dando una vuelta simple y una vuelta doble cada 10cm.

Deberá colocarse 1 tirante vertical de alambre por cada metro cuadrado de colchón para unir la tapa con el fondo.

En caso de que el talud sea muy inclinado, se deberá fijar los colchones con la ayuda de estacas de madera, las que serán hincadas en el extremo superior de los colchones.

El relleno de los colchones se iniciara a partir de la parte inferior de revestimiento y será efectuado con piedra seleccionada. El relleno debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura, dejar el mínimo porcentaje de vacíos, asegurando así un mayor peso.

Después de completar el relleno de los colchones, se procederá a cerrar el colchón colocando la tapa, la que será amarrada firmemente a los bordes superiores de las paredes verticales, a los diafragmas y a los tirantes.

Los diafragmas serán amarrados a la tapa utilizando el alambre de la espiral que une el diafragma a la base, el cual debe de ser estirado previamente y con esa longitud de alambre restante se amarrará los bordes del diafragma y el diafragma con la tapa.

Se deberá cuidar que el relleno del colchón sea el suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

a.4 MÉTODO DE MEDICION.

Las obras con Colchones Reno Fuerte se medirán por metro cuadrado de colchón ejecutado, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

a.5 CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE

Para asegurar la calidad de la materia prima, los procesos del fabricante y el producto final, se deberá exigir que el proveedor, así como el fabricante de los colchones a instalarse, posean la Certificación ISO 9001:2000

Los materiales despachados a obra serán acompañados por un Certificado de Calidad original del fabricante.

a.6 BASES DE PAGO.

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el Ingeniero Inspector, será pagado sobre la base del precio unitario del contrato por metro cuadrado. Dicho pago constituirá la completa compensación para la mano de obra, materiales, equipos, herramientas, implementos y todo concepto necesario para la correcta ejecución de la partida.

b.0 ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS REFERENCIALES.

Los análisis de costos unitarios de cada uno de los colchones a utilizar consideran el armado, llenado, instalado y colocado de los mismos.

a) Colchón Reno Fuerte malla 10x12, diám. 2.70 mm y 3.40 mm (Zn - 5 Al - MM) h=0.30 m						
Rendimiento =	80	m ² /día			Costo por : m ²	
DESCRIPCION	Und.	Cuad.	Cant.	P.U.	Parcial	
MATERIALES						
Colchón Reno Fuerte(Zn - 5 Al - MM)	m ²		1.00	0.00	0.00	
Piedra 4" - 8"	m ³		0.33	0.00	0.00	
					0.00	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.25	0.03	0.00	0.00	
Oficial	hh	3	0.30	0.00	0.00	
Peón	hh	9	0.90	0.00	0.00	
					0.00	
Equipo						
Desgaste de herramientas	%M.O.		3.00	0.00	0.00	
					0.00	
				US\$	0.00	

a.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS GAVIONES CAJA FUERTE

a.1 DESCRIPCION.

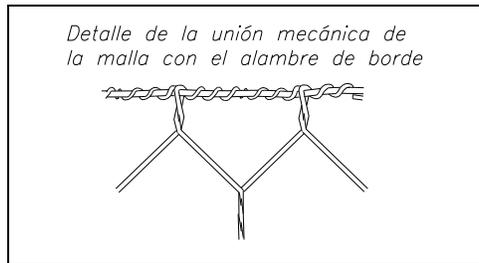
Este ítem se refiere a todas las obras ejecutadas con Gaviones Caja Fuerte, las que se realizarán de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

a.2 MATERIALES.

El Gavión Caja Fuerte es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido con un recubrimiento de Zinc 5Al MM (ASTM 856M-98).

El Gavión Caja Fuerte estará dividido en celdas mediante diafragmas intermedios. Todos los bordes libres del gavión, inclusive el lado superior de los diafragmas, deberán estar reforzados con alambre de mayor diámetro al empleado para la red (alambre de borde).

Todos los bordes libres de la malla deberán ser enrollados mecánicamente al alambre de borde de manera que las mallas no se desaten. (Ver detalle).



a.2.1 Red Metálica

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

- No ser fácil de destejer o desmallar.
- Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

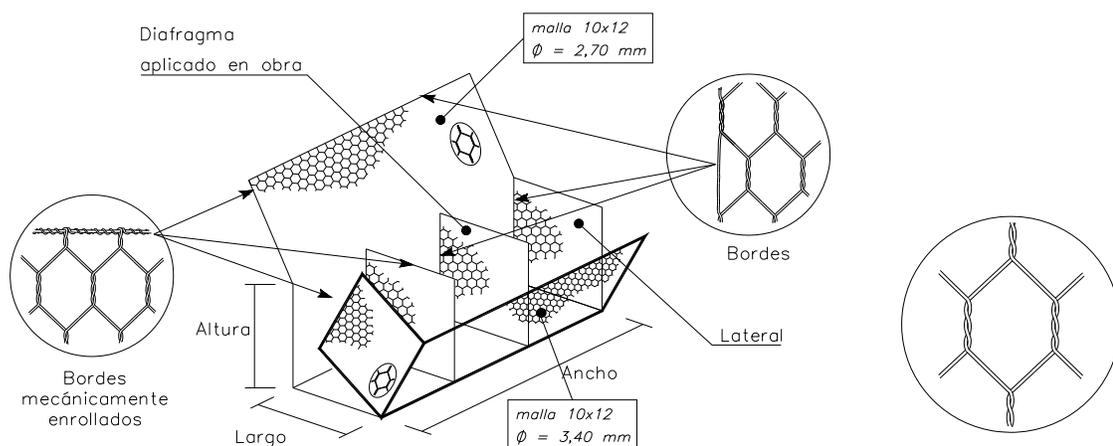
La red será de malla hexagonal a doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres medios giros. De esta manera se impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que la conforman.

La abertura de la malla será de 10 x 12 cm para los Gaviones Caja Fuerte.

El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, deberá ser de acero dulce recocido con carga de rotura media de 38 a 48 Kg/mm² y la elongación no deberá ser menor que el 12%.

Todo el alambre utilizado en la fabricación de los gaviones caja y en las operaciones de amarre y atirantamiento deberá tener un recubrimiento de Zn 5Al MM (Galfan), de acuerdo a la Norma ASTM A856M-98, clase 80, esto es con una cantidad mínima de revestimiento Galfan en la superficie de los alambres de 244 g/m².

El revestimiento de Zn 5 Al MM debe adherir al alambre de tal forma que después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un madril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado, quebrado o removido con el pasar del dedo de acuerdo con la especificación de la ASTM A856M-98.



El diámetro del alambre de la malla utilizado en la fabricación de la red de los 3 paños que forman respectivamente la base, pared posterior, tapa, una de las paredes laterales y los diafragmas, debe ser de 2.70 mm y de 3.40 mm para los bordes.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la red del paño que forma la pared frontal y una de las paredes laterales, así como para el borde inferior, debe ser de 3.4 mm y 3.4 mm (plastificado*) para el borde superior. (*) PVC de color plomo para identificar mejor las paredes reforzadas.

El diámetro del alambre de amarre y atirantamiento será de 2.20 mm.

La especificación final para los Gaviones Caja Fuerte será la siguiente:

Abertura de la malla : 10 x 12 cm

Diámetro de alambre de base, diafragmas, una lateral: 2.70 mm

Diámetro de alambre de la pared frontal y una lateral: 3.40 mm

Diámetro del alambre de borde : 3.40 mm y 3.40 mm (plastificado*)

Diámetro del alambre de amarre : 2.20 mm

Recubrimiento del alambre : Zn – 5 Al – MM (ASTM A856M-98)

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta unión entre los gaviones, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tirantes. La cantidad estimada de alambre

es de 9% para los gaviones de 1.0 m de altura, en relación a su peso y de 7% para los gaviones de 0.5 m.

a.2.2 Piedra

La piedra será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la obra.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible y tal que sus medidas estén comprendidas entre la mayor dimensión de la abertura de la malla y 2 veces dicho valor. Podrá aceptarse como máximo el 5% del volumen de la celda del gavión con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 6" y 10" para el Gavión Caja Fuerte.

Antes de su colocación en obra, la calidad y tamaño de la piedra deberá ser aprobada por el Ingeniero Inspector.

a.3 EJECUCIÓN

Antes de proceder a la ejecución de obras con gaviones el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los gaviones a utilizar deberá contar con la aprobación del Ingeniero Inspector. No podrán aprobarse aquellas modificaciones que afecten la forma o la funcionalidad de la estructura.

La base donde los gaviones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista de acuerdo al diseño. Los niveles de excavación deberán ser verificados por el Ingeniero Inspector antes de proceder a la colocación de los gaviones; se constatará que el material de asiento sea el adecuado para soportar las cargas al que estará sometido y si el Inspector lo cree conveniente, las cotas podrán ser cambiadas hasta encontrar las condiciones adecuadas.

El armado y colocación de los gaviones se realizará respetando las especificaciones del fabricante de los gaviones. Cada unidad será desdoblada

sobre una superficie rígida y plana, se unirán los alambres superiores de cada una de las aristas unos con otros para dar la forma al gavión y se procederá a colocar los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán diafragmas con las paredes laterales.

Los diafragmas serán amarrados a los paneles laterales utilizando el alambre de amarre realizando el procedimiento que se muestra en la figura 01.

Posterior al pre armado del gavión este se transportará al lugar de la obra y se deberá amarrar cada gavión a los adyacentes, a lo largo de los cuatro bordes en contacto, tanto horizontal como vertical, no es necesario amarrar los diafragmas entre sí.

Todos los amarres se efectuarán utilizando el alambre provisto junto con los gaviones y se realizará dando una vuelta simple y una vuelta doble cada 100cm en forma alternada (figura01).

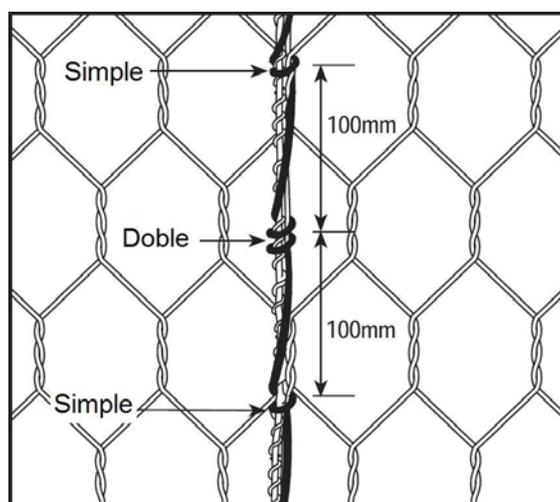


Figura 01.- Detalle del amarre

Para obtener un mejor acabado los gaviones podrán ser traccionados antes de ser llenados, según disponga el Ingeniero Inspector. Como alternativa podrá usarse un encofrado de madera.

El relleno de los gaviones será efectuado con la calidad de las piedras que se mencionan en el ítem 1.2.2. El relleno de piedra debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura y no exceder el porcentaje de vacíos de las piedras considerado en el diseño.

Durante la operación de relleno de los gaviones, deberán colocarse dos tirantes de alambre de amarre a cada tercio de la altura del gavión de 1.00m de alto (en cada celda de 1.0m de longitud). Estos tirantes unirán paredes opuestas con sus extremos atados alrededor de dos hexágonos de la malla. Para gaviones de 0.50 m de alto bastará colocar los tirantes en el nivel medio de las cajas.

Después de completar el relleno de los gaviones, se procederá a cerrar el gavión bajando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales y a los diafragmas. Se deberá cuidar que el relleno del gavión sea el suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

Los gaviones vacíos, colocados arriba de una camada ya terminada, deberán de coserse a lo largo de todos los bordes de la base con la tapa del gavión inferior, no es necesario coser los diafragmas de los gaviones superiores con los inferiores.

a.4 MÉTODO DE MEDICION.

Las obras con Gaviones Caja se medirán por metro cúbico de gavión ejecutado, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

a.5 CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE

Para asegurar la calidad de la materia prima, los procesos del fabricante y el producto final, se deberá exigir que el proveedor, así como el fabricante de los gaviones a instalarse, posean la Certificación ISO 9001:2000

Los materiales despachados a obra serán acompañados por un Certificado de Calidad original del fabricante.

a.6 BASES DE PAGO.

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el Ingeniero Inspector, será pagado sobre la base del precio unitario del contrato por metro cúbico. Dicho pago constituirá la completa compensación para la mano de obra, materiales, equipos, herramientas, implementos y todo concepto necesario para la correcta ejecución de la partida.

b.0 ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS REFERENCIALES.

Los análisis de costos unitarios de cada uno de los gaviones a utilizar consideran el armado, llenado, instalación y colocación de los mismos.

a)Gavión Caja Fuerte malla 10x12cm, diám. 2.70 mm y 3.40 mm(Zn - 5 Al - MM)						
Rendimiento =	20	m ³ /día			Costo por : m ³	
DESCRIPCION	Und.	Cuad.	Cant.	P.U.	Parcial	
MATERIALES						
Gavión Caja Fuerte (Zn - 5 Al - MM)	m ³		1.00	0.00	0.00	
Piedra 6" - 10"	m ³		1.10	0.00	0.00	
					0.00	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.25	0.10	0.00	0.00	
Oficial	hh	3	1.20	0.00	0.00	
Peón	hh	9	3.60	0.00	0.00	
					0.00	
Equipo						
Desgaste de herramientas	%M.O.		3.00	0.00	0.00	
					0.00	
				US\$	0.00	