

3.1.9 Precipitaciones

A continuación se describe el análisis de descarga en las áreas objeto del estudio. Para los detalles del análisis meteorológico/hidrológico y de descarga véase el Anexo-1: Análisis meteorológico/hidrológico y de descarga.

3.1.9.1 Caudal

Tuvimos conocimiento de la situación del monitoreo pluvial que son datos a utilizar en el análisis de descarga en el área objeto del estudio y recopilamos y pusimos en orden los datos de precipitaciones necesarios para dicho análisis. Los datos de precipitaciones fueron obtenidos principalmente de SENAMHI. Casi todas las estaciones de monitoreo pertenecen a SENAMHI. Las estaciones objeto no cuentan con el monitoreo automático, sino con un monitoreo periódico manual. Por consiguiente, no existen datos pluviales horarios y todos los datos son de precipitaciones diarias (de 24 horas).

(1) Cuenca del Río Cañete

1) Situación del monitoreo pluvial

Las Tablas 3.1.9.1-1 y 3.1.9.1-2 y la Figura 3.1.9.1-1 presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo pluvial y el periodo de tomad e datos pluviales. En la cuenca del Río Cañete, hasta la fecha se lleva el monitoreo de precipitaciones en 13 estaciones de monitoreo (incluyendo las inoperativas actualmente), y el periodo más largo de monitoreo es 47 años desde 1964 hasta 2010.

Tabla-3.1.9.1-1 Lista de estaciones de monitoreo pluvial (Cuenca del Río Cañete)

Código	Estación de monitoreo	Departamento	Longitud	Latitud	Institución
636	YAUYOS	LIMA	75° 54'38.2	12° 29'31.4	SENAMHI
155450	YAURICOCHA	LIMA	75° 43'22.5	12° 19'0	SENAMHI
155169	TOMAS	LIMA	75° 45'1	12° 14'1	SENAMHI
156106	TANTA	LIMA	76° 01'1	12° 07'1	SENAMHI
6230	SOCSI CAÑETE	LIMA	76° 11'40	13° 01'42	SENAMHI
638	PACARAN	LIMA	76° 03'18.3	12° 51'43.4	SENAMHI
6641	NICOLAS FRANCO SILVERA	LIMA	76° 05'17	12° 53'57	SENAMHI
156112	HUANTAN	LIMA	75° 49'1	12° 27'1	SENAMHI
156110	HUANGASCAR	LIMA	75° 50'2.2	12° 53'55.8	SENAMHI
156107	COLONIA	LIMA	75° 53'1	12° 38'1	SENAMHI
156109	CARANIA	LIMA	75° 52'20.7	12° 20'40.8	SENAMHI
156104	AYAVIRI	LIMA	76° 08'1	12° 23'1	SENAMHI
489	COSMOS	JUNIN	75° 34'1	12° 09'1	SENAMHI

2) Precipitaciones mensuales

La Tabla 3.1.9.1-3 y la Figura 3.1.9.1-2 presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones de monitoreo pluvial en la cuenca del Río Cañete y su distribución.

Según la Tabla y la figura, las precipitaciones aumentan entre octubre y abril y disminuyen bastante de mayo a septiembre. Las precipitaciones anuales varían de 1,47mm en la estación Socsí a 1.016mm en la estación Yauricocha.

Tabla 3.1.9.1-3 Precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Cañete y las cuencas cercanas

Estación	Mes												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr.	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	
YAUYOS	71.36	83.70	83.26	20.35	3.36	0.52	0.15	0.92	3.10	12.94	19.68	44.46	343.80
YAURICOCHA	178.17	168.19	169.94	92.76	20.76	9.40	10.52	20.85	37.28	88.02	81.24	138.64	1,015.78
TOMAS	128.45	119.02	100.86	67.50	21.93	17.36	11.13	14.36	35.34	44.19	55.36	86.90	702.39
TANTA	151.80	157.83	162.22	91.07	25.07	7.23	5.52	11.23	29.59	60.70	78.74	110.98	891.99
SOCSI CAÑETE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47
PACARAN	4.21	4.70	3.83	0.29	0.10	0.04	0.01	0.07	0.09	0.41	0.41	1.93	16.09
NICOLAS FRANCO SILVERA	1.80	4.57	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	2.33	11.50
HUANTAN	195.68	236.82	196.02	72.60	7.82	1.09	1.77	2.17	2.61	50.73	62.07	98.77	928.15
HUANGASCAR	59.94	72.77	85.06	9.93	0.63	0.20	0.03	0.25	0.43	2.23	6.45	24.95	262.87
COLONIA	84.62	109.69	127.22	27.47	3.15	0.35	0.79	0.56	3.81	15.23	21.41	64.96	459.25
CARANIA	118.12	118.97	126.34	43.37	12.69	3.80	3.19	4.98	11.01	27.60	32.47	79.56	582.10
AYAVIRI	119.80	137.90	151.32	46.06	5.25	0.02	0.28	0.83	1.93	10.36	17.37	56.67	547.80
COSMOS	110.38	99.85	110.09	53.48	24.93	4.10	7.03	13.01	32.87	49.44	52.59	95.53	653.29

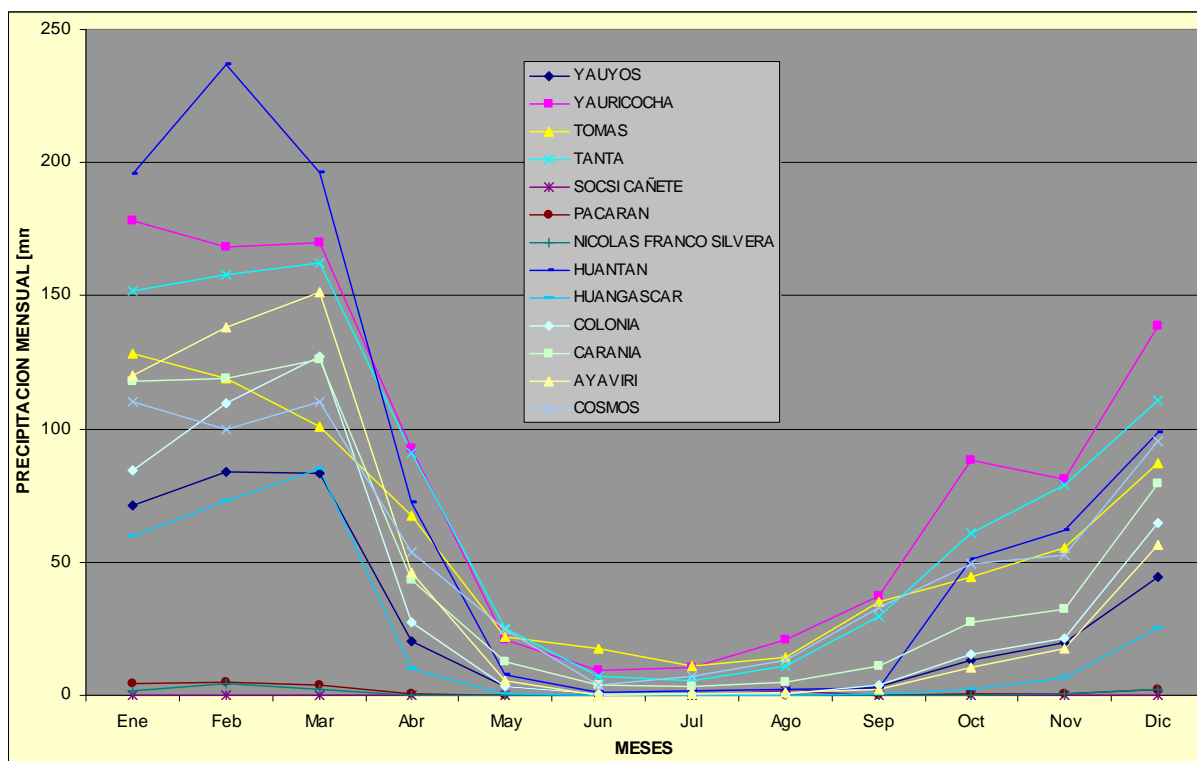


Figura-3.1.9.1-2 Distribución de Precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Cañete y las cuencas cercanas

3) Precipitaciones de 24 horas máximas/año

La Tabla 3.1.9.1-4 presenta las precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Cañete.

Tabla 3.1.9.1-4 Precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Cañete

Year	YAUYOS	YAUROC HA	TOMAS	TANTA	SOCSE CA NETE	PACARAN	NICOLAS FRANCO SILVERA	HUANTAN	HUANGAS CAR	COLONIA	CARANIA	AYAVIRI	COSMOS
1964	19.5			25.4						14.2	28.4	12.0	
1965	31.4			34.5		2.1		41.6	15.0	43.5	44.3	13.0	
1966	23.3			26.6		2.5		20.0	25.1	34.4	25.0	28.5	
1967	23.6			28.0		8.8			35.3	62.8	18.6		
1968				23.7				17.7	12.9	18.1		19.7	
1969	17.4			33.0					21.3	17.2	29.3	33.5	
1970	26.8			37.9		20.3		21.2	28.0	24.2	16.6	29.9	
1971	33.0			24.5		6.3		18.5	19.6	31.5	18.0	22.7	
1972				26.1		4.8		29.3	70.5	16.3	20.1	33.0	
1973	28.2			18.2		6.0		30.2	27.2	15.8	22.6	37.6	
1974	21.5			19.3		2.4		20.0	12.7	15.7	16.8	30.5	
1975	19.0			15.1		3.3		40.1	34.6	14.1	16.0	34.8	
1976	20.0			17.5		0.4		32.4		23.2	19.3	16.1	
1977	14.8			16.4		0.8			29.4	24.9	17.4	34.4	
1978	20.1			16.3		0.2		22.0	49.8	25.2	16.1	33.4	
1979	16.9			11.7					18.1		15.1	11.2	
1980	15.5			14.4					8.5		17.1		
1981	22.8			13.1					21.0	17.6	17.5		
1982			16.8	13.3				61.2	17.2		15.6		19.3
1983			9.8					33.6	9.7	21.5	16.6		15.5
1984	10.0			11.3				53.4	14.9		14.2		27.0
1985				12.4					13.8	8.0	12.9		
1986			17.5	18.0		3.5		36.2	19.0	26.5	20.0	32.7	33.7
1987		37.6	13.1	16.8		4.8		35.5	13.1	12.5	20.9	31.9	29.3
1988		28.8	13.6	13.8		3.3			20.4		33.1	23.8	
1989		26.1		13.9		6.0		27.7	20.0		24.4	39.4	
1990		30.8		15.8		1.2			20.0		26.0	25.6	
1991		24.0		11.5		1.5			19.0		12.4	27.4	
1992	6.3	21.5		16.0		1.2			5.0		15.1	29.9	
1993	17.3	40.5		41.6		3.0			20.0		16.0	29.7	
1994	31.5	21.8		26.4		9.0			24.0		14.1	30.2	
1995	12.2	20.2		27.0		6.2			30.0		13.5	30.2	
1996	24.3	16.6		31.7		2.6			23.0		16.1	24.6	
1997	18.8	28.2		27.4		3.6			25.3		14.6	46.2	
1998	14.7	27.6		41.8		5.5			33.8		14.1	32.4	
1999	19.9	24.4		24.5		11.2			24.3		15.6	23.1	
2000	12.9	58.6		28.9		3.8			30.6		27.0	35.4	
2001	13.3	20.6		22.7		5.6			12.8		14.9	24.0	
2002	11.6	25.8		28.2					24.8		17.7	28.7	
2003	14.4	60.4		28.0		4.4			15.0		18.9	18.2	
2004	14.2	41.3		32.9					17.7		21.4	29.2	
2005	13.6	30.4		22.0	0.0		6.4		13.0		20.5	21.0	
2006	20.6	26.2		29.5	0.0		3.0		25.1		30.1	26.5	
2007	19.8	29.0		33.6	0.0	2.3			14.6		23.4	34.2	
2008	19.9	15.4			0.0	2.6			24.0		21.9	30.4	
2009	15.1	26.9		69.2	8.0	6.0			14.8		20.5	27.3	
2010													

4) Mapa de isoyetas

En la Figura 3.1.9.1-3 se presenta un mapa de isoyetas de la cuenca del Río Cañete.

En la cuenca del Río Cañete, las precipitaciones anuales varían considerablemente según la zona, con un mínimo de 25mm y máximo de 750 mm aproximadamente. Las precipitaciones son menores a medida que se acerca a la cuenca baja y son mayores a medida que se va aumentando las altitudes hacia la cuenca alta.

Las precipitaciones anuales en la cuenca baja donde se tomarán medidas contra inundaciones son de 25 a 50mm, que no son grandes.

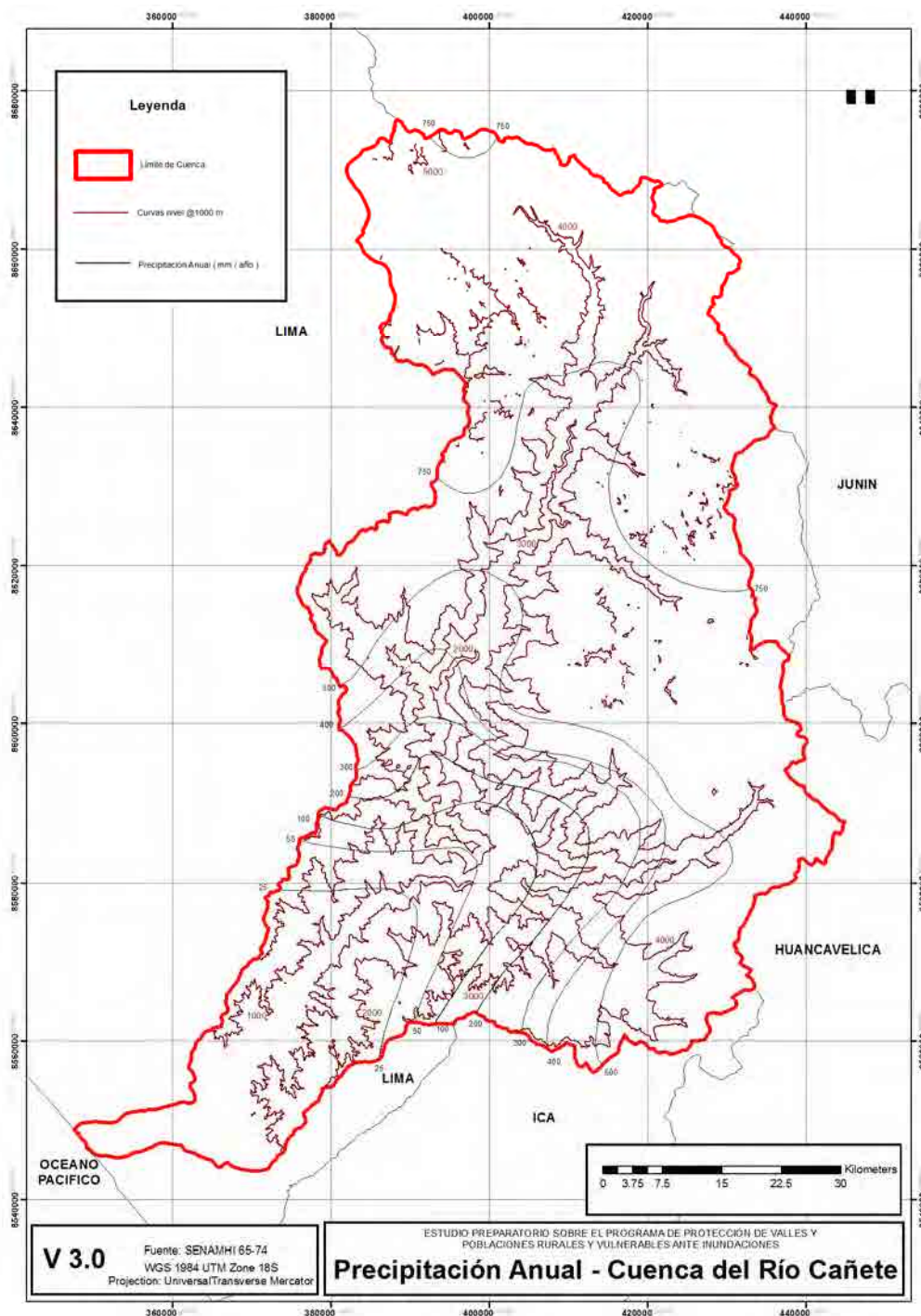


Figura-3.1.9.1-3 Mapa de isoyetas (Cuenca del Río Cañete)

(2) Cuenca del Río Chincha

1) Situación del monitoreo pluvial

Las Tablas 3.1.9.1-5 y 3.1.9.1-6 y la Figura 3.1.9.1-4 presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo pluvial y el periodo de tomad e datos pluviales.

14 estaciones de monitoreo y el periodo más largo de monitoreo es 31 años desde 1980 hasta 2010.

Tabla-3.1.9.1-5 Lista de estaciones de monitoreo pluvial (Cuenca del Río Chíncha)

NOMBRE DE ESTACION	CODIGO ESTACION	Cuenca	Tipo Estac.	Inicio Func.	Años de Observ.	UBICACION POLITICA			UBIC. GEOGRAFICA			Instituc. Responsable	OBSERVACION
						Dpto	Prov	Dist	Lat	Long	Alt		
CONTA	203501	San Juan	H-Lm	1922	80	Ica	Chíncha	Chíncha Alta	13°27'	75°58'	320	JUNTA USUARIOS	OPERATIVA
FONAGRO	130791	San Juan	MAP	1966	17	Ica	Chíncha	Chíncha Baja	13° 28'	76° 08'	50	SENAMHI	OPERATIVA
SAN JUAN DE CASTROMRREYNA	156114	San Juan	PLU	1966	37	Huancavelica	Castrovirreyna	San Juan	13° 12'	75° 38'	2150	SENAMHI	OPERATIVA
SAN JUAN DE YANAC	156113	San Juan	PLU	1964	37	Ica	Chíncha	Chavín	13° 13'	75° 47'	2400	SENAMHI	OPERATIVA
HUACHOS	151503	San Juan	PLU	1980	23	Huancavelica	Castrovirreyna	Huachos	13° 14'	75° 32'	2680	SENAMHI	OPERATIVA
VILLA DE ARMAS	110641	San Juan	CO	1964	27	Huancavelica	Castrovirreyna	Arma	13° 08'	75° 32'	3600	SENAMHI	OPERATIVA
SAN PEDRO DE HUACARPANA	156115	San Juan	CO	1964	34	Ica	Chíncha	S.P.Huacarpana	13° 03'	75° 39'	3680	SENAMHI	OPERATIVA
LAGUNA HUICHINGA	110632	San Juan	PLU	1980	18	Huancavelica	Castrovirreyna	Aurahua	13°02"	75°34"	3460	SENAMHI	PARALIZADA
TANTARA	110633	San Juan	PLU	1980	18	Huancavelica	Castrovirreyna	Tantará	13°14"	75°37"	2890	SENAMHI	PARALIZADA
CHUNCHO	110631	Mantaro	PLU	1945	23	Lima	Yauyos	Tupe	12°45'	75°31'	4695	IRRIG-SAN JUAN	PARALIZADA
BERNALES	110650	Pisco	CO	1964	39	Ica	Pisco	Humay	13° 45'	75° 57'	250	SENAMHI	OPERATIVA
HUANCANO	110639	Pisco	CO	1964	39	Ica	Pisco	Huancano	13° 36'	75° 37'	1006	SENAMHI	OPERATIVA
TICRAPO	110643	Pisco	PLU	1964	39	Huancavelica	Castrovirreyna	Ticrapo	13° 23'	75° 26'	2174	SENAMHI	PARALIZADA
TOTORA	110644	Pisco	PLU	1964	39	Huancavelica	Castrovirreyna	Castrovirreyna	13° 08'	75° 19'	3900	SENAMHI	PARALIZADA

H-lm: Aforo automático MAP: Monitoreo meteorológico para la agricultura
PLU: Monitoreo pluviométrico CO: Monitoreo meteorológico

Tabla-3.1.9.1-6 Periodo de toma de datos pluviales (cuenca del Río Chíncha)

CHINCHA	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010			
HUACHOS																																		
VILLA DE ARMAS																																		
CONTA																																		
FONAGRO (CHINCHA)																																		
SAN JUAN DE YANAC																																		
SAN PEDRO DE HUACARPANA																																		
SAN PEDRO DE HUACARPANA 2																																		
TOTORA																																		
TICRAPO																																		
COCAS																																		

El niño

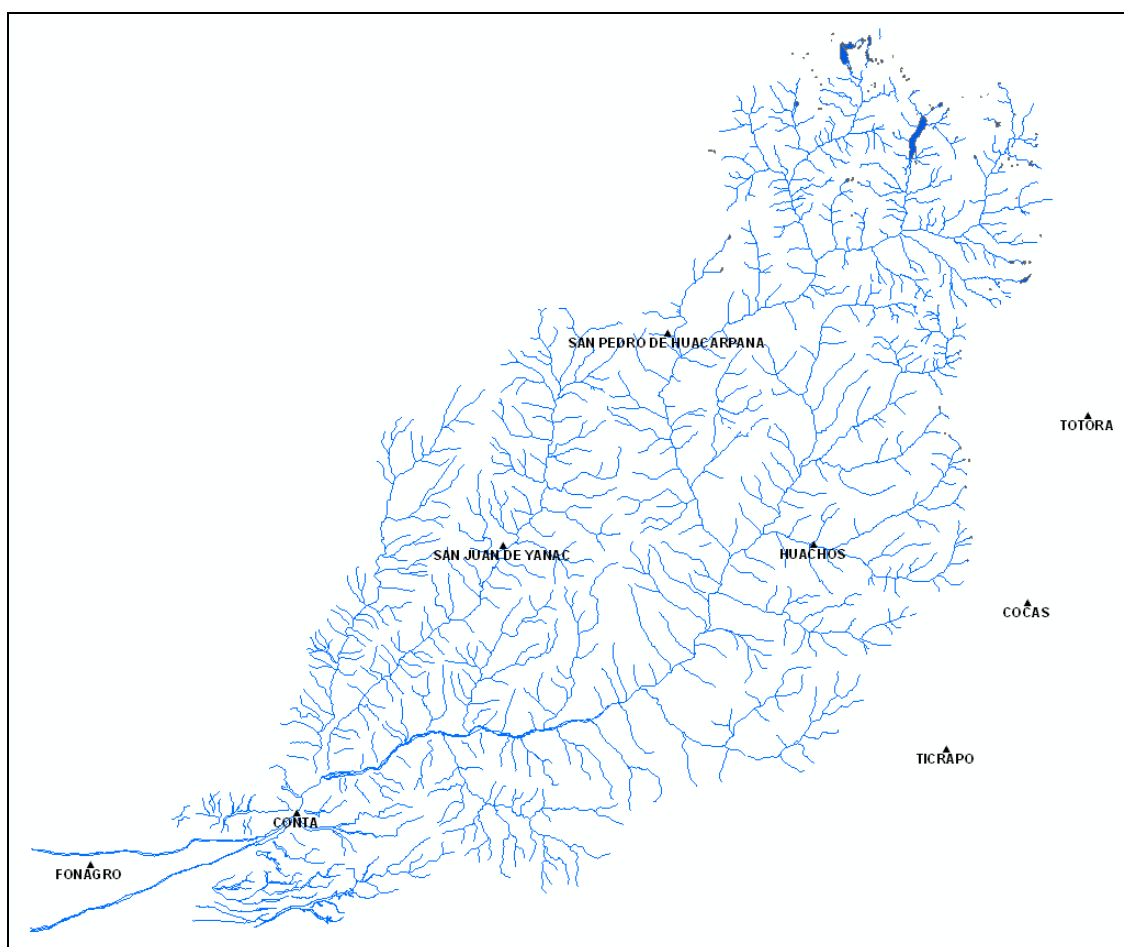


Figura-3.1.9.1-4 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo (cuenca del Río Chíncha)

2) Precipitaciones mensuales

La Tabla 3.1.9.1-7 y la Figura 3.1.9.1-5 presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones de monitoreo pluvial en la cuenca del Río Chíncha y su distribución.

Según la Tabla y la figura, las precipitaciones aumentan entre octubre y abril y disminuyen bastante de mayo a septiembre. Las precipitaciones anuales varían de 6,95mm en la estación Conta a 625,95mm en la estación Totora.

Tabla 3.1.9.1-7 Precipitaciones medias mensuales en la cuenca del Río Chíncha y las cuencas cercanas

ESTACION	Mes												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	
TOTORA	125.39	133.76	104.56	46.33	18.20	4.07	4.90	7.76	24.24	32.59	41.47	81.67	624.95
TICRAPO	54.24	75.45	73.35	14.10	0.44	0.20	0.03	0.45	0.98	3.99	5.05	24.32	252.60
COCAS	94.93	111.50	138.93	29.87	5.31	0.26	0.36	1.54	6.70	11.83	16.61	40.73	458.57

SAN PEDRO DE HUACARPANA 2	114.93	137.80	161.96	50.64	5.30	0.38	0.23	2.25	5.51	17.68	30.93	58.94	586.56
SAN PEDRO DE HUACARPANA	121.19	136.68	139.80	34.99	2.64	0.00	0.04	2.53	7.24	12.94	27.45	64.52	550.02
CHINCHA DE YANAC	27.03	37.28	39.98	6.97	0.27	0.00	0.10	0.02	0.76	2.81	2.11	14.08	131.41
FONAGRO (CHINCHA)	0.42	1.08	0.34	0.07	0.48	1.23	1.34	0.83	0.68	0.38	0.21	0.56	7.60
CONTA	1.84	3.24	0.81	0.31	0.01	0.03	0.06	0.04	0.05	0.18	0.14	0.24	6.95
VILLA DE ARMAS	133.69	136.26	148.26	39.55	2.82	0.00	0.01	1.57	8.52	10.84	22.17	59.92	563.61
HUACHOS	98.45	120.27	119.57	29.42	1.90	0.23	0.25	1.01	1.73	6.74	15.33	57.08	451.98

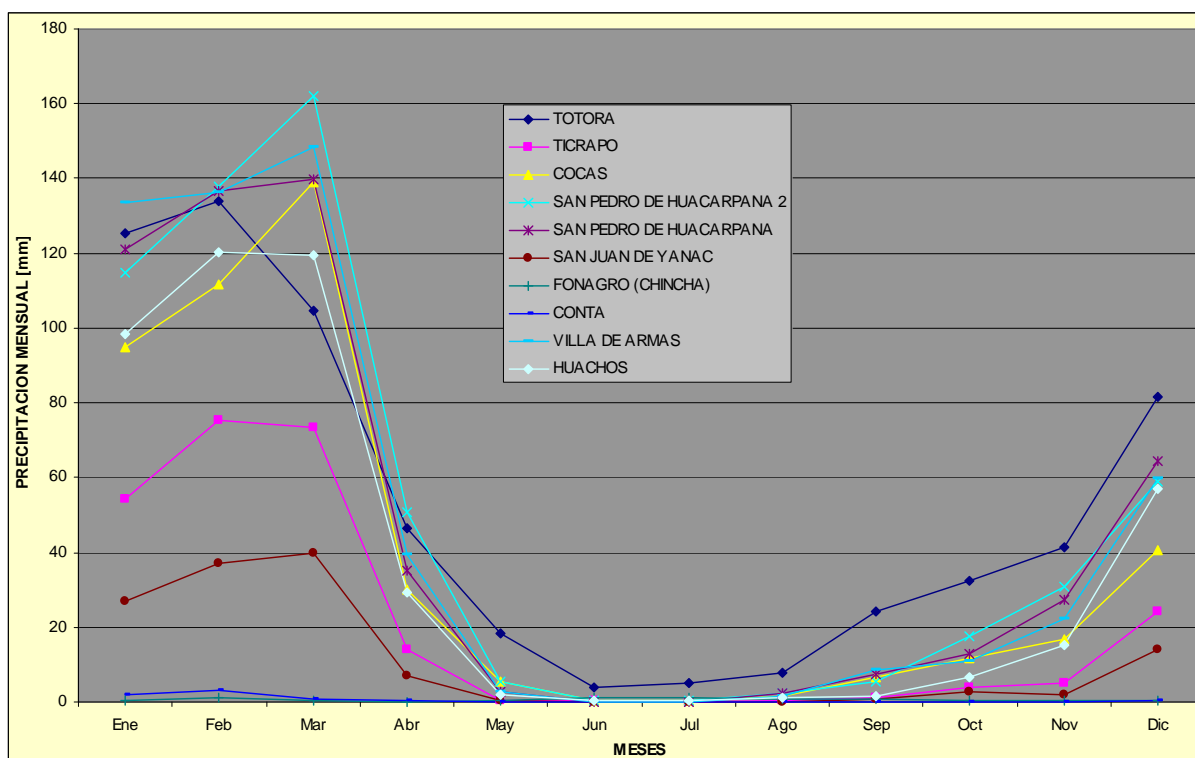


Figura-3.1.9.1-5 Distribución de Precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Chíncha y las cuencas cercanas

3) Precipitaciones de 24 horas máximas/año

La Tabla 3.1.9.1-8 presenta las precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Chíncha.

Tabla 3.1.9.1-8 Precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Chincha

Year	TOTORA	TICRAPO	COCAS	SAN PEDRO DE HUACARP ANA 2	SAN PEDRO DE HUACARP ANA	SAN JUAN DE YANAC	FONAGRO (CHINCHA)	CONTA	VILLA DE ARMAS	HUACHOS
1964		21.5	19.8							
1965	24.0	20.7	21.6	15.0						
1966	15.0	12.6	20.2	5.2						
1967	24.0	24.4	36.0	31.0					59.6	
1968	20.0	10.0		16.0						
1969	22.0	35.8		24.5						
1970	23.0	40.2	22.1	24.5					24.9	
1971	21.0	28.4	29.4	20.0					31.0	
1972	27.0	32.0	30.8	26.0		12.8			29.6	
1973	25.0	44.3	36.8	21.1					42.4	
1974	22.0	14.0	20.6	14.5		8.2			36.0	
1975	19.0	19.5	22.4	22.5		10.3			35.8	
1976	20.0	25.5	21.4	17.0					38.0	
1977	25.0	24.0	20.6	15.0					36.2	
1978	20.0	5.4	14.4	26.0					61.8	
1979	25.0	18.0	27.4	32.0					27.4	
1980	35.0	24.1		19.5					43.0	33.2
1981	29.0	33.0	0.0	32.0					35.2	20.8
1982	29.0	10.9		18.0					30.0	25.8
1983	24.0	30.0							11.8	19.9
1984	37.0	20.8							11.8	29.2
1985	30.0	18.0							20.8	25.5
1986	27.0	26.8		24.0			0.3		20.0	28.5
1987	13.0						0.2		19.0	20.1
1988	25.0			32.0			0.7		20.0	33.5
1989				27.0		6.8	3.0		10.8	19.8
1990				24.0		5.5	2.0		20.0	23.2
1991				33.0					28.0	24.3
1992										
1993				23.0					26.0	
1994				30.0					21.4	26.1
1995				25.0		10.3	2.3		28.4	23.1
1996						0.4	0.9		48.6	25.4
1997					23.6	2.5	0.8		30.4	16.2
1998					25.0	11.3	1.5			38.5
1999					28.0	15.9	6.0			41.6
2000					24.2	14.0	1.5			20.5
2001					24.2	9.7	1.1			23.8
2002					30.0	14.6	1.1			37.0
2003					20.6	9.5	0.5	0.6		15.2
2004					28.7	7.2	1.2	0.4		44.2
2005					16.0	16.5	0.9	1.0		28.6
2006					27.8	37.4	3.2	6.0		25.6
2007					16.0	14.2	1.0	4.0		20.5
2008					22.6	14.7	1.9	0.8		23.8
2009					16.4	15.9	2.2	0.3		
2010						23.8				

4) Mapa de isoyetas

En la Figura 3.1.9.1-6 se presenta un mapa de isoyetas de la cuenca del Río Chincha.

En la cuenca del Río Chincha, las precipitaciones anuales varían considerablemente según la zona,

con un mínimo de 25mm y máximo de 900 mm aproximadamente. Las precipitaciones son menores a medida que se acerca a la cuenca baja y son mayores a medida que se va aumentando las altitudes hacia la cuenca alta.

Las precipitaciones anuales en la cuenca baja donde se tomarán medidas contra inundaciones son muy escasas con 25mm.

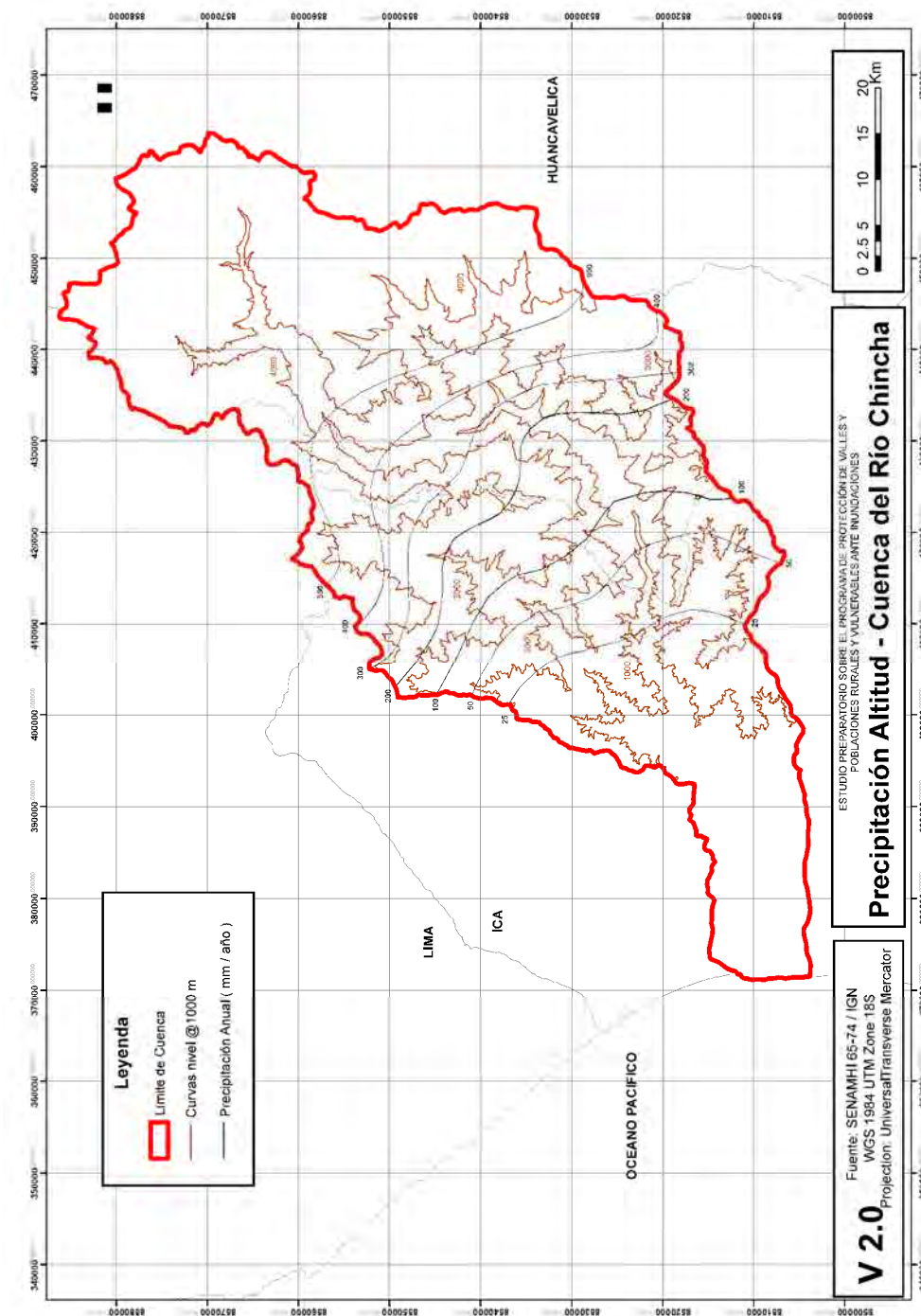


Figura-3.1.9.1-6 Mapa de isoyetas (cuenca del Río Chincha)



Figura-3.1.9.1-7 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo (cuenca del Río Pisco)

2) Precipitaciones mensuales

La Tabla 3.1.9.1-11 y la Figura 3.1.9.1-8 presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones de monitoreo pluvial en la cuenca del Río Pisco y su distribución.

Según la Tabla y la figura, las precipitaciones aumentan entre octubre y abril y disminuyen bastante de mayo a septiembre. Las precipitaciones anuales varían de 2,93mm en la estación Hacienda Bernales a 884mm en la estación Choclococha.

Tabla 3.1.9.1-11 Precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Pisco y las cuencas cercanas

ESTACION	Mes												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
ACNOCOCHA	139,08	145,04	129,35	56,57	17,74	8,18	5,65	13,73	21,69	40,59	52,30	83,59	713,51
CHOCLOCOCHA	147,66	161,73	156,09	80,13	26,52	14,25	8,03	22,18	35,24	59,48	68,69	103,97	883,97
COCAS	94,93	111,50	138,93	29,87	5,31	0,26	0,36	1,54	6,70	11,83	15,36	40,73	457,31

CUSICANCHA	74,40	88,26	104,57	33,77	1,74	0,00	0,01	0,71	3,48	4,85	12,38	36,37	360,55
PARIONA	161,82	155,42	174,45	68,15	13,61	3,06	3,12	4,02	16,39	32,52	54,23	90,91	777,70
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	49,69	54,27	46,95	8,78	0,96	0,09	0,17	0,67	0,95	3,50	7,06	19,24	192,34
TAMBO	82,19	120,28	130,42	32,03	3,95	0,00	0,12	0,51	0,88	9,53	11,48	40,40	431,78
TICRAPO	54,24	75,45	73,35	14,10	0,44	0,20	0,03	0,45	0,98	3,99	5,05	24,32	252,60
TOTORA	125,39	133,76	104,56	46,33	18,20	4,07	4,90	7,76	24,24	32,59	41,47	81,67	624,95
TUNEL CERO	163,61	162,53	150,68	72,29	20,96	7,59	6,98	14,51	29,20	56,12	72,29	121,55	878,32
HACIENDA BERNALES	0,84	1,50	0,05	0,03	0,07	0,14	0,08	0,08	0,02	0,01	0,03	0,09	2,93
HUAMANI	3,08	3,75	3,45	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,08	0,00	0,00	0,17	10,60

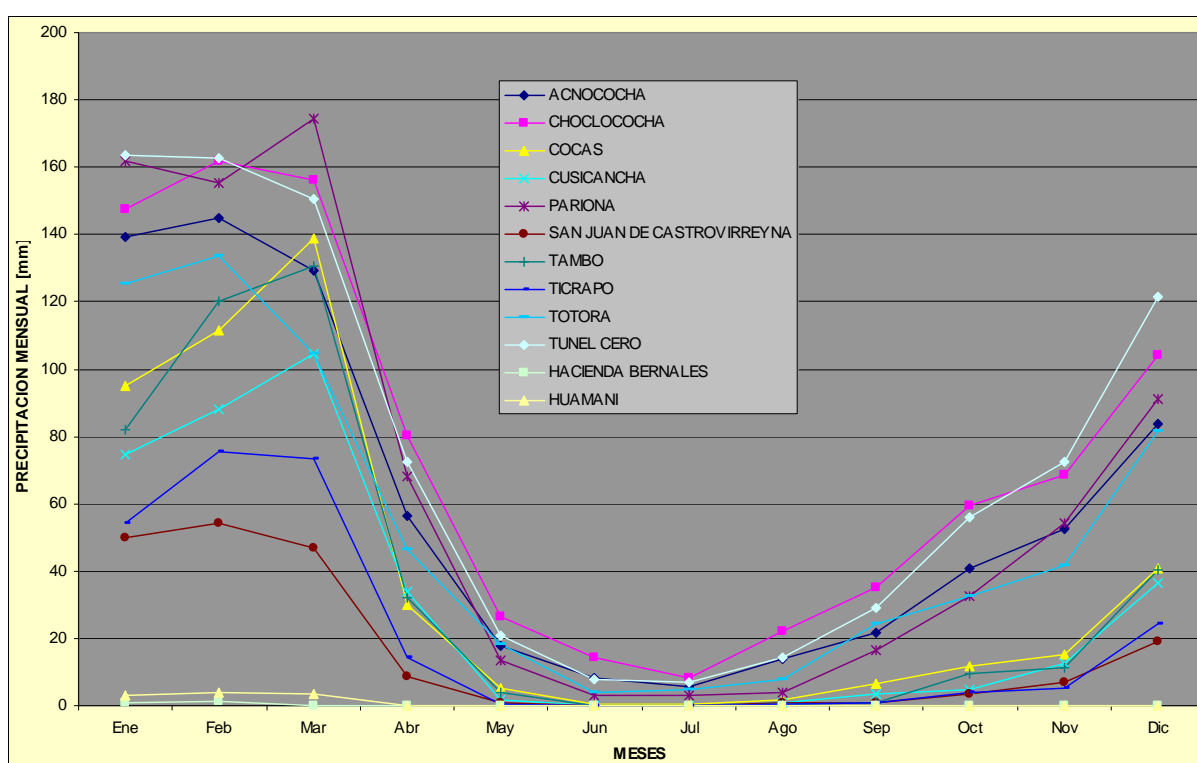


Figura-3.1.9.1-8 Distribución de precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Pisco y las cuencas cercanas

3) Precipitaciones de 24 horas máximas/año

La Tabla 3.1.9.1-12 presenta las precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Pisco.

Tabla 3.1.9.1-12 Precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Pisco

Year	ACNOCOC HA	CHOCLOC OCHA	COCAS	CUSICANC HA	PARIONA	SAN JUAN DE CASTROVI RREYNA	TAMBO	TICRAPO	TOTORA	TUNEL CERO	HACIENDA BERNALES	HUAMANI
1964			19.8					21.5				
1965			21.6				35.0	20.7				
1966			20.2	18.7				12.6	15.0			
1967			36.0	23.5		20.1		24.4	24.0			25.5
1968				12.3			24.0	10.0	20.0			0.0
1969				23.0				35.8	22.0			1.6
1970			22.1	25.3		33.3	13.3	40.2	23.0			33.5
1971	32.3		29.4	28.6		13.7	18.2	28.4	21.0	30.7		1.7
1972	29.2		30.8	26.9	40.0	28.0	30.7	32.0	27.0	28.2	29.5	18.8
1973	24.6		36.8	13.1	37.8	23.0			25.0	34.6	1.6	2.1
1974	31.1		20.6	9.7	36.9	12.1	21.0	14.0	22.0	24.2	0.0	4.1
1975	24.1	27.4	22.4	6.6	39.1	17.0	42.4	19.5	19.0	29.2	0.0	23.0
1976	26.4	36.1	21.4	6.6	34.4	17.2	40.0		20.0	22.8	20.8	12.5
1977	26.9		20.6	24.2	29.7	15.5	20.5	24.0	25.0	31.3	0.0	0.0
1978	28.1	22.9	14.4	20.0	20.6	7.8	32.0	5.4	20.0	19.5	0.6	0.0
1979	22.3	15.4	27.4		25.4	21.6	20.4	18.0	25.0	33.2	0.0	0.2
1980	23.0	14.8		19.0	44.4	40.0	21.2		35.0	27.3	0.0	0.3
1981	22.6	13.5	0.0	20.0	28.5		25.6	33.0	29.0	35.9		0.0
1982	32.1			10.1		17.1	15.7	10.9	29.0	52.2		0.0
1983	30.1	26.5		5.0		28.0	35.0	30.0	24.0		0.0	0.0
1984	28.7			20.0		24.0	40.0	20.8	37.0	38.3	0.0	0.4
1985	26.5	19.0		11.0	26.5	11.5	30.0	18.0	30.0	22.7	0.0	7.5
1986	29.2	36.0				14.7	30.0		27.0	35.3	0.0	
1987	22.4	24.4			14.8	12.3	20.0		13.0	23.1	0.0	0.0
1988	26.9	39.1			28.0	13.5	17.0			27.8	0.0	
1989	20.3					31.8	36.7			31.9	0.0	0.0
1990			39.5			13.1	29.0			54.5	0.0	
1991						11.0	40.0				0.0	0.0
1992												
1993		39.3				13.7				36.5	0.0	
1994		37.3				12.3	22.0			30.5	0.0	
1995		28.1				12.0	43.2			26.2	0.0	
1996		35.9				19.2	42.0			27.3	0.0	
1997		67.5				10.5	30.0			21.6	0.0	
1998		55.5				37.9	40.0			25.1	0.0	
1999		34.4				25.0	23.0			26.1	0.5	
2000		38.0				18.8	26.0				0.3	2.5
2001		29.3				23.2	16.0			29.6	1.3	2.2
2002		30.7				19.5				23.7	0.5	3.1
2003		57.7				10.5	22.0			27.4	0.0	2.7
2004		45.0				10.3	16.0			28.7	0.4	0.0
2005		36.1				16.1	27.0			47.8	4.6	13.0
2006		36.7				21.4	38.0			25.0	3.2	4.2
2007						18.4	16.5			35.8		0.0
2008		24.6				14.5	26.0			28.6	5.1	6.2
2009		58.4				17.2	38.0			36.2	1.3	8.3
2010												

4) Mapa de isoyetas

En la Figura 3.1.9.1-9 se presenta un mapa de isoyetas en la cuenca del Río Pisco.

En la cuenca del Río Pisco, las precipitaciones anuales varían considerablemente según la zona, con un mínimo de menos de 25mm y máximo de 750 mm aproximadamente. Las precipitaciones son menores a medida que se acerca a la cuenca baja y son mayores a medida que se va aumentando las altitudes hacia la cuenca alta.

Las precipitaciones anuales en la cuenca baja donde se tomarán medidas contra inundaciones son

escasas de 25 a 50 mm.

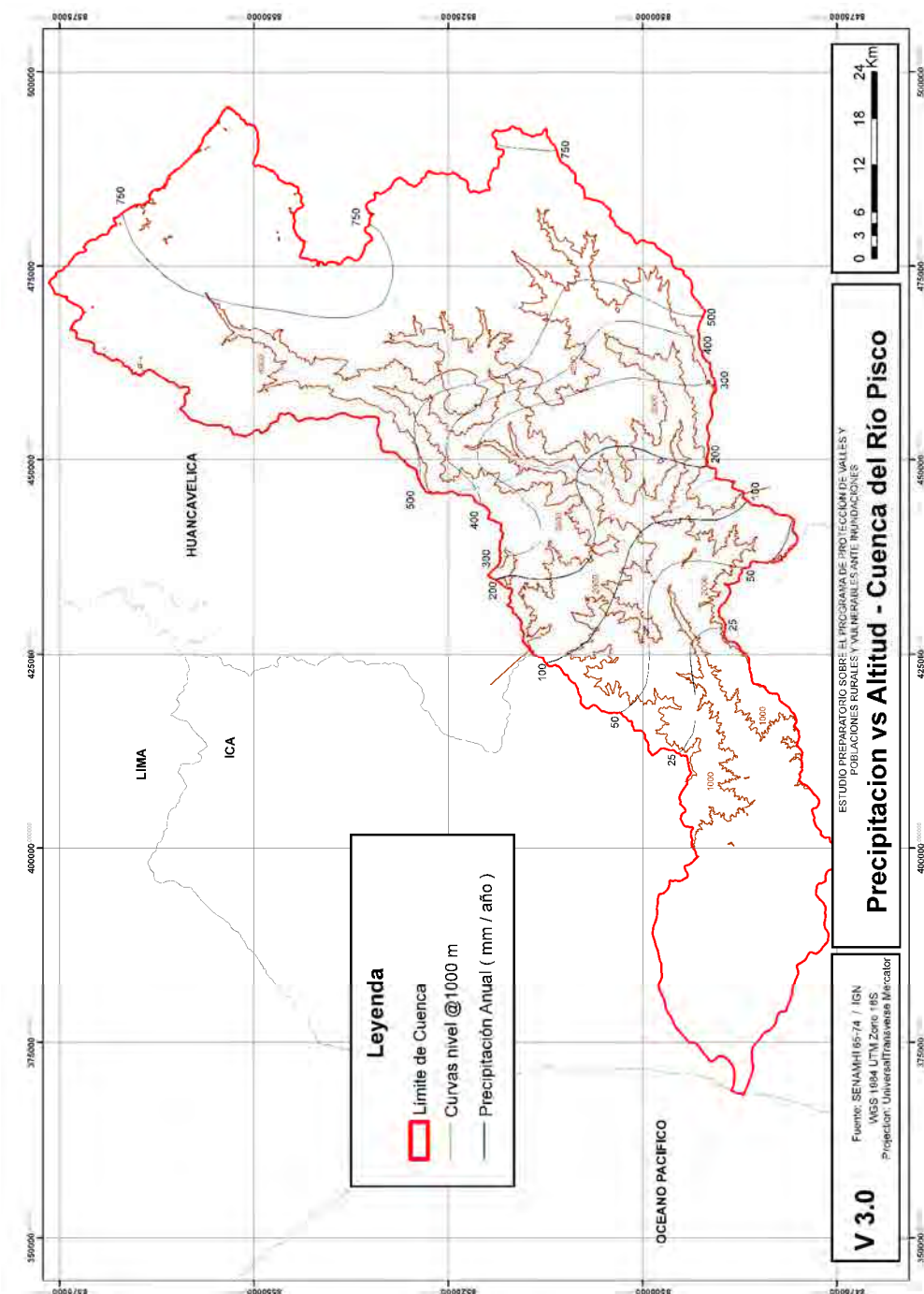


Figura-3.1.9.1-9 Mapa de isoyetas (Cuenca del Río Pisco)

(4) Cuenca del Río Majes-Camaná

1) Situación del monitoreo pluvial

Las Tablas 3.1.9.1-13 y 3.1.9.1-14 y la Figura 3.1.9.1-10 presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo pluvial y el periodo de tomad e datos pluviales.

En la cuenca del Río Majes-Camaná, hasta la fecha se lleva el monitoreo de precipitaciones en 48 estaciones de monitoreo. El monitoreo empezó en 1964. Existen estaciones cuyos datos carecen de nivel de precisión por tener un largo lapso de tiempo sin monitoreo. Por tanto, el análisis de descarga adoptó datos de 48 estaciones indicadas en la Figura 3.1.9.1-13, que presentan un nivel de precisión relativamente bueno de datos recolectados. Por otra parte, en la estación de monitoreo de precipitaciones en Chivay, que se encuentra en la parte central de la cuenta, se está realizando la medición utilizando un pluviómetro automático tipo telemetría. En esta estación se han obtenido los datos de precipitaciones por horas del mes de febrero (época de lluvias) de los años 2011 y 2012.

Tabla-3.1.9.1-13 Lista de estaciones de monitoreo pluvial (cuenca del Río Majes-Camaná)

Estación	Longitud	Latitud	Altura	Organización
APLAO	16° 04'10	72° 29'26	625	SENAMHI
AYO	15° 40'45	72° 16'13	1950	SENAMHI
CABANAONDE	15° 37'7	71° 58'7	3369	SENAMHI
CAMANÁ	16° 36'24	72° 41'49	29	SENAMHI
CARAVELÍ	15° 46'17	73° 21'42	1757	SENAMHI
CHACHAS	15° 29'56	72° 16'2	3130	SENAMHI
CHICHAS	15° 32'41	72° 54'59.7	2120	SENAMHI
CHIGUATA	16° 24'1	71° 24'1	2945	SENAMHI
CHINCHAYLLAPA	14° 55'1	72° 44'1	4514	SENAMHI
CHIVAY	15° 38'17	71° 35'49	3663	SENAMHI
CHOCO	15° 34'1	72° 07'1	3160	SENAMHI
CHUQUIBAMBA	15° 50'17	72° 38'55	2839	SENAMHI
COTAHUASI	15° 22'29	72° 53'28	5086	SENAMHI
CRUCERO ALTO	15° 46'1	70° 55'1	4486	SENAMHI
EL FRAYLE	16° 05'5	71° 11'14	4110	SENAMHI
HUAMBO	15° 44'1	72° 06'1	3500	SENAMHI
IMATA	15° 50'12	71° 05'16	4451	SENAMHI
LA ANGOSTURA	15° 10'47	71° 38'58	4260	SENAMHI
LA JOYA	16°35'33	71°55'9	1279	SENAMHI
LA PAMPILLA	16° 24'12.2	71° 31'.6	2388	SENAMHI
LAGUNILLAS	15° 46'46	70° 39'38	4385	SENAMHI
LAS SALINAS	16° 19'5	71° 08'54	3369	SENAMHI
MACHAHUAY	15° 38'43	72° 30'8	3000	SENAMHI
MADRIGAL	15° 36'59.7	71° 48'42	3238	SENAMHI
ORCOPAMPA	15° 15'39	72° 20'20	3805	SENAMHI
PAMPA DE ARRIEROS	16° 03'48	71° 35'21	3720	SENAMHI
PAMPA DE MAJES	16° 19'40	72° 12'39	1442	SENAMHI
PAMPACOLCA	15° 42'51	72° 34'3	2895	SENAMHI
PAMPAHUTA	15° 29'1	70° 40'33.3	4317	SENAMHI
PILLONES	15° 58'44	71° 12'49	4428	SENAMHI
PORPERA	15° 21'1	71° 19'1	4142	SENAMHI
PULLHUAY	15° 09'1	72° 46'1	3098	SENAMHI
SALAMANCA	15° 30'1	72° 50'1	3153	SENAMHI
SIBAYO	15° 29'8	71° 27'11	3839	SENAMHI
SUMBAY	15° 59'1	71° 22'1	4300	SENAMHI
TISCO	15° 21'1	71° 27'1	4198	SENAMHI
YANAQUIHUA	15° 46'59.8	72° 52'57	2834	SENAMHI

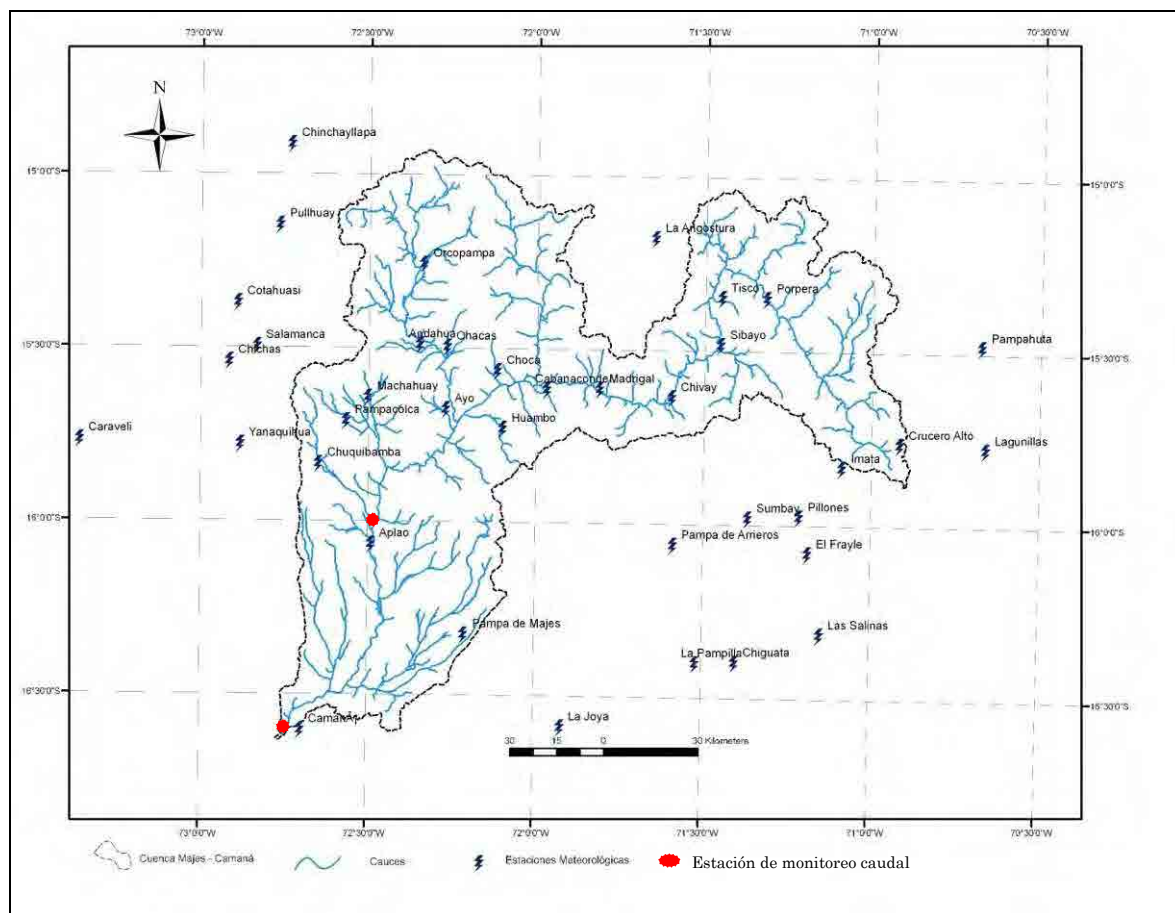


Figura-3.1.9.1-10 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo (cuenca del Río Majes-Camaná)

2) Precipitaciones mensuales

De entre las 48 estaciones de monitoreo pluvial ubicadas en la cuenca del Río Majes- Camaná y en su cercanía, fueron eliminados los datos monitoreados en 10 estaciones por su corto periodo de monitoreo (menos de 20 años), la falta de datos de los últimos 10 años, o su ubicación muy apartada de la cuenca, adoptándose los datos de las 38 estaciones restantes.

La Tabla 3.1.9.1-15 presenta los datos de precipitaciones mensuales de la estación TISCO como ejemplo de las 38 estaciones.

Tabla 3.1.9.1-15 Precipitaciones mensuales de la estación TISCO

TOTAL MONTHLY PRECIPITATION (mm)													
BASIN	GAGE	DEPARTMENT		LONGITUDE	LATITUDE								
Camaná - Majes	TISCO	AREQUIPA		71° 27'1	15° 21'1								
Year	Month												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
1963											41.1	131.8	
1964	86.1	72.9	114.4	42.9	22.0	0.0	0.0	6.1	4.4	17.9	59.7	57.6	484.0
1965	75.0	161.1	85.9	42.5	0.3	0.0	9.2	0.0	24.0	22.0	10.4	151.7	582.1
1966	110.3	184.9	64.6	10.6	45.1	0.0	0.0	4.5	0.0	43.3	79.7	55.0	598.0
1967	103.8	161.0	220.2	64.5	13.1	0.6	8.2	9.4	41.8	23.6	12.7	90.5	749.4
1968	266.0	119.6	179.4	31.6	4.0	5.1	5.5	5.8	20.0	52.9	84.6	31.7	806.3
1969	150.1	113.0	52.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	60.8	97.7	478.0
1970	139.6	150.5	138.5	22.4	9.5	0.0	1.0	1.1	35.6	5.1	4.7	146.8	654.9
1971	140.0	183.5	101.2	30.1	2.6	0.9	0.0	0.0	0.0	5.0	2.2	132.7	598.2
1972	362.1	188.7	235.5	32.7	0.1	0.0	2.3	0.1	55.1	32.9	32.1	90.1	1031.7
1973	297.8	190.2	159.2	81.1	15.9	0.0	8.2	10.2	31.1	7.6	60.6	53.9	915.7
1974	290.2	172.9	44.7	80.7	1.5	14.5	0.0	111.1	9.3	4.3	7.5	50.2	786.8
1975	146.6	246.7	122.4	30.2	20.8	3.2	0.0	1.0	8.0	48.3	1.4	131.4	760.1
1976	153.0	107.7	166.8	41.6	9.3	7.5	4.6	2.3	58.9	0.5	0.6	71.9	624.7
1977	67.0	239.2	118.8	7.1	4.1	0.0	2.3	0.0	11.7	16.3	110.2	49.8	626.6
1978	317.6	24.1	78.7	68.9	0.0	4.0	0.0	1.0	2.3	26.9	78.6	60.0	662.2
1979	127.4	88.0	123.3	16.5	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	59.2	71.2	93.7	584.4
1980	72.5	43.1	183.6	2.2	0.0	0.0	13.5	25.9	28.1	94.1	2.1	30.2	495.3
1981	205.2		52.0	73.0	2.0	0.0	0.0	46.8	9.0	24.8	52.3	110.6	
1982	161.0	45.9	122.8	34.9	0.0	0.5	0.0	0.0	80.9	105.5	150.5	70.0	772.0
1983	46.7	93.7	81.0	47.9	12.0	0.5	0.5	0.0	35.2	18.0	2.5	32.4	370.5
1984	178.4	256.0	284.8	11.1	10.5	3.0	0.0	28.4	0.0	46.3	135.5	125.6	1079.6
1985	32.9	263.0	134.4	49.7	10.0	14.8	0.0	0.0	15.4	0.0	70.0	142.4	732.6
1986	105.9	162.7	178.9	98.4	12.5	0.0	2.8	52.2	18.1	11.0	11.0	149.6	803.1
1987	212.5	42.9	26.2	23.6	3.4	2.1	27.0	4.5	2.0	23.3	24.6	29.0	421.1
1988	216.9	72.5	97.0	63.5	8.5	0.0	0.0	4.0	6.8	0.0	4.0	30.2	503.4
1989	123.9	93.0	159.5	50.7	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	12.0	4.0	446.1
1990	118.4	27.6	58.5	25.6	12.5	39.5	0.0	13.0	5.0	52.5	0.0		
1991	150.6	72.7	162.3	10.7	3.5	30.7	3.0	1.6	3.5	29.2	48.6	0.0	516.4
1992	51.6	73.8	32.9	4.8	0.0	2.7	2.8	40.0	1.0	25.2	24.7	85.6	345.1
1993	230.9	82.4	133.9	49.9	6.2	1.3	0.3	25.1	15.5	34.2	63.7	106.1	749.5
1994	241.6	218.1	74.3	45.6	10.1	2.8	1.5	1.7	0.0	1.0	25.2	72.7	694.6
1995	121.5	135.0	215.7	27.8	3.7	0.1	0.0	2.8	8.6	13.1	22.3	122.0	672.7
1996	187.3	156.8	83.0	61.6	12.0	0.0	0.3	14.1	11.7	10.6	41.3	146.6	725.4
1997	175.0	201.8	86.5	31.7	18.1	0.0	0.0	33.1	64.8	14.0	60.1	102.2	787.3
1998	271.1	114.9	96.6	15.9	0.5	3.0	0.0	0.8	0.5	9.6	48.5	75.9	637.4
1999	199.2	273.9	198.2	30.5	6.0	0.1	1.2	0.6	23.5	75.3	10.7	90.3	909.5
2000	194.3	242.5	157.2	21.5	28.7	7.8	0.4	11.4	1.6	70.9	22.1	97.9	856.4
2001	240.3	239.0	144.2	108.9	31.3	5.4	16.5	12.0	8.4	18.7	8.6	35.9	869.0
2002	123.6	241.6	186.8	134.9	17.4	8.0	31.8	0.6	19.1	44.7	82.2	113.3	1004.1
2003	83.5		193.1	29.2	11.8	1.5	3.6	4.1	13.2	14.8			114.6
2004	208.7	176.4	138.0	39.4	2.4	0.5	20.3	14.9	15.4	3.2	7.0	72.7	698.8
2005	124.4	207.0	127.5	56.9	0.5	0.0	0.1	0.7	23.2	11.6	18.8	103.4	674.1
2006	202.0	200.4	195.5	62.4	6.1	4.1	0.0	7.7	25.6	29.3	61.6	78.8	873.4
2007	187.0	179.7	180.4	38.4	9.1	0.1	9.7	0.8	16.1	13.7	22.9	96.2	753.8
2008	257.8	123.5	70.0	5.5	3.2	2.7	0.1	0.6	1.7	17.1	5.0	95.6	582.7
2009	104.6	203.6	133.3	65.6	2.8	0.0	11.1	2.4	23.9	9.9	47.9	64.6	669.7
2010	179.1	164.6	73.0	69.3	6.4	2.1	2.2	1.0	6.2	21.2	13.4	142.9	681.4
2011		233.8	96.9	104.8									
Pp Maxima	362.1	273.9	284.8	134.9	45.1	39.5	31.8	111.1	80.9	105.5	150.5	151.7	1079.6
Pp Media	166.8	153.2	128.4	43.7	8.5	3.6	4.1	10.8	16.7	25.8	38.7	85.9	687.9
Pp Minima	32.9	24.1	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	345.1

3) Precipitaciones de 24 horas máximas/año

La Tabla 3.1.9.1-16 presenta las precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Majes-Camaná.

4) Mapa de isoyetas

En la Figura 3.1.9.1-12 se presenta un mapa de isoyetas en la cuenca del Río Majes-Camaná.

En la cuenca del Río Majes-Camaná, las precipitaciones anuales varían considerablemente según la zona, con un mínimo de 50mm y máximo de 750 mm aproximadamente. Las precipitaciones son menores a medida que se acerca a la cuenca baja hacia la costa pacífica y son mayores a medida que se va aumentando las altitudes hacia la cuenca alta.

Las precipitaciones anuales en la cuenca baja donde se tomarán medidas contra inundaciones son escasas de 50 a 200 mm.

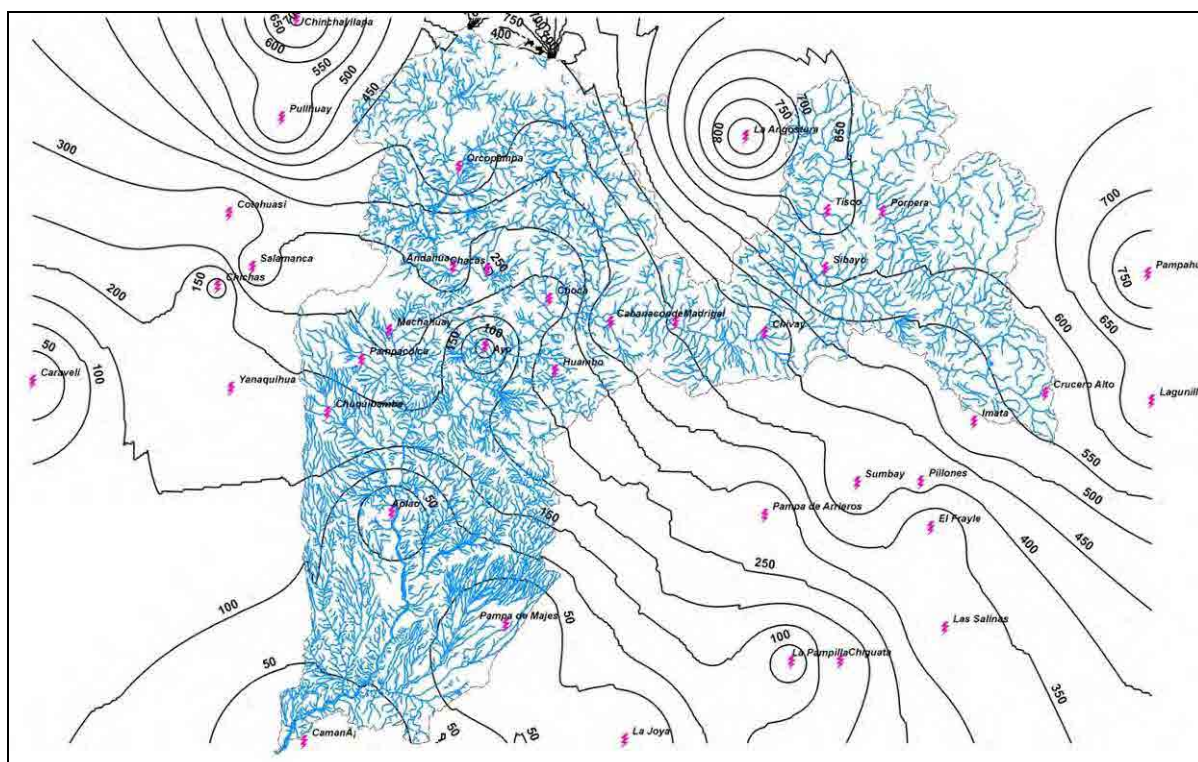


Figura-3.1.9.1-11 Mapa de isoyetas (Cuenca del Río Majes-Camaná)

3.1.9.2 Caudal

Mayoría de las estaciones de monitoreo de caudal ubicadas en las áreas objeto del estudio no cuentan con el monitoreo automático, sino con un monitoreo periódico manual una vez diaria (7:00 a.m.) o 2 veces diarias (7:00 a.m. y 7:00 p.m.). Por consiguiente, no existen datos pluviales horarios y todos los datos son de precipitaciones diarias (de 24 horas). Tratándose de un monitoreo a las horas fijas, es muy probable que no se hayan registrado caudales instantáneos máximos como los caudales picos de inundaciones.

El monitoreo de nivel de agua se hace principalmente con un indicador del nivel de agua y el valor medido se convierte en el caudal según una fórmula elaborada previamente a partir de los datos del

levantamiento transversal fluvial y del aforo.

No obstante, en la estación en Huatiapa de monitoreo de nivel y caudal del Río Majes-Camaná, a partir de 2006, el monitoreo de nivel de agua por parte de SENAHÍ (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) se realiza 4 veces al día (7:00, 10:00, 14:00 y 18:00) mediante un indicador del nivel de agua, además de la confirmación del nivel registrado por el medidor del nivel automático tipo flotador (a partir de 2006). Además de esto, durante inundaciones, se toman los datos por hora. En esta estación sólo algunos datos del nivel de agua por horas se introducen y se recopilan en una computadora, quedándose guardados únicamente los papeles de registro automático. El caudal máximo anual publicado por SENAHÍ, a partir de 2006, es el valor máximo de los caudales medios diarios de 2 ó 4 mediciones al día. Se requiere seguir el monitoreo del nivel de agua y caudal en los momentos pico de inundaciones, así como organizar los datos obtenidos.

Las estaciones de monitoreo están ubicadas en la cuenca media y la baja de abanicos aluviales en la costa (véase el mapa de ubicación de estaciones de monitoreo pluvial). Puesto que en la zona costera casi no llueve, se supone que casi no hay entrada del agua desde los afluentes de curso bajo y los datos monitoreados indican precisamente el volumen de descarga de las áreas objeto. Por tanto, es recomendable considerar las estaciones de monitores de caudal ubicadas curso más bajo como puntos de referencia para el análisis de descarga.

(1) Cuenca del Río Cañete

1) Estaciones de monitoreo de caudal

La Tabla 3.1.9.2-1 presenta la ubicación de la estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Cañete. El monitoreo se hace a cargo de SENAMI y la junta de regantes.

Tabla 3.1.9.2-1 Estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Cañete

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (s.n.m.)
SOCSI CAÑETE	13° 01'42	76° 11'40	330

2) Caudal diario máximo/año

La Tabla 3.1.9.2-2 presenta el caudal máximo anual en la estación arriba mencionada.

Tabla 3.1.9.2-2 Caudal diario máximo/año en la estación SOCSI CAÑETE de la cuenca del Río Cañete

Año	Caudal máx.anual (m ³ /sec)	
	SENAMHI	Junta de regantes
1926	-	455,00
1927	-	120,00
1928	-	198,00
1929	-	342,00
1930	-	263,00

*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES
RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL I-1 INFORME PRINCIPAL. INFORME DE PROGRAMA*

1931	-	148,60
1932	-	850,00
1933	-	176,00
1934	-	305,00
1935	-	386,00
1936	-	265,00
1937	-	283,76
1938	-	401,99
1939	-	308,53
1940	-	141,28
1941	-	301,13
1942	-	319,22
1943	-	324,13
1944	-	396,65
1945	-	350,00
1946	-	354,00
1947	-	353,00
1948	-	279,00
1949	-	198,00
1950	-	244,74
1951	-	485,00
1952	-	360,00
1953	-	555,00
1954	-	657,00
1955	-	700,00
1956	-	470,00
1957	-	228,32
1958	-	270,40
1959	-	700,00
1960	-	488,75
1961	-	597,62
1962	-	566,24
1963	-	242,37
1964	-	153,06
1965	214,70	214,70
1966	207,00	201,00
1967	343,00	343,00
1968	154,00	154,00
1969	316,00	316,00
1970	408,00	408,00
1971	430,00	430,00
1972	900,00	900,00
1973	484,20	450,10
1974	-	326,00
1975	-	298,00
1976	294,92	332,00
1977	-	249,00
1978	-	216,00

1979	-	182.80
1980	-	100.10
1981	-	257.10
1982	-	120.00
1983	-	228.00
1984	-	425,50
1985	-	165,60
1986	-	370,50
1987	-	487,30
1988	206,00	420,30
1989	-	377,00
1990	-	189,00
1991	-	372,00
1992	-	164,30
1993	-	390,00
1994	-	550,00
1995	-	500,00
1996	-	310,00
1997	-	350,00
1998	-	348,00
1999	-	420,00
2000	-	350,00
2001	-	255,00
2002	-	204,00
2003	-	215,00
2004	-	196,00
2005	-	167,00
2006	-	250,00

(2) Cuenca del Río Chíncha

1) Estaciones de monitoreo de caudal

La Tabla 3.1.9.2-3 presenta la ubicación de la estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Chíncha. El monitoreo se hace a cargo de SENAMI y la junta de regantes.

Tabla 3.1.9.2-3 Estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Chíncha

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (s.n.m.)
CONTA	13° 27'	75° 58'	320

2) Caudal diario máximo/año

La Tabla 3.1.9.2-4 presenta el caudal máximo anual en la estación arriba mencionada. El Río Chíncha está dividido en el Río Chico y el Río Matagente, por lo que el caudal del Río Chíncha es la suma del caudal de ambos Ríos.

Tabla3.1.9.2-4 Caudal máximo/año en la estación CONTA de la cuenca del Río Chíncha (m³/s)

Año	SENAMHI	Junta de regantes			Caudal adoptado
	Total	Río Chico	Río Matagente	Total	
1950	155,43	-	-	-	155,43
1951	395,75	-	-	-	395,75
1952	354,00	-	-	-	354,00
1953	1.268,80	-	-	-	1,268,80
1954	664,40	-	-	-	664,40
1955	241,45	-	-	-	241,45
1956	227,83	-	-	-	227,83
1957	226,53	-	-	-	226,53
1958	88,36	35,34	53,02	88,36	88,36
1959	301,42	120,57	180,85	301,42	301,42
1960	245,17	98,07	147,10	245,17	245,17
1961	492,83	197,13	295,69	492,82	492,82
1962	395,06	158,02	237,03	395,05	395,05
1963	337,84	135,14	202,70	337,84	337,84
1964	66,95	26,78	40,17	66,95	66,95
1965	154,12	61,65	92,47	154,12	154,12
1966	139,13	55,65	83,48	139,13	139,13
1967	1.202,58	481,03	721,55	1.202,58	1.202,58
1968	43,92	17,57	26,35	43,92	43,92
1969	72,14	28,86	43,28	72,14	72,14
1970	271,57	108,63	162,94	271,57	271,57
1971	497,84	199,13	298,71	497,84	497,84
1972	784,16	313,66	470,50	784,16	784,16
1973	137,53	55,01	82,52	137,53	137,53
1974	215,66	86,26	129,40	215,66	215,66
1975	246,87	98,75	148,12	246,87	246,87
1976	311,13	124,45	186,68	311,13	311,13
1977	97,10	38,84	58,26	97,10	97,10
1978	33,00	13,20	19,80	33,00	33,00
1979	51,90	20,76	31,14	51,90	51,90
1980	33,70	13,48	20,22	33,70	33,70
1981	83,95	33,58	50,37	83,95	83,95
1982	183,60	73,44	110,16	183,60	183,60
1983	81,20	32,48	48,72	81,20	81,20
1984	292,87	117,15	175,72	292,87	292,87
1985	71,42	51,88	77,82	129,70	129,70
1986	106,26	46,00	69,00	115,00	115,00
1987	-	42,00	63,00	105,00	105,00
1988	-	28,51	42,76	71,27	71,27
1989	-	71,38	107,07	178,45	178,45
1990	24,34	9,74	14,60	24,34	24,34
1991	-	41,00	61,49	102,49	102,49
1992	-	5,95	8,92	14,87	14,87

1993	-	51,73	77,59	129,32	129,32
1994	-	75,61	113,41	189,02	189,02
1995	-	121,47	182,21	303,68	303,68
1996	-	49,85	74,77	124,62	124,62
1997	-	10,60	15,89	26,49	26,49
1998	-	112,00	168,00	280,00	280,00
1999	-	165,74	248,61	414,35	414,35
2000	-	114,93	172,39	287,32	287,32
2001	-	81,72	122,59	204,31	204,31
2002	-	47,65	71,48	119,13	119,13
2003	-	52,38	78,57	130,95	130,95
2004	-	63,73	95,60	159,33	159,33
2005	-	14,24	21,36	35,60	35,60
2006	-	62,48	93,72	156,20	156,20

(3) Cuenca del Río Pisco

1) Estaciones de monitoreo de caudal

La Tabla 3.1.9.2-5 presenta la ubicación de la estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Pisco.

Tabla 3.1.9.2-5 Estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (s.n.m.)
LETRAYOC	13°40'	75°45'	640

2) Caudal diario máximo/año

La Tabla 3.1.9.2-6 presenta el caudal máximo anual en la estación arriba mencionada.

**Tabla 3.1.9.2-6 Caudal máximo/año en la estación LETRAYOC de la cuenca del Río Pisco
(m³/s)**

Año	Caudal máx./año (m ³ /s)	Año	Caudal máx./año (m ³ /s)
1933	227,50	1971	194,45
1934	264,50	1972	509,87
1935	311,00	1973	293,62
1936	360,50	1974	194,68
1937	956,03	1975	141,88
1938	253,70	1976	237,62
1939	328,67	1977	231,26
1940	155,34	1978	80,33
1941	212,25	1979	213,13
1942	326,79	1980	91,23
1943	301,93	1981	252,00

1944	295,05	1982	274,00
1945	250,01	1983	273,00
1946	528,14	1984	485,65
1947	144,09	1985	200,50
1948	765,10	1986	355,00
1949	148,26	1987	146,20
1950	156,33	1988	369,50
1951	289,09	1989	272,50
1952	208,05	1990	49,38
1953	427,20	1991	325,00
1954	536,64	1992	47,75
1955	403,42	1993	118,00
1956	330,99	1994	312,50
1957	256,19	1995	354,37
1958	169,35	1996	190,00
1959	378,26	1997	150,00
1960	312,85	1998	800,00
1961	272,04	1999	355,00
1962	423,06	2000	215,00
1963	255,85	2001	240,00
1964	238,45	2002	300,00
1965	162,44	2003	176,25
1966	710,02	2004	215,00
1967	521,91	2005	137,50
1968	189,11	2006	350,00
1969	314,07	2007	250,00
1970	454,31	2008	300,00

(4) Cuenca del Río Majes-Camaná

1) Estaciones de monitoreo de caudal

La Tabla 3.1.9.2-7 presenta la ubicación de las estaciones de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Majes-Camaná.

Tabla 3.1.9.2-7 Estaciones de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Majes-Camaná

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (s.n.m.)
Huaripa	15°59'41,0" S	72°28'13.0" W	700
Puente Carretera Camaná	16°36'00,0" S	72°44'00.0"W	122

2) Caudal diario máximo/año

La Tabla 3.1.9.2-8 presenta el caudal máximo anual en las estaciones arriba mencionadas.

Tabla 3.1.9.2-8 Caudal máximo/año en las estaciones de la cuenca del Río Majes-Camaná (m³/s)

Huaripa

Año	Caudal máx./año (m ³ /s)
1945	620,00
1946	619,00
1947	580,79
1948	506,50
1949	1012,80
1950	458,33
1951	687,32
1952	592,50
1953	980,00
1954	980,00
1955	2400,00
1956	445,30
1957	316,00
1958	985,50
1959	1400,00
1960	600,00
1965	171,94
1966	237,00
1967	420,00
1968	442,55
1969	308,60
1970	362,00
1971	356,00
1972	633,00
1973	1040,00
1974	902,00
1975	748,00
1976	514,00
1977	592,00
1978	1600,00
1979	410,00
1980	415,00
1981	1000,00
1982	345,00
1983	23,20
1984	1025,00
1986	750,00
2006	590,87
2007	366,33
2008	418,50
2009	400,22

Puente Carretera Camaná

Año	Caudal máx./año(m ³ /s)
1961	301.10
1962	399.87
1963	340.16
1971	340.72
1972	800.42
1973	750.19
1974	950.00
1975	890.00
1977	1200.00
1978	2000.00
1979	150.70
1980	89.00
1981	530.00
1982	300.00
1983	40.00
1984	1300.00
1986	600.00

3.1.9.3 Caudal de inundaciones según periodo de retorno basado en el aforo

Establecidos los puntos de referencia para el análisis de descarga de cada cuenca en las estaciones de monitoreo de caudal ubicadas cerca de la desembocadura del abanico aluvial, fueron procesados estadísticamente los datos del monitoreo de caudal máximo diario/año y se calculó el caudal de inundaciones con periodos de retorno de 2 a 100 años. Los resultados del cálculo vienen en la Tabla 3.1.9.3-1.

Para el cálculo estadístico hidrológico se empleó los siguientes modelos de distribución de probabilidades y fueron adoptados los valores del modelo de mejor adaptabilidad. Para más detalles véase el Apéndice del Anexo-1 Análisis Meteorológico, Hidrológico y de Descarga.

- Distribución Normal o Gaussiana
- Log - Normal con 3 parámetros
- Log - Normal con 2 parámetros
- Gamma con 2 ó 3 parámetros
- the log - Pearson III
- Gumbel
- Valores extremos generalizados

Tabla 3.1.9.3-1 Caudal de inundaciones según el periodo de retorno en los puntos de referencia

(m³/s)

Nombre del Río/punto de referencia	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Río Cañete Socsi	313	454	547	665	753	840
Río Chincha Conta	179	378	536	763	951	1.156
Río Pisco Letrayoc	267	398	500	648	774	914
Río Majes-Camaná Huaripa	560	901	1.169	1.565	1.906	2.292

El valor máximo del aforo realizado en la estación Socsi del Río Cañete fueron 900 m³/s en 1972 y la Tabla anterior ha sido calculada según los caudales máximos anuales incluyendo dicho valor. Como se mencionará más tarde (véase la cláusula 3.1.9.5 (2)), el supuesto caudal máximo medible en esta estación serán alrededor de 900 m³/s, por lo que es muy probable que los caudales según el periodo de retorno indicados en la Tabla anterior sean bastante menores de lo que son.

3.1.9.4 Análisis de descarga basado en precipitaciones (Sistema HEC-HMS)

El monitoreo de caudal en las áreas objeto del estudio comprende solamente el caudal diario y los caudales según el periodo de retorno calculados en la cláusula anterior son caudales pico. Para llevar a cabo un análisis de descarga que se mencionará más tarde, se hará necesaria una distribución horaria de inundaciones (hidrograma de crecida). En esta cláusula se hará un análisis de descarga basado en datos del monitoreo pluvial.

Para el análisis de descarga se empleará el sistema HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) desarrollado por el Cuerpo de ingenieros del Ejército de EE.UU. Este sistema es un programa universal de análisis de descarga, utilizado en América del Norte y otros países del mundo, y es uno de los programas más populares en Perú.

(1) Resumen del sistema HEC-HMS

El sistema HEC-HMS está diseñado de manera que permita simular la relación entre las precipitaciones y la descarga en un sistema de cuenca compuesta de numerosas sub-cuencas. Un modelo de cuenca puede componerse de numerosas sub-cuencas, canal fluvial, confluencias, puntos de afluencia, reservorios, etc.

Respecto a las pérdidas de infiltración se pueden aplicar los métodos de SCS curve number, Initial Constant, Exponential, Green Ampt, etc.

En cuanto al método de conversión de precipitaciones efectivas en el volumen de descarga, se puede aplicar el método de hidrograma unitario que incluye Clark, Snyder y SCS. Para la descarga del canal fluvial, se pueden adoptar varios métodos que incluyen el método Muskingum y el método Kinematic Wave. Además, al cálculo del caudal del fondo son aplicables varios métodos.

El análisis de precipitaciones comprende 6 métodos de análisis de datos pluviales y de composición de datos pluviales. Asimismo son aplicables a un sinnúmero de estaciones de monitores 4 métodos de distribución de precipitaciones incluyendo el método Thiessen.

Con el método de frecuencia de crecidas se pueden calcular inundaciones con un determinado periodo de retorno de excedencia. También es posible calcular una distribución horaria de precipitaciones con el uso de criterios de NRCS (Natural Resources Conservation Service Criteria) según el método de *SCS hypothetical storm*. Casi todos los parámetros incluidos en las sub-cuencas y el canal fluvial se pueden suponer automáticamente utilizando un triángulo de optimización. Están disponibles 6 funciones con distintas finalidades para optimizar el caudal calculado con relación al valor de aforo.

El procedimiento de la aplicación de dicho sistema al presente estudio se menciona a continuación. Siguiendo dicho procedimiento se describe el resumen del análisis de descarga tomando como ejemplo

la cuenca del Río Majes-Camaná. Para más detalles véase el Apéndice del Anexo-1 Análisis Meteorológico, Hidrológico y de Descarga.

- (1) Elaboración de un modelo de cuenca
- (2) Análisis de precipitaciones
 - 1) Cálculo de precipitaciones de 24 horas según el periodo de retorno en cada estación de monitoreo pluvial
 - 2) Cálculo de precipitaciones de 24 horas en cada cuenca componente del área objeto
 - 3) Determinación de curva de precipitaciones de 24 horas
- (3) Cálculo de pérdidas de infiltración según el método SSC
 - 1) Determinación de valores iniciales del número de curva de cada cuenca
 - 2) Determinación de los números definitivos de curvas
 - 3) Verificación del modelo
- (4) Cálculo de caudal de inundaciones según el periodo de retorno e hidrograma de crecidas

(2) Elaboración de un modelo de cuenca

1) División de la cuenca

La cuenca del Río Majes-Camaná ha sido dividida en 236 sub-cuencas de acuerdo con la similitud hidrológica. Como características de la cuenca, se han tenido en cuenta la topografía, distribución y topografía de los afluentes, vegetación, condiciones del suelo, entre otros. La Figura 3.1.9.4-1 presenta la división de la cuenca.



Figura-3.1.9.4-1 División de la cuenca del Río Majes-Camaná

2) Elaboración de un modelo de cuenca

Según el sistema HEC-HMS, se expresan las sub-cuencas, canal fluvial y puntos de confluencia en forma de maqueta, tal como se indica en la Figura 3.1.9.4-2. Un modelo de toda la cuenca elaborado en base a dicha maqueta se presenta en la Figura 3.1.9.4-2.

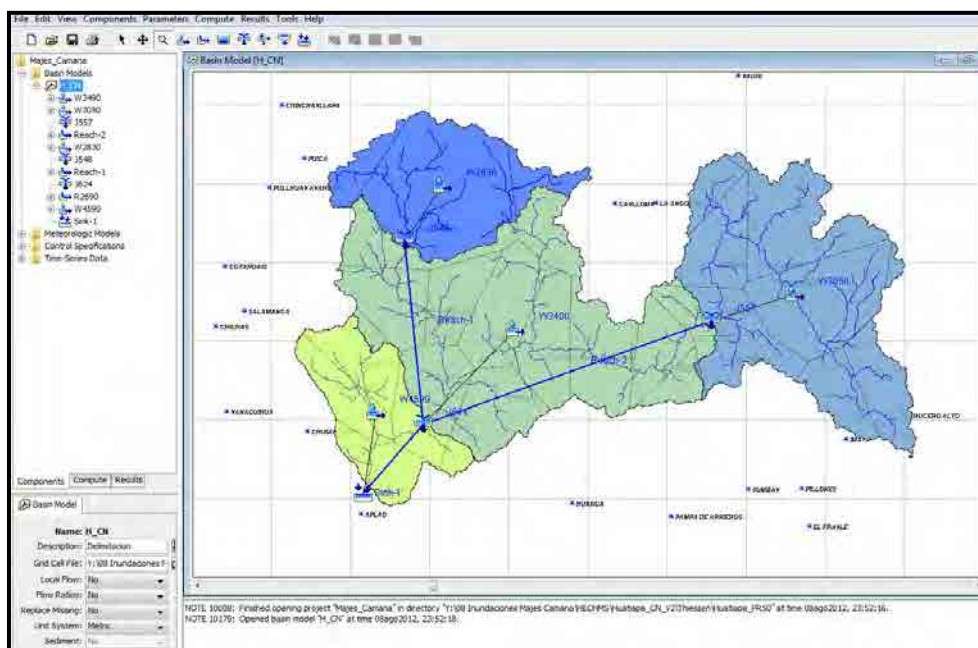


Figura-3.1.9.4-2 Modelo de HEC-HMS de la cuenca del Río Majes-Camaná

(3) Análisis de precipitaciones

De entre los datos de precipitaciones horarias de la estación de monitoreo Chivay, situada en la parte media alta de la cuenca, se han conseguido los datos de febrero de 2011 y 2012, para realizar análisis de profundidad-duración de las 3 inundaciones. Según el resultado de este análisis, el tiempo de duración de lluvia de febrero de 2012 ($Q_p=1.400 \text{ m}^3/\text{s}$), que fue el más largo en las 3 inundaciones principales, ha sido de 17 horas. Por lo tanto, el tiempo para el análisis de descarga se ha establecido en 24 horas.

Por otra parte, según el resultado de entrevistas a las personas relacionadas con SENAMHI y diferentes universidades, dicho tiempo en las zonas costeras de Perú es de entre 6 y 12 horas, por lo que, para el análisis de descarga³ de otros Ríos que desembocan en dichas zonas, se realiza el cálculo en base a 24 horas.

- 1) Cálculo de precipitaciones con un periodo de retorno de 24 horas en cada estación de monitoreo pluvial

³ Estudio de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Zona Centro de la Vertiente del Pacífico, Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua, Ing. Mg Sc. Ricardo Apaella Nalvarte, 2010.

La Tabla 3.1.9.4-1 presenta las precipitaciones un periodo de retorno de 24 horas en cada estación de monitoreo pluvial, calculadas de los valores medidos de precipitaciones de 24 horas máximas/año, luego de procesados de forma estadística.

De acuerdo con la tabla, las isoyetas de las precipitaciones de 24 horas con un periodo de retorno de 50 años se presentan en la Figura 3.1.9.4-2.

Tabla 3.1.9.4-1 Precipitaciones con un periodo de retorno de 24 horas en cada estación de monitoreo pluvial (Cuenca del Río Majes-Camaná)

Station	Coordinates			Precipitation for T (years)						
	Latitude	Longitude	Altitude (masl)	2	5	10	25	50	100	200
Andahua	15° 29'37	72° 20'57	3538	24.30	31.33	34.83	38.29	40.33	42.02	43.43
Aplao	16° 04'10	72° 29'26	625	1.71	5.03	7.26	9.51	10.71	11.56	12.14
Ayo	15° 40'45	72° 16'13	1950	10.28	16.43	20.51	25.66	29.48	33.27	37.05
Cabanaconde	15° 37'7	71° 58'7	3369	26.58	37.88	45.89	56.58	64.95	73.67	82.79
Camaná	16° 36'24	72° 41'49	29	3.18	7.16	9.79	13.11	15.58	18.03	20.46
Caraveli	15° 46'17	73° 21'42	1757	7.67	16.07	22.60	31.46	38.30	45.21	52.15
Chachas	15° 29'56	72° 16'2	3130	22.21	28.60	32.08	35.83	38.24	40.37	42.30
Chichas	15° 32'41	72° 54'59.7	2120	16.28	23.47	27.01	30.37	32.23	33.67	34.80
Chiguata	16° 24'1	71° 24'1	2945	18.88	29.98	37.33	46.40	52.94	59.27	65.42
Chinchayllapa	14° 55'1	72° 44'1	4514	23.12	31.21	36.57	43.34	48.37	53.35	58.32
Chivay	15° 38'17	71° 35'49	3663	24.50	32.74	38.20	45.09	50.21	55.29	60.35
Choco	15° 34'1	72° 07'1	3160	16.10	22.92	27.45	33.16	37.39	41.60	45.79
Chuquibamba	15° 50'17	72° 38'55	2839	21.65	36.96	47.09	59.89	69.39	78.82	88.21
Cotahuasi	15° 22'29	72° 53'28	5086	21.20	29.97	35.78	43.12	48.56	53.96	59.35
Crucero Alto	15° 46'1	70° 55'1	4486	25.33	31.66	35.20	39.10	41.67	44.02	46.17
El Frayle	16° 05'5	71° 11'14	4110	22.33	29.95	35.43	42.89	48.83	55.12	61.82
Huambo	15° 44'1	72° 06'1	3500	22.87	30.14	34.96	41.05	45.57	50.05	54.52
Imata	15° 50'12	71° 05'16	4451	28.35	37.09	42.87	50.18	55.60	60.98	66.34
La Angostura	15° 10'47	71° 38'58	4260	35.90	45.89	53.22	63.31	71.46	80.18	89.57
La Joya	16°35'33	71°55'9	1279	1.22	4.74	7.89	11.93	14.65	16.98	18.92
La Pampilla	16° 24'12.2	71° 31'6	2388	12.65	21.64	27.66	35.01	40.23	45.20	49.94
Lagunillas	15° 46'46	70° 39'38	4385	28.55	34.30	37.75	41.81	44.67	47.40	50.05
Las Salinas	16° 19'5	71° 08'54	3369	18.05	25.72	30.80	37.22	41.98	46.70	51.41
Machahuay	15° 38'43	72° 30'8	3000	21.06	29.80	34.71	40.03	43.45	46.46	49.14
Madrigal	15° 36'59.7	71° 48'42	3238	23.63	30.07	33.66	37.59	40.17	42.50	44.63
Orcopampa	15° 15'39	72° 20'20	3805	21.51	29.58	36.83	48.66	59.81	73.37	89.92
Pampa de Arrieros	16° 03'48	71° 35'21	3720	18.86	32.08	40.82	51.88	60.07	68.21	76.32
Pampa de Majes	16° 19'40	72° 12'39	1442	2.07	6.68	10.56	15.55	18.98	22.04	24.69
Pampacolca	15° 42'51	72° 34'3	2895	21.13	29.11	34.40	41.08	46.04	50.95	55.86
Pampahuta	15° 29'1	70° 40'33.3	4317	34.18	39.66	42.87	46.58	49.14	51.57	53.89
Pillones	15° 58'44	71° 12'49	4428	24.00	32.95	38.88	46.36	51.92	57.43	62.92
Porpera	15° 21'1	71° 19'1	4142	27.40	40.61	49.37	60.42	68.63	76.77	84.88
Pullhuay	15° 09'1	72° 46'1	3098	24.47	32.43	37.63	44.15	48.97	53.77	58.60
Salamanca	15° 30'1	72° 50'1	3153	19.86	26.64	31.13	36.81	41.02	45.20	49.36
Sibayo	15° 29'8	71° 27'11	3839	31.25	38.61	42.98	48.06	51.59	54.93	58.13
Sumbay	15° 59'1	71° 22'1	4300	25.43	35.57	43.10	53.56	62.08	71.26	81.17
Tisco	15° 21'1	71° 27'1	4198	33.41	42.74	51.24	65.12	78.15	93.95	113.15
Yanaquihua	15° 46'59.8	72° 52'57	2834	20.70	35.78	45.76	58.38	67.74	77.03	86.29

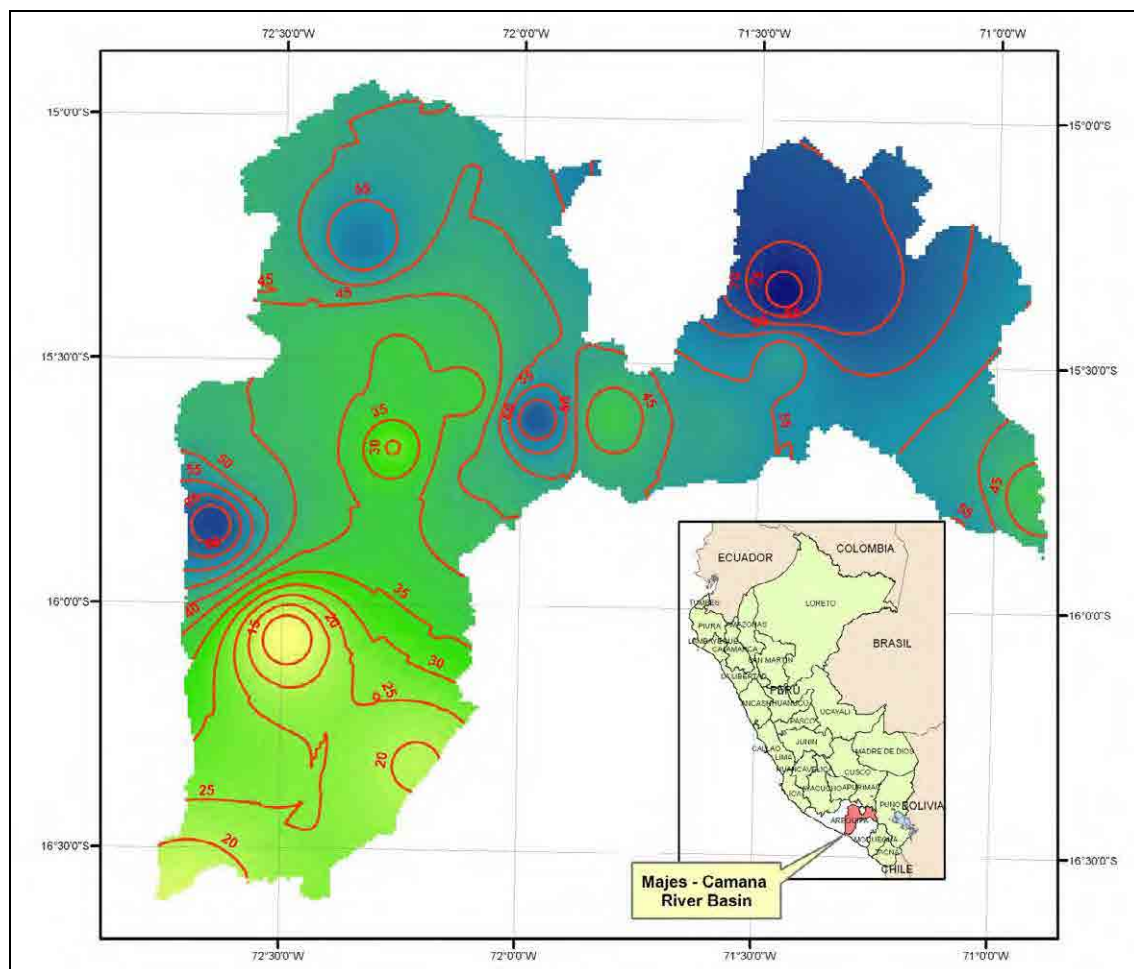


Figura-3.1.9.4-3 Isoyetas de precipitaciones de 24 horas con un periodo de retorno de 50 años (Río Majes-Camaná)

2) Cálculo de precipitaciones de 24 horas en cada cuenca componente

A partir de las precipitaciones con un periodo de retorno de 24 horas de las diferentes estaciones de monitoreo, se han calculado, según el método de Thiessen, las precipitaciones en las sub-cuencas componentes del Río Majes-Camaná.

En la Figura 3.1.9.4-4 se muestra el mapa de división de Thiessen.

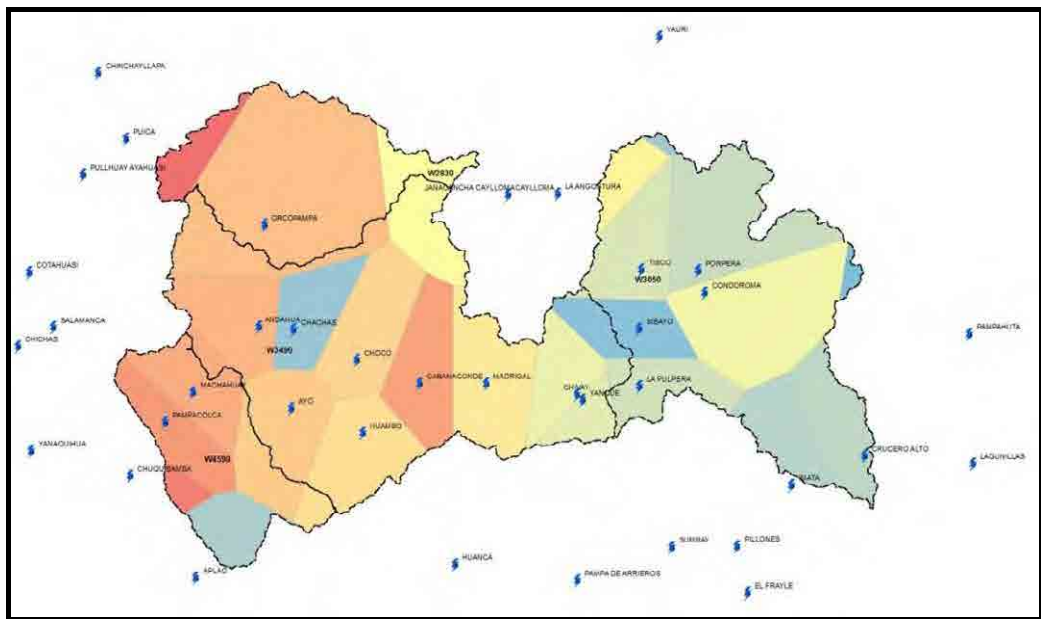


Figura 3.1.9.4-4 Estaciones de monitoreo pluvial y división de Thiessen (Río Majes-Camaná)

Normalmente, se necesitan calcular las precipitaciones con período de retorno, después haber obtenido el valor máximo en cada año a partir de las precipitaciones medias de cada cuenca componente. Sin embargo, ha sido difícil calcular estas precipitaciones, debido a la falta de datos de las cuencas objeto de estudio, razón por la cual se ha visto obligado a estimar las precipitaciones con período de retorno de cada cuenca componente a partir de las mismas registradas en cada estación de monitoreo. En la Tabla 3.1.9.4-2 se muestra el resultado de este cálculo. En cuanto a otros Ríos, se ha utilizado también el mismo método de cálculo.

Tabla 3.1.9.4-2 Precipitaciones con período de retorno de 24 horas en las sub-cuencas componentes de la cuenca del Río Majes-Camaná

Sub-cuenca	Precipitaciones medidas/área (mm)				
	T5	T10	T25	T50	T100
W2830	29,60	36,80	48,68	59,96	73,45
W3050	38,20	46,10	55,14	62,47	70,23
W3490	29,25	34,14	40,63	45,15	50,03
W4590	23,05	27,70	33,23	36,98	40,77

3) Determinación de curva de precipitaciones de 24 horas

Dado que las estaciones de monitoreo pluvial en la cuenca no cuentan con catos de precipitaciones horarias, nos vemos obligados a suponer curvas de precipitaciones horarias a partir de precipitaciones de 24 horas.

A las curvas de precipitaciones de 24 horas se aplica SCS (Soil Conservation Service) Hypothetical storm, de uso común en HEC-HMS. Este método fue conducido según los resultados del análisis de precipitaciones en EE.UU. y representa las precipitaciones de 24 horas en forma adimensional en 4

tipos de curvas de precipitaciones horarias, indicadas en la Tabla 3.1.9.4-3 y la Figura 3.1.9.4-5. Distribución de las precipitaciones de 24 horas se presenta en la Figura 3.1.9.4-6 con un intervalo del tiempo establecido según las curvas de precipitaciones acumuladas de cada tipo. La Figura 3.1.9.4-7 indica el alcance de la aplicación de cada tipo de precipitaciones en EE.UU. y se recomienda aplicar el tipo II en mayor parte de EE.UU. En HEC-HMS, se establece que son suficientes las 24 horas como tiempo continuo en casi todas las cuencas.

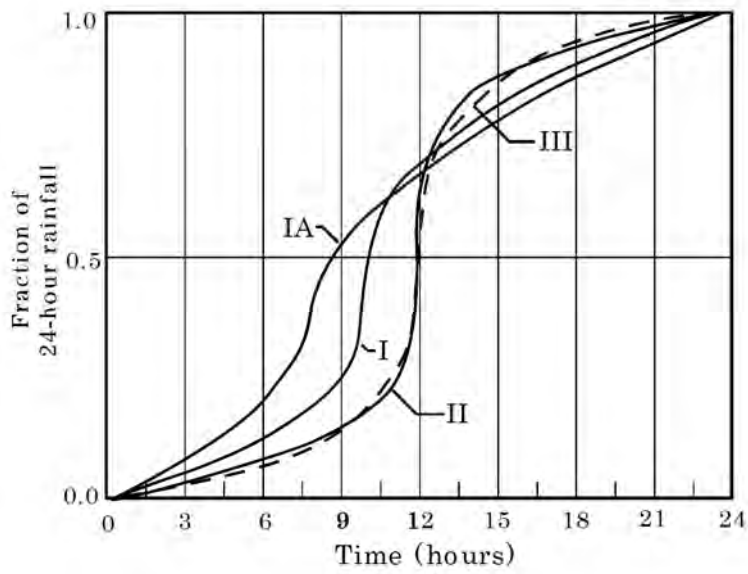
En las áreas objeto del estudio, debido a la falta de datos de precipitaciones horarias, es difícil determinar el tipo de la curva de precipitaciones de 24 horas, pero en la práctica en Perú se determinan los tipos basándose en los datos de escasos estudios existentes.

La empresa minera Miplo, luego de analizados los datos de la estación de monitoreo Chavin ubicada en la ladera occidental (cuenca del Río Cañete y altiplano de Chíncha de la cuenca del Río Pisco) de Perú, determinó que la distribución de las precipitaciones de 24 horas en dichas zonas se asimila a la del tipo II. El patrón de precipitaciones de dicho tipo representa el patrón de precipitaciones de la zona costera y la zona sur de Perú. Asimismo, analizando las precipitaciones en el momento de la ocurrencia del fenómeno de El Niño, registradas en la estación El Tigre ubicada en el norte, determinó que la distribución de precipitaciones en esta zona parece al tipo II y IA.

De acuerdo con dichos resultados, en el presente Estudio han sido adoptado el tipo II para las cuencas de los ríos Cañete, Chíncha y Pisco y el tipo IA (tipo I modificado) para la cuenca del río Majés-Camaná, según el patrón de datos de precipitaciones horarias en la estación pluviométrica de Chivay.

Tabla 3.1.9.4-3 Curvas de precipitaciones acumuladas de 24 horas según SCS Hypothetical Storm

		24 hr precipitation temporal distribution			
Time (hr)	t/24	Type I	Type IA	Type II	Type III
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.00	0.083	0.035	0.050	0.022	0.020
4.00	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043
6.00	0.250	0.125	0.206	0.080	0.072
7.00	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089
8.00	0.333	0.194	0.425	0.120	0.115
8.50	0.354	0.219	0.480	0.133	0.130
9.00	0.375	0.254	0.520	0.147	0.148
9.50	0.396	0.303	0.550	0.163	0.167
9.75	0.406	0.362	0.564	0.172	0.178
10.00	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189
10.50	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216
11.00	0.458	0.624	0.624	0.235	0.250
11.50	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298
11.75	0.490	0.669	0.655	0.357	0.339
12.00	0.500	0.682	0.664	0.663	0.500
12.50	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702
13.00	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751
13.50	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785
14.00	0.583	0.767	0.736	0.820	0.811
16.00	0.667	0.830	0.800	0.880	0.886
20.00	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957
24.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



Fuente: Urban water hydrology for small watersheds (TR-55) Appendix B

Figura-3.1.9.4-5 Distribución de curvas de precipitaciones de 24 horas

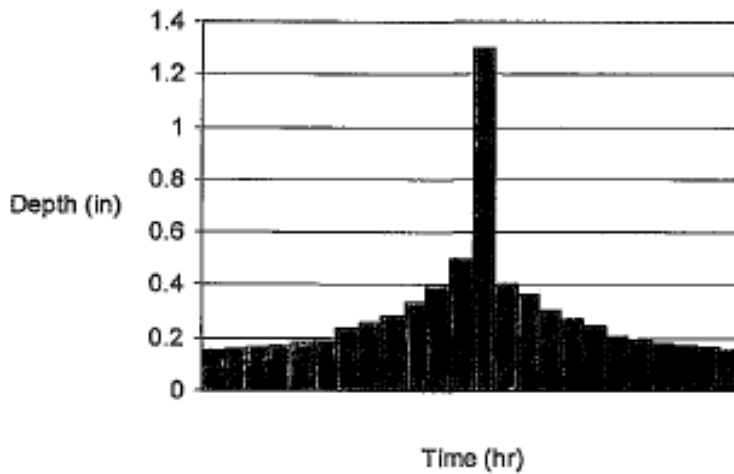
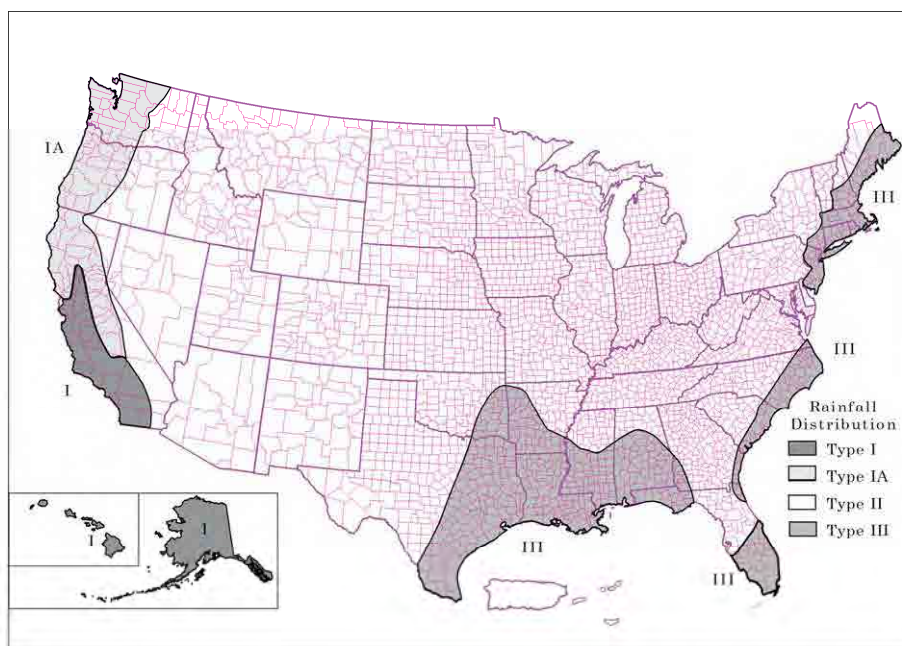


Figura 3.1.9.4-6 Distribución de precipitaciones de 24 horas



Fuente: Urban water hydrology for small watersheds (TR-55) Appendix B

Figura-3.1.9.4-7 Tipo de curvas de precipitaciones de 24 horas y las áreas de aplicación

(4) Cálculo de precipitaciones efectivas según el método SSC

1) Fórmula básica

SSC Curve Number (CN) Loss Model es un método para suponer precipitaciones efectivas como función de las precipitaciones acumuladas, características del suelo de la cuenca, uso del suelo, pérdidas iniciales, etc. según la siguiente fórmula.

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

Donde, P_e : precipitaciones efectivas a la hora t,
 P : precipitaciones acumuladas a la hora t,
 I_a : Pérdidas iniciales
 S : Máximo depósito acumulable

Suponiendo $I_a = 0.2S$, se da

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

La relación de CN que indica las características de S y la cuenca es la siguiente;

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Al calcular la relación entre P_e y P suponiendo CN, se da lo indicado en la Figura 3.1.9.4-8.

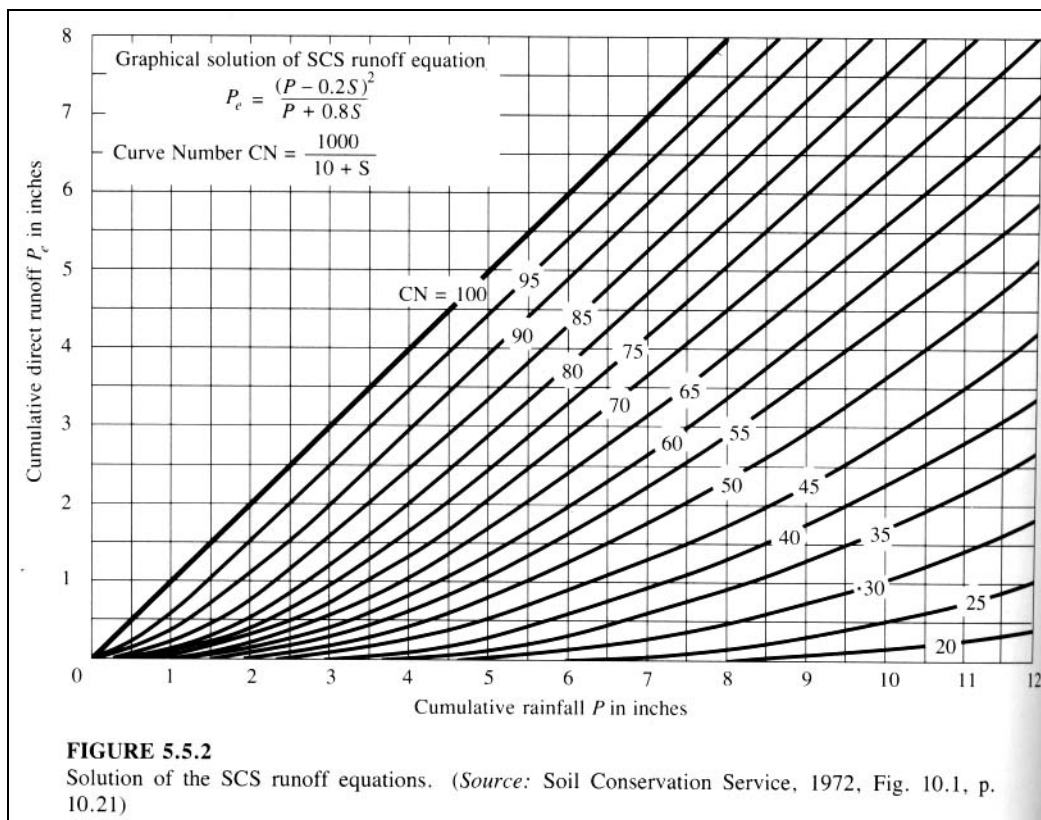


Figura-3.1.9.4-8 Relación entre los números de curva (Curve Number: CN), precipitaciones acumuladas P y precipitaciones efectivas P_e

2) Determinación de los números de curva de cada cuenca componente

En la Figura 3.1.9.4-9 y la Tabla 3.1.9.4-4 se muestran los valores de CN en la cuenca el Río Majes-Camaná, que fueron establecidos de acuerdo con el uso de tierra de las sub-cuencas componentes y las condiciones del suelo, así como con los valores adoptados en los Ríos cercanos.

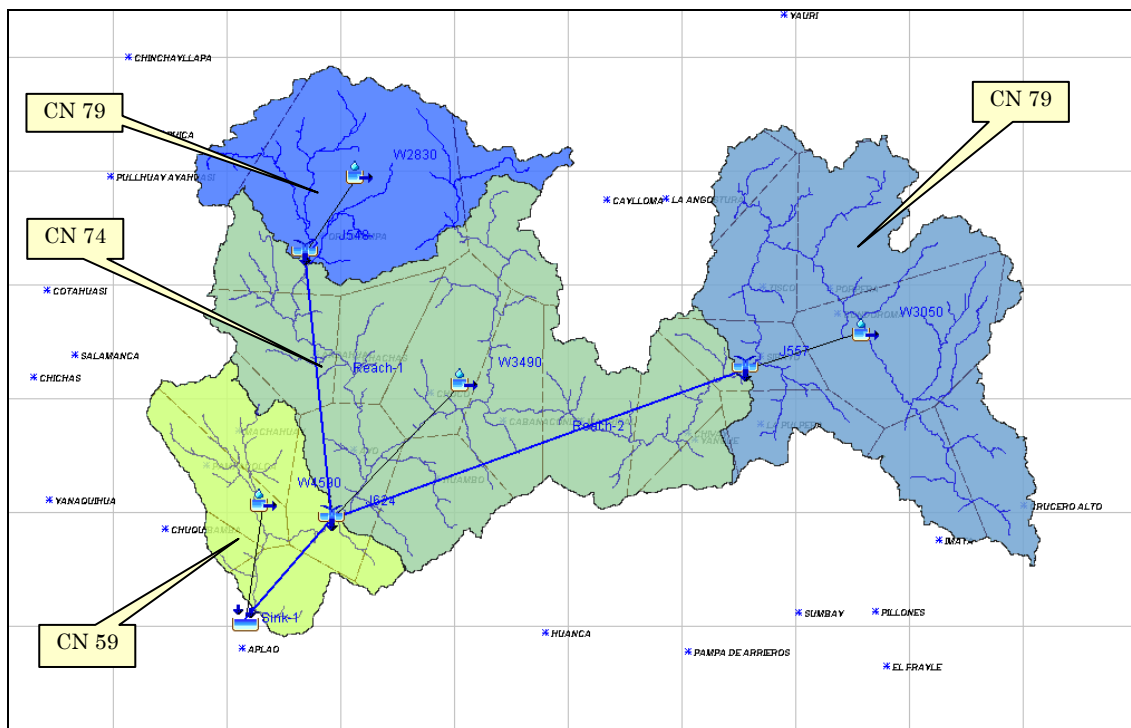


Figura-3.1.9.4-9 Valores definitivos de CV establecidos en la cuenca del Río Majes-Camaná

Tabla 3.1.9.4-4 Valores definitivos de CN

Cuenca	Condiciones de la cuenca	CN definitivo
Upper Basin – Colca (W3050)	Barren area with scarce vegetation.	79
Middle Basin – Colca (W3490)	Pastures, shrub, small trees.	74
Upper Basin – Andahuá (W2830)	Barren area with scarce vegetation.	79
Lower Basin – Majes (W4590)	Desert, hyper arid area	59

Tabla 3.1.9.4-5(1) CN conforme al uso y las condiciones del suelo (1/3)

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land ¹ : without conservation treatment	72	81	88	91
with conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition	68	79	86	89
good condition	39	61	74	80
Meadow: good condition	30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
good cover ²	25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential ³ :				
Average lot size Average % impervious ⁴				
1/8 acre or less 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ⁵	98	98	98	98
Streets and roads:				
paved with curbs and storm sewers ⁵	98	98	98	98
gravel	76	85	89	91
dirt	72	82	87	89

¹For a more detailed description of agricultural land use curve numbers, refer to Soil Conservation Service, 1972, Chap. 9

²Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.

³Curve numbers are computed assuming the runoff from the house and driveway is directed towards the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.

⁴The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.

⁵In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

Tabla 3.1.9.4-5(2) CN conforme al uso y las condiciones del suelo (2/3)

TABLE 5.5.1 SCS Runoff Curve Numbers (Continued)					
c. Other agricultural areas					
Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition	A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing*	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay	—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element†	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30	48	65	73
Woods-grass combination (orchard or tree farm)‡	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods§	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots	—	59	74	82	86

* Poor: <50% ground cover or heavily grazed with no mulch.
Fair: 50 to 75% ground cover and not heavily grazed.
Good: >75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.

† Poor: <50% ground cover.
Fair: 50 to 75% ground cover.
Good: >75% ground cover.

‡ CNs shown were computed for areas with 50% woods and 50% grass (pasture) cover. Other combinations of conditions may be computed from the CNs for woods and pasture.

§ Poor: Forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning.
Fair: Woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil.
Good: Woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil.

Source: Ref. 105.

d. Arid and semiarid range areas					
Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition*	A†	B	C	D
Herbaceous—mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element	Poor		80	87	93
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush	Poor		66	74	79
	Fair		48	57	63
	Good		30	41	48
Piñon-juniper—piñon, juniper, or both: grass understory	Poor		75	85	89
	Fair		58	73	80
	Good		41	61	71
Sagebrush with grass understory	Poor		67	80	85
	Fair		51	63	70
	Good		35	47	55

Tabla 3.1.9.4-5(3) CN conforme al uso y las condiciones del suelo (3/3)

TABLE 5.5.1 SCS Runoff Curve Numbers (Continued)					
d. Arid and semiarid range areas					
Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition*	A [†]	B	C	D
Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84

* *Poor*: <30% ground cover (litter, grass, and brush overstory).
Fair: 30 to 70% ground cover.
Good: >70% ground cover.
[†] Curve numbers for group A have been developed only for desert shrub.
Source: Ref. 105.

Fuente: Maidment (1993)

Nota: Grupo de suelo hidrológico

El suelo del grupo A tiene un bajo potencial de escorrentía y una alta tasa de infiltración aun cuando esté completamente húmedo. Está compuesto principalmente de profundidad arena o grava bien drenada y tiene alta tasa de transmisión de agua (más de 0.30 in/h).

El suelo del grupo B tiene una taza moderada de infiltración cuando esté completamente húmedo y está compuesto principalmente de profunda o medianamente profunda arena bien drenada con una textura moderadamente fina o gruesa. Este suelo tiene una tasa moderada de transmisión de agua (entre 0,15 y 0,30 in/h).

El suelo del grupo C tiene una taza baja de infiltración cuando esté completamente húmedo y está compuesto principalmente de una capa de tierra que impide el movimiento de agua y tierra hacia abajo con una textura fina o moderadamente fina. Este suelo tiene una tasa baja de transmisión de agua (entre 0,05 y 0,15 in/h).

El suelo del grupo D tiene un alto potencial de escorrentía y muy baja tasa de infiltración cuando esté completamente húmedo. Está compuesto principalmente de tierra arcillosa con un alto potencial de inflamación, tierra con una capa freática permanentemente alta, tierra con una capa de arcilla compacta o una capa de arcilla cerca o en la superficie y tierra poco profunda sobre materiales impermeables cercanos. Este suelo tiene muy baja tasa de transmisión de agua (entre 0 y 0,05 in/h).

(5) Cálculo de caudal de inundaciones e hidrograma de crecidas según el periodo de retorno

Conforme a los resultados del análisis antes mencionado, fueron calculados los caudales de inundaciones e hidrograma de crecidas según el periodo de retorno con HEC-HMS. La hora del inicio de precipitaciones y la hora cero del hidrograma de crecidas se coinciden. Para la descarga de canal fluvial se adoptó el método Kinematic Wave.

Los resultados del cálculo vienen en las Tablas 3.1.9.4-6 y 3.1.9.4-7 y las Figuras de 3.1.9.4-10 a 3.1.9.4-13.

Dichos resultados del cálculo serán empleados para analizar la capacidad de descarga, crecidas y obras de medidas contra inundaciones en el presente estudio.

Tabla 3.1.9.4-6 Caudal de inundaciones según el periodo de retorno
(m³/s)

Río	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Río Chira Puente Sullana	331	408	822	1.496	2.175	2.751
Río Cañete Socsi	203	472	580	807	917	1.171
Río Chincha Conta	213	287	451	688	855	962
Río Pisco Letrayoc	306	638	1.007	1.566	2.084	2.703
Río Majes-Camaná Huatiapa	331	408	822	1.496	2.175	2.751

Tabla 3.1.9.4-7 Caudal específico de inundaciones según el periodo de retorno

Río	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	Área Km ²
Río Chira Puente Sullana	0,058	0,072	0,145	0,264	0,383	0,485	5.676
Río Cañete Socsi	0,068	0,158	0,195	0,271	0,308	0,393	2.981
Río Chincha Conta	0,069	0,093	0,147	0,224	0,279	0,313	3.070
Río Pisco Letrayoc	0,024	0,050	0,078	0,122	0,162	0,210	12.854
Río Majes-Camaná Huatiapa	0,058	0,072	0,145	0,264	0,383	0,485	5.676

Tabla 3.1.9.4-8 Comparación entre el caudal máximo registrado hasta ahora y el caudal con período de retorno de 50 años

Río/Punto de referencia	Caudal máximo hasta ahora	PeRíodo de monitoreo	Caudal con período de retorno de 50 años según el análisis de descarga
Río Cañete Socsi	900	81	2.175
Río Chincha Conta	1.269	57	917
Río Pisco Letrayoc	957	76	855
Río Majes-CamanáHuatiapa	2.400	41	2.084

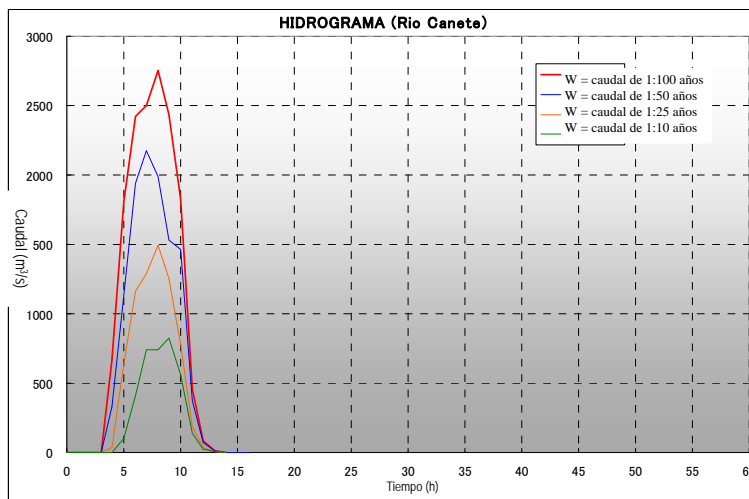


Figura -3.1.9.4-10 Hidrograma de inundaciones en el Río Cañete

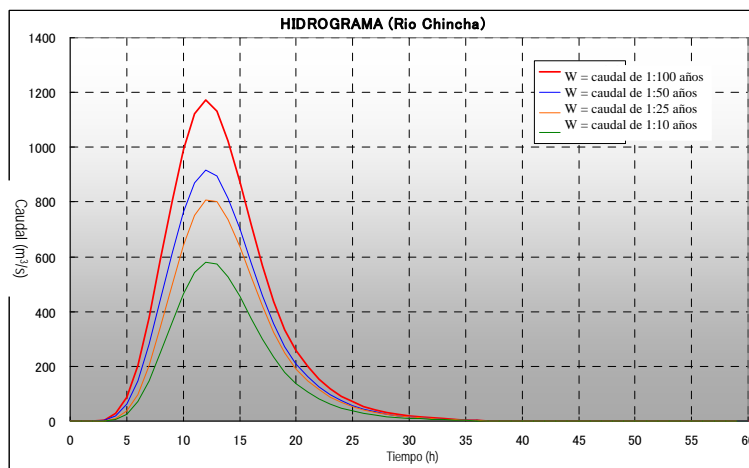


Figura- 3.1.9.4-11 Hidrograma de inundaciones en el Río Chincha

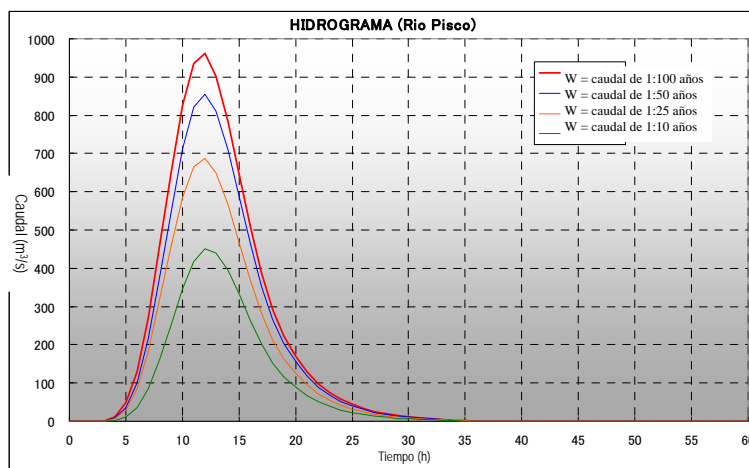


Figura -3.1.9.4-12 Hidrograma de inundaciones en el Río Pisco

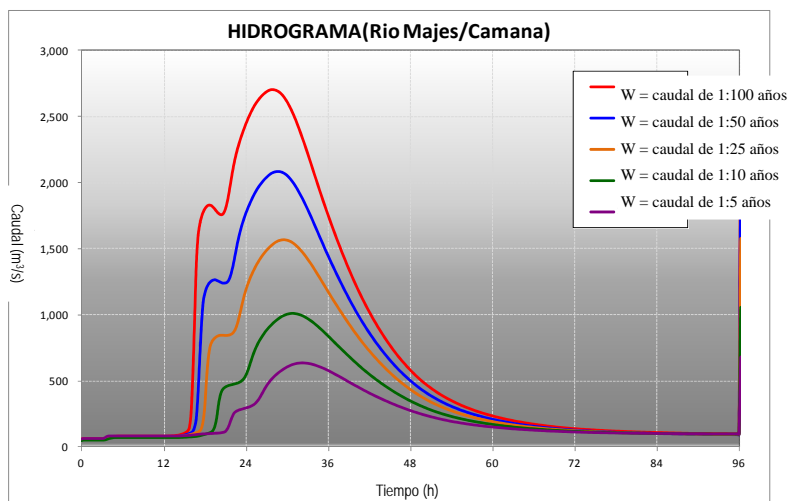


Figura -3.1.9.4-13 Hidrograma de inundaciones en el Río Majes-Camaná

3.1.9.5 Observaciones de los resultados del análisis

(1) Verificación del caudal pico

En las Figuras de 3.1.9.5-1 a 3.1.9.5-4 se muestran punteados los caudales específicos con período de retorno en los diferentes Ríos que desembocan en la costa peruana y los resultados de descargas calculadas en este estudio. (Fuente: "Estudio Hidrológico - Meteorológico en la Vertiente del Pacífico del Perú con Fines de Evaluación y Pronóstico del Fenómeno, El Niño para Prevención y Mitigación de Desastres", Ministerio de Economía y Finanzas, Asociación BCEOM - Sofi Consult S.A. ORSTOM, Nov. 1999)

Se considera que los caudales con diferentes períodos de retorno revisados y calculados a partir de las gráficas de caudales específicos, según cada área y conforme a las curvas de Creager, están dentro de un rango casi razonable.

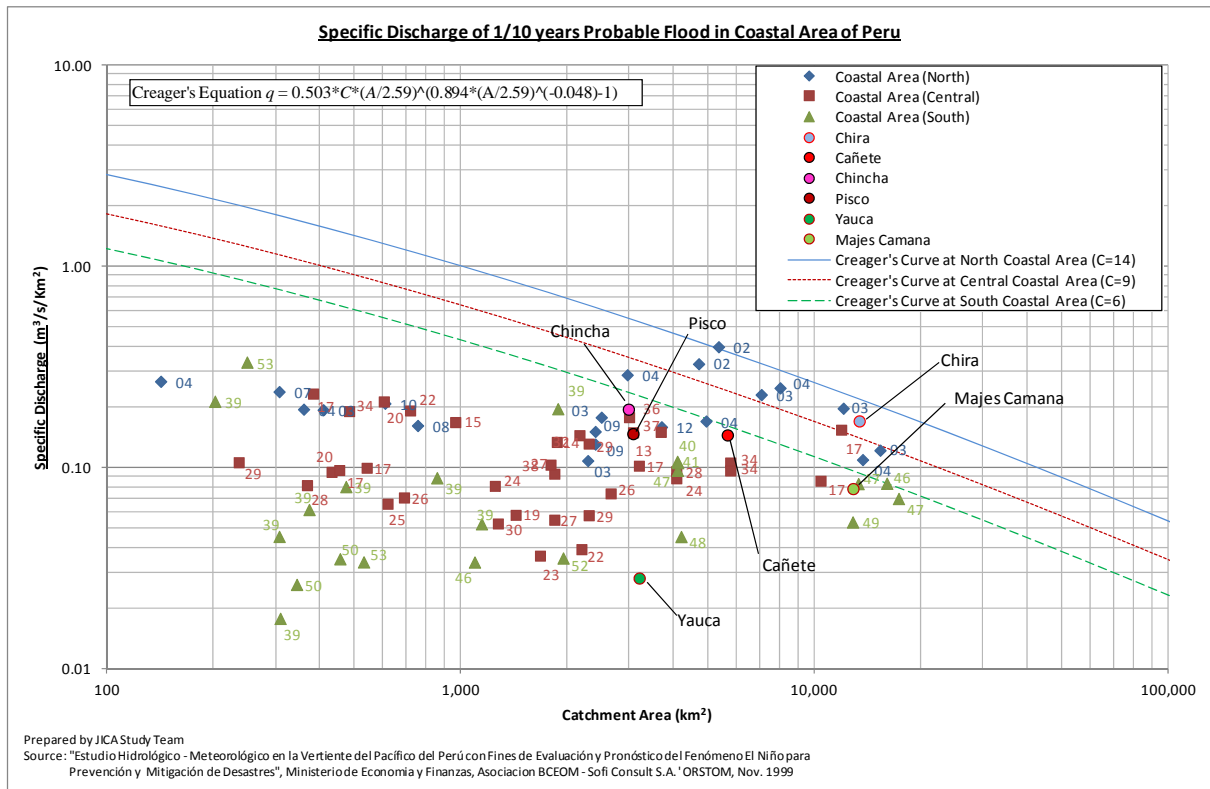


Figura 3.1.9.5-1 Caudal específico de inundación con diferentes períodos de retorno según las áreas de la costa peruana (1/10 años)

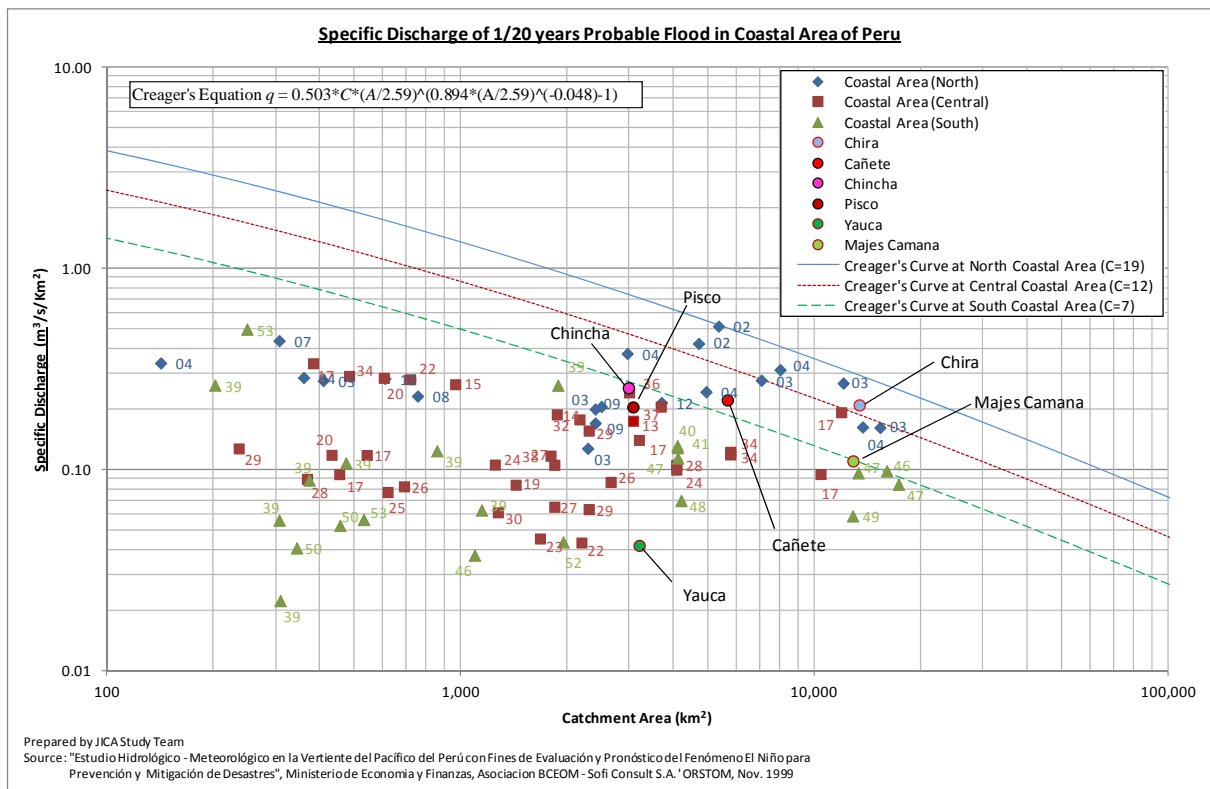


Figura 3.1.9.5-2 Caudal específico de inundación con diferentes períodos de retorno según las áreas de la costa peruana (1/20 años)

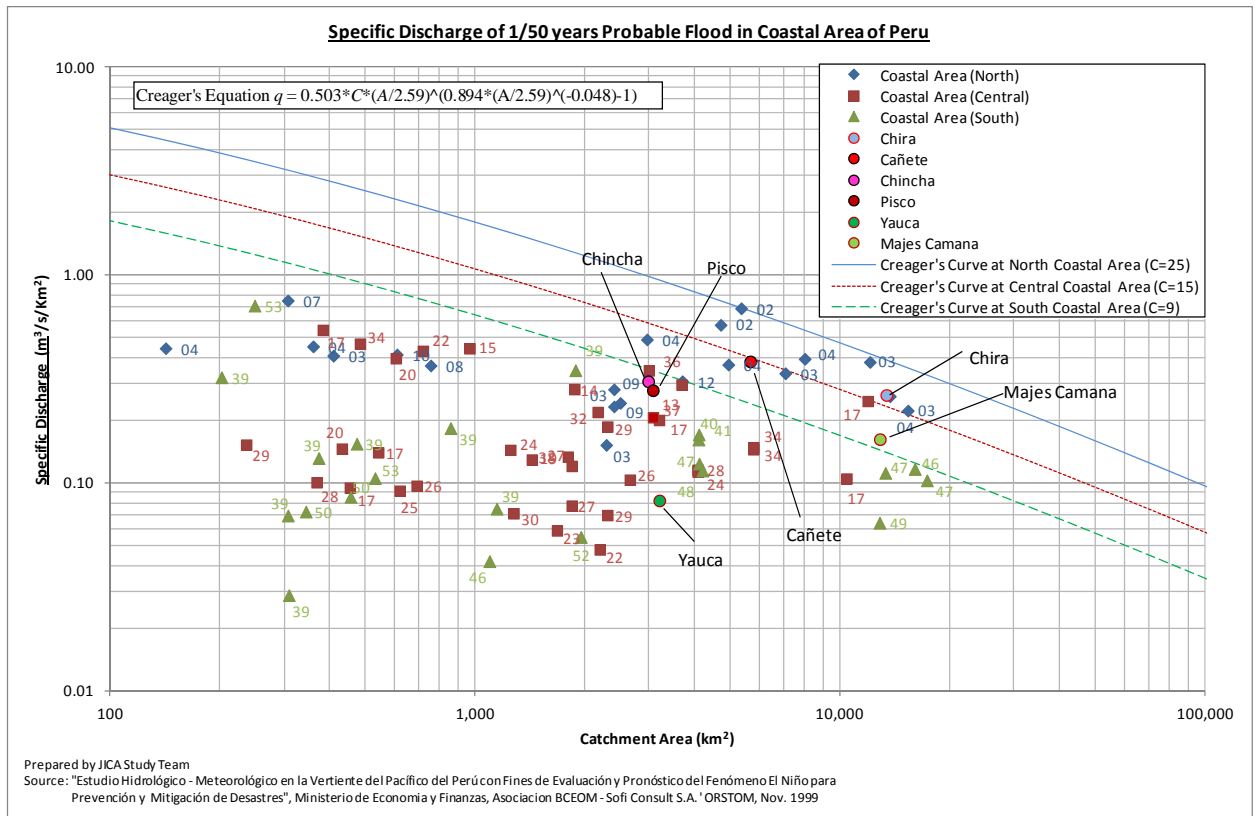


Figura 3.1.9.5-3 Caudal específico de inundación con diferentes períodos de retorno según las áreas de la costa peruana (1/50 años)

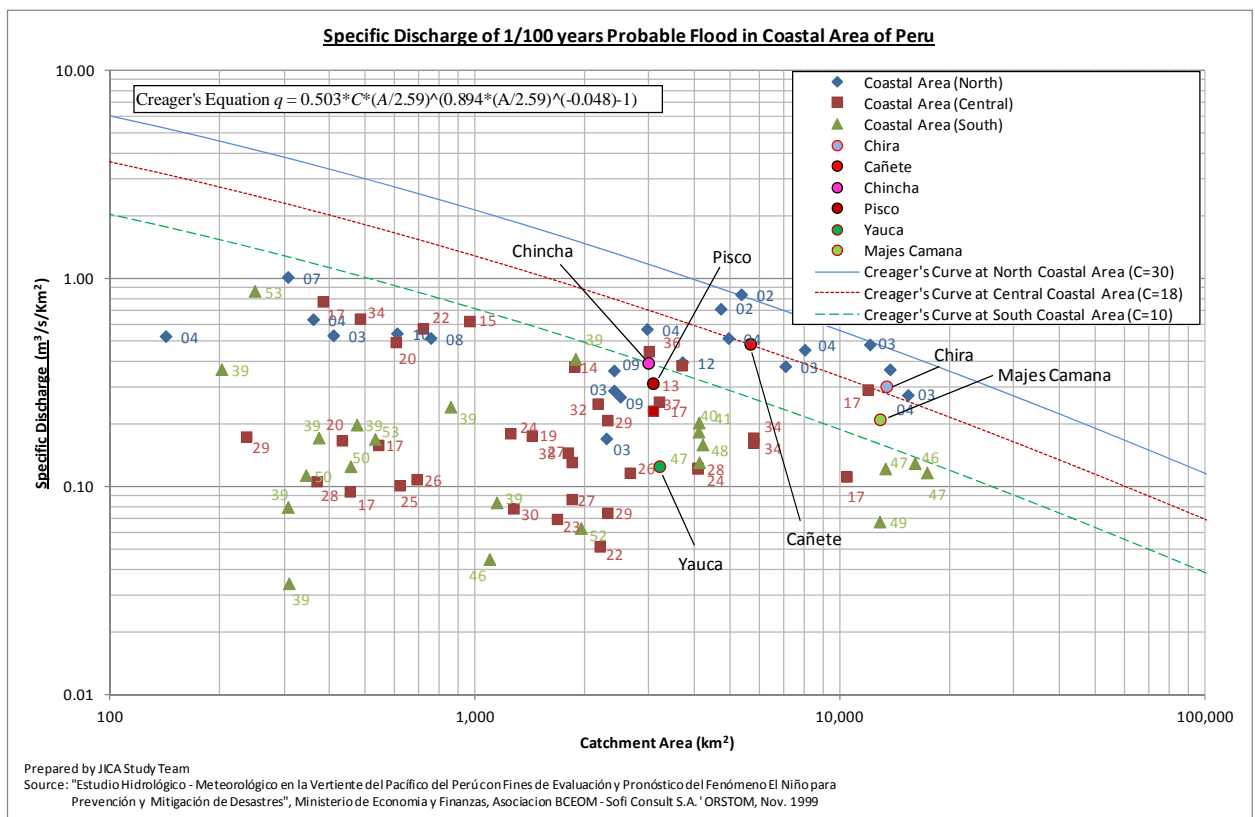


Figura 3.1.9.5-4 Caudal específico de inundación con diferentes períodos de retorno según las áreas de la costa peruana (1/100 años)

(2) Caudal de inundaciones con un periodo de 50 años en el Río Cañete

1) Límites medibles de la estación de monitoreo Socsi

El corte seccional del Río en la estación de monitoreo de caudal Socsi se presenta en la Figura 3.1.9.5-3 y el área de la cuenca con el máximo de nivel de agua (2,77m de profundidad) es la siguiente:

$$A = (28,17+37,92)*1,0/2 + (55,50+66,28)*0,70/2 + (66,28+70,88)*1,07/2 = 149,0 \text{ m}^2$$

Dado que la estación Socsi está ubicado curso bastante alto del área objeto, en el momento de inundaciones se producirá una velocidad del flujo de 5 ó 6 m/s.

Por consiguiente, suponiendo que la velocidad del flujo sean 6 m/s, se da el siguiente caudal;

$$Q = AV = 149,0 \times 6,0 = 894 \text{ m}^3/\text{sec}$$

En esta estación de monitoreo el caudal máximo medido histórico fueron 900 m³/s y es casi similar al caudal arriba mencionado. Por tanto, en esta estación es difícil medir un caudal superior a este.

Tal como se menciona arriba, se considera que existe un límite mesurable del caudal máximo en esta estación, por lo que se debería trasladarla cuanto antes.

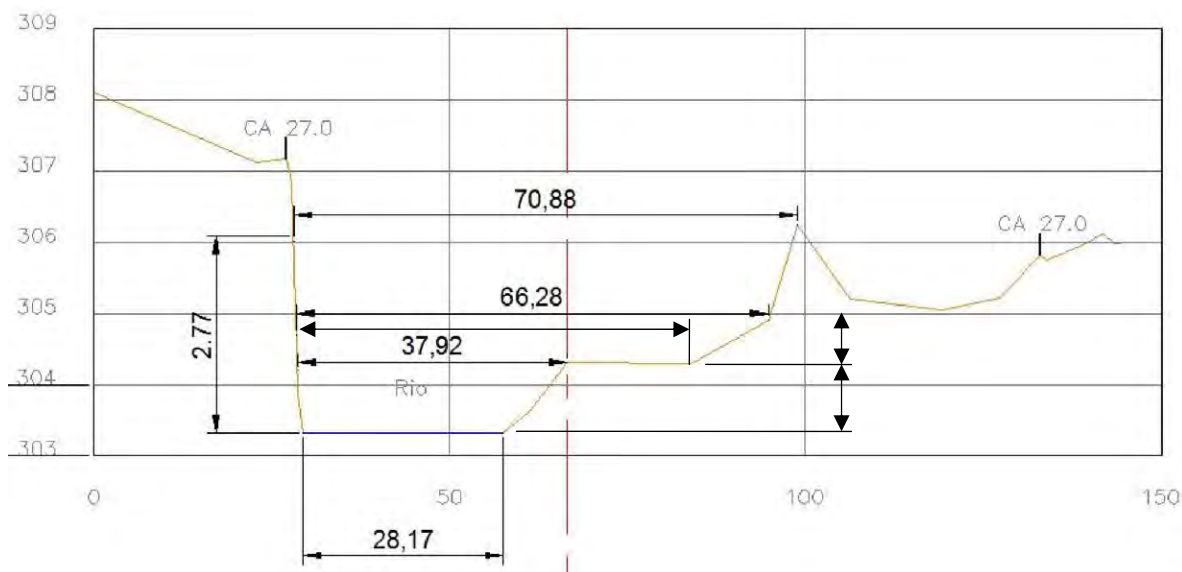


Figura-3.1.9.5-5 Corte seccional del Río en la estación de monitoreo de caudal Socsi

2) Comparación de los caudales de inundaciones según el periodo de retorno con las cuencas cercanas

Sobre las características de precipitaciones y de descarga en el Río Cañete, se comparan con las de otros Ríos cercanos (Chincha y Pisco) que tienen condiciones topográficas y geológicas parecidas y se verifica la justificación de los caudales según el periodo de retorno calculados a partir de datos pluviales en relación con los caudales de inundaciones según el periodo de retorno calculados del

aforo.

Respecto a la posición de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco, el que está más cerca de la capital Lima es el Río Cañete, el que está ubicado en su lado sur es el Río Chincha y en el lado sur de éste está el Río Pisco. La cuenca más parecida a la del Río Cañete es la del Río Chincha.

i) Características de descarga

La Tabla 3.1.9.5-1 presenta las características de descarga basadas en los caudales de aforo de los 3 Ríos. El valor medido del caudal máximo del Río Cañete es extremadamente bajo en comparación con los demás Ríos.

Tabla 3.1.9.5-1 Características de descarga de cada Río

Ítem	Río Cañete	Río Chincha	Río Pisco
	Socsi	Conta	Letrayoc
Área de la cuenca (km ²)	5.676	2.981	3.096
Caudal máx. (m ³ /s)	900,0	1.268,8	956,0
Caudal medio (m ³ /s)	338,8	240,3	296,6
Caudal máx./Área de la cuenca	0,159	0,426	0,306
Caudal medio/Área de la cuenca	0,060	0,081	0,096
Caudal máx./ Caudal medio	2.657	5.280	3.223

La Tabla 3.1.9.5-2 presenta los resultados del cálculo de caudales según el periodo de retorno a partir de los caudales monitoreados (caudales máximos/año) de cada Río. En la misma tabla se presentan también los caudales unitarios teniendo en cuenta el área de la cuenca para el caudal según el periodo de retorno en el Río Cañete y los valores de este Río son igualmente sumamente pequeños en comparación con otras cuencas.

Tabla 3.1.9.5-2 Comparación de descarga según el periodo de retorno (m³/s) en los puntos de referencia de cada Río

	Río Cañete		Río Chincha		Río Pisco	
	Área de la cuenca	Relación	Área de la cuenca	Relación	Área de la cuenca	Relación
Área de la cuenca y su proporción	5.676	1.904	2.981	1.000	3.096	1.039
Descarga y su proporción	Descarga	Proporción	Descarga	Proporción	Descarga	Proporción
Descarga de cada 5 años	454	1.201	378	1.000	398	1.053
Descarga de cada 10 años	547	1.021	536	1.000	500	0,933
Descarga de cada 25 años	665	0.872	763	1.000	648	0,849
Descarga de cada 50 años	753	0.792	951	1.000	774	0,814
Descarga de cada 100 años	840	0.727	1156	1.000	914	0,791
Descarga unitaria y su proporción	Descarga unitaria	Relación	Descarga unitaria	Relación	Descarga unitaria	Relación

Descarga de cada 5 años/Área de la cuenca	0,080	0,631	0,127	1,000	0,129	1,014
Descarga de cada 10 años/Área de la cuenca	0,096	0,563	0,180	1,000	0,161	0,898
Descarga de cada 25 años/Área de la cuenca	0,117	0,458	0,256	1,000	0,209	0,818
Descarga de cada 50 años/Área de la cuenca	0,133	0,416	0,319	1,000	0,250	0,784
Descarga de cada 100 años/Área de la cuenca	0,148	0,382	0,388	1,000	0,295	0,761

ii) Características de precipitaciones

La Tabla 3.1.9.5-3 presenta las precipitaciones de 24 horas según el periodo de retorno en los puntos de referencia de los 3 Ríos. El Río Cañete se caracteriza por tener precipitaciones medias de la cuenca mayores que otros Ríos.

Tabla 3.1.9.5-3 Precipitaciones de 24 horas según el periodo de retorno (mm) en los puntos de referencia de cada Río

	Río Cañete	Río Chincha	Río Pisco
Cada 5 años	25,5	23,4	28,9
Cada 10 años	30,3	27,4	33,2
Cada 25 años	37,3	32,2	38,8
Cada 50 años	43,1	35,6	42,6
Cada 100 años	49,4	39,1	46,9

Con el fin de estimar las precipitaciones totales de cada Río que afectan la descarga de cada cuenca, fueron calculadas precipitaciones totales de 24 horas (mil mm) de toda la cuenca multiplicando las precipitaciones totales de 24 horas (mm) según el periodo de retorno en cada Río por el área de la cuenca (km²). Los resultados vienen en la Tabla 3.1.9.5-4.

Tabla 3.1.9.5-4 Precipitaciones totales de 24 horas (mil m³) en los puntos de referencia de cada Río

	Río Cañete	Río Chincha	Río Pisco
Cada 5 años	144.738	69.755	89.474
Cada 10 años	171.983	81.679	102.787
Cada 25 años	211.715	95.988	120.125
Cada 50 años	244.636	106.124	131.890
Cada 100 años	280.394	116.557	145.202

iii) Evaluación de los caudales según el periodo de retorno basado en el aforo en el Río Cañete

a) Caudales específicos de los caudales según el periodo de retorno en los puntos de referencia

La Tabla 3.1.9.5-5 presenta caudales específicos: descarga según el periodo de retorno de cada Río, calculada en el inciso i) anterior, divididos por el área de sus respectivas cuencas. De esta tabla se

observa que el caudal específico del Río Cañete según el periodo de retorno es extremadamente pequeño en comparación con el de otros Ríos.

Por consiguiente, se supone que puede haber problemas en la descarga según el periodo de retorno del Río Cañete (resultados de los caudales según el periodo de retorno calculado de los valores de caudal monitoreados).

Tabla 3.1.9.5-5 Caudales según el periodo de retorno (m^3/s) en los puntos de referencia/ Área de la cuenca (km^2)

	Río Cañete	Río Chincha	Río Pisco
Cada 5 años	0,080	0,127	0,129
Cada 10 años	0,096	0,180	0,161
Cada 25 años	0,117	0,256	0,209
Cada 50 años	0,133	0,319	0,250
Cada 100 años	0,148	0,388	0,295

b) Relación de los caudales según el periodo de retorno basado en el aforo y las precipitaciones totales según el periodo de retorno

La Tabla 3.1.9.5-6 presenta los cocientes de dividir la descarga según el periodo de retorno de cada Río, calculada en el inciso i) anterior, por las precipitaciones totales según el periodo de retorno de cada Río. En la tabla se observa que los valores obtenidos dividiendo la descarga según el periodo de retorno del Río Cañete por las precipitaciones totales no presentan variación en su relación, pese a que aumentan los años de retorno. Lo normal sería como los otros 2 Ríos que la relación incremente a medida que aumenta el periodo de retorno de precipitaciones.

Por lo tanto, de este punto de vista también se supone que puede haber problemas en la descarga del Río Cañete según el periodo de retorno (resultados de los caudales según el periodo de retorno calculado de los valores de caudal monitoreados).

Tabla 3.1.9.5-6 Caudales según el periodo de retorno (m^3/s) en los puntos de referencia/ Precipitaciones totales ($mil m^3$)

	Río Cañete	Río Chincha	Río Pisco	Promedio de los 3 Ríos	Promedio de los Ríos Chincha y Pisco
Cada 5 años	0,0031	0,0054	0,0044	0,0043	0,0049
Cada 10 años	0,0032	0,0066	0,0049	0,0049	0,0057
Cada 25 años	0,0031	0,0079	0,0054	0,0055	0,0067
Cada 50 años	0,0031	0,0090	0,0059	0,0060	0,0074
Cada 100 años	0,0030	0,0099	0,0063	0,0064	0,0081

c) Cálculo estimado de la descarga del Río Cañete basado en datos de otras cuencas

Se hace un cálculo estimado de la descarga del Río Cañete basándose en datos de caudales según el

periodo de retorno/ precipitaciones totales de otras cuencas. Ante el cálculo de la descarga del Río Cañete, se comparan los casos de adoptar valores del Río Chíncha adyacente al Río Cañete con los casos de adoptar valores medios entre los Ríos Chíncha y Pisco. No obstante, teniendo en cuenta que el Río Cañete está ubicado al lado del Río Chíncha, resultaría más razonable la descarga basada en valores de la cuenca del Río Chíncha.

**Tabla 3.1.9.5-7 Caudales según el periodo de retorno (m³/s) en los puntos de referencia/
Precipitaciones totales (mil m³)**

	Río Chíncha	Río Pisco	Promedio	Descarga del Río Cañete	
				Características del Río Chíncha* Precipitaciones totales del Río Cañete	Características medias de los Ríos Chíncha y Pisco * Precipitaciones totales del Río Cañete
Cada 5 años	0,0054	0,0044	0,0049	784,3	714,1
Cada 10 años	0,0066	0,0049	0,0057	1128,6	982,6
Cada 25 años	0,0079	0,0054	0,0067	1682,9	1412,5
Cada 50 años	0,0090	0,0059	0,0074	2192,2	1813,9
Cada 100 años	0,0099	0,0063	0,0081	2780,9	2273,0

La Tabla 3.1.9.5-8 presenta una comparación de (1) caudales del aforo del Río Cañete, (2) caudales del Río Cañete estimados de caudales/precipitaciones totales del Río Chíncha y (3) caudales analizados con HEC-HMS basándose en precipitaciones de 24 horas.

En la tabla se observa que (2) es bastante mayor que (1) por lo general y que (2) y (3) presentan una alta similitud en los periodos de retornos de poca frecuencia.

De acuerdo con lo estudiado anteriormente, es difícil adoptar los caudales de inundaciones según el periodo de retorno basados en los caudales del aforo y será adecuado utilizar los caudales de inundaciones según el periodo de retorno, analizados con HEC-HEMS basándose en las precipitaciones de 24 horas.

Tabla 3.1.9.5-8 Comparación de caudales según el periodo de retorno en el Río Cañete

Periodo de retorno	Caudal del aforo (1)		Caudal estimado según datos del Río Chíncha (2)		Caudal analizado según HEC-HMS (3)	
	Caudal	Relación con precipitaciones totales	Caudal	Relación con precipitaciones totales	Caudal	Relación con precipitaciones totales
Cada 5 años	454	0,0031	784,3	0,0052	408	0,0028
Cada 10 años	547	0,0032	1128,6	0,0073	822	0,0048
Cada 25 años	665	0,0031	1682,9	0,0089	1496	0,0071
Cada 50 años	753	0,0031	2192,2	0,0099	2175	0,0089
Cada 100 años	840	0,0030	2780,9	0,0099	2751	0,0098

3.1.10 Análisis de inundaciones

(1) Levantamiento de los Ríos

Previo al análisis de inundaciones, se llevó a cabo el levantamiento transversal de los Ríos y el

levantamiento longitudinal de los diques. En la Tabla 3.1.10-1 se presentan los resultados del levantamiento de los cuatro Ríos objeto del Estudio.

Con el fin de obtener los datos topográficos para el análisis de las zonas de inundación, se utilizaron complementariamente los resultados de la medición real indicados en la Tabla 3.1.10-1 utilizando los datos de imágenes satelitales.

Tabla 3.1.10-1 Datos básicos del levantamiento de los Ríos

Levantamiento	Unidad	Cantidad	Notas
1. Levantamiento de puntos de control			1 sitio / 10 km del río
Río Chincha	No.	6	
Río Pisco	No.	5	
Río Cañete	No.	4	
Río Majes-Camaná	No.	13	
Subtotal		28	
2. Levantamiento transversal de diques			
Río Chincha	km	50	2 ríos x 25 km
Río Pisco	km	45	
Río Cañete	km	33	
Río Majes-Camaná	km	130	
Subtotal		258	
3. Levantamiento transversal de los ríos			Intervalo 500 m
Río Chincha	km	38.0	
Río Pisco	km	54.6	
Río Cañete	km	46.9	
Río Majes-Camaná	km	78	
Subtotal		217.5	
4. Mojoneros			
Coordenadas y niveles	No.	30	
Distancia del río	No.	258	1 sitio/1km del río

(4) Métodos de análisis de inundaciones

Dado que la DGIH realizó el análisis de inundación del estudio de perfil a nivel de programa utilizando el modelo HEC-RAS, se decidió para el presente Estudio, revisar y modificar, si es necesario, y utilizar este método.

1) Métodos de análisis

Normalmente, para el análisis de desbordamiento se utilizan tres métodos siguientes.

- 1) Modelo unidimensional de flujo variado
- 2) Modelo de tanques
- 3) Modelo bidimensional horizontal de flujo

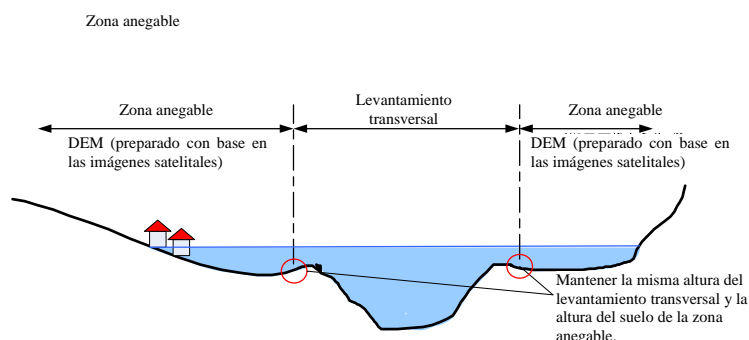


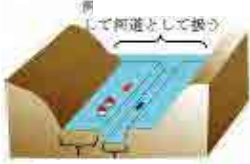
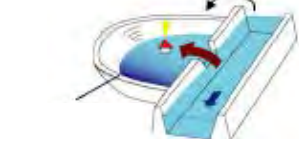
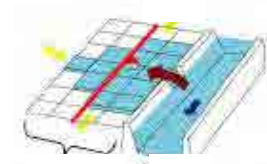
Figura 3.1.10-1 Idea del modelo unidimensional

de flujo variado

El tiempo y el costo requerido por cada método varían considerablemente, por lo que se seleccionará el método más eficiente que garantice el grado de precisión requerido para la elaboración del mapa de zonas anegables.

En la Tabla 3.1.10-2 se muestran las características de cada método de análisis. De los resultados de simulación realizada por DGIH, se sabe que los Ríos tienen una pendiente entre 1/100 y 1/300, por lo que inicialmente se había seleccionado el modelo unidimensional de flujo variado suponiendo que las inundaciones son de tipo gravedad. Sin embargo, se consideró la posibilidad de que el agua desbordada se extienda agua abajo dentro de la cuenca, por lo que para este estudio se decidió utilizar el modelo bidimensional horizontal de régimen variable para obtener resultados más precisos.

Tabla 3.1.10-2 Metodología análisis de desbordamiento

Métodos de análisis	Modelo unidimensional de flujo variado	Modelo de tanques	Modelo bidimensional horizontal de flujo variado
Concepto básico de la definición de la zona de inundación	En este método se considera que la zona de inundación forma parte del cauce del Río, y se determina la zona de inundación calculando el nivel de agua del cauce en función del caudal máximo de inundación.	En este método se manejan la zona de inundación y el cauce separadamente, y se considera la zona de inundación como un cuerpo cerrado. A este cuerpo de agua cerrado se le denomina “taque” (<i>pond</i>) en el que el nivel de agua es uniforme. Se determina la zona de inundación en función de la relación entre el caudal desbordado del Río y entrado a la zona de inundación, y las características topográficas de dicha zona (nivel de agua – capacidad – superficie).	En este método se manejan la zona de inundación y el cauce separadamente, y se determina la zona de inundación analizando el flujo bidimensional del comportamiento del agua desbordada que entró a la zona de inundación.
Planteamiento			
Características	Es aplicable a las inundaciones en el que el agua desbordada discurre por la zona de inundación por gravedad; es decir, a las inundaciones tipo corriente. En este método se debe manejar el área de análisis como un área desprotegida (sin diques).	Aplicable a las inundaciones tipo estancadas en las que el agua desbordada no se extienden por la presencia de montañas, colinas, terraplenes, etc. El nivel de agua dentro de este cuerpo cerrado se mantiene uniforme, sin pendiente ni velocidad de flujo. En el caso de existir varios terraplenes continuos dentro de la misma zona de inundación, puede ser necesario aplicar el modelo de tanques en serie distinguiendo la región interna.	Básicamente, es aplicable a cualquier tipo de inundaciones. Además del área máxima de inundación y el nivel de agua, este método permite reproducir la velocidad de flujo y su variación temporal. Es considerado como un método preciso en comparación con otros métodos, y como tal, es aplicado frecuentemente en la elaboración de los mapas de riesgo de inundaciones. Sin embargo, por su naturaleza, la precisión de análisis está sujeta al tamaño de las cuadrículas del modelo de análisis.

1) Método de análisis de desbordamiento

En la Figura 3.1.10-2 se muestra el esquema conceptual del modelo bidimensional horizontal del régimen variable.

Para los detalles del análisis de desbordamiento véase el Anexo-2: Análisis de desbordamiento.

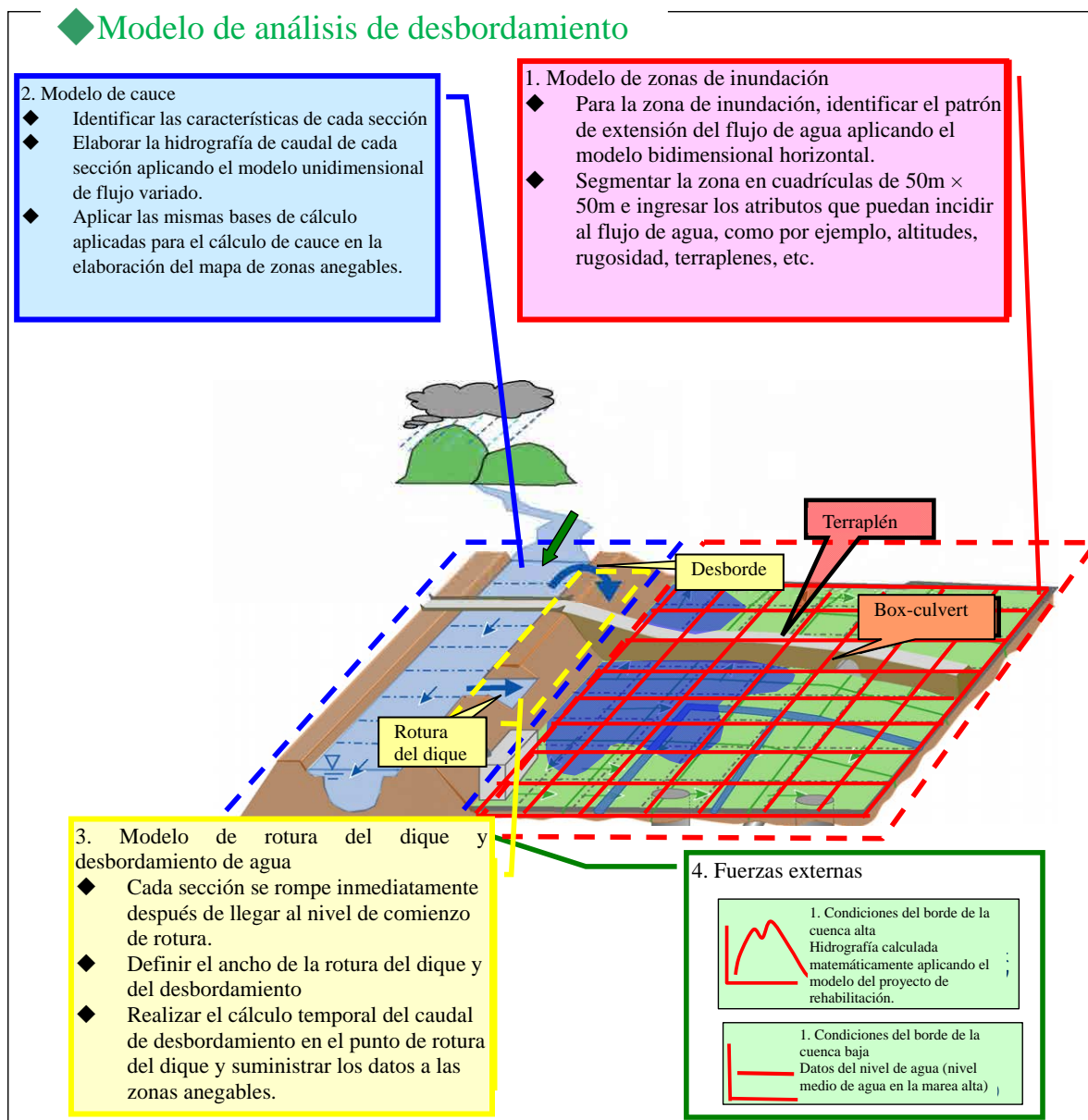
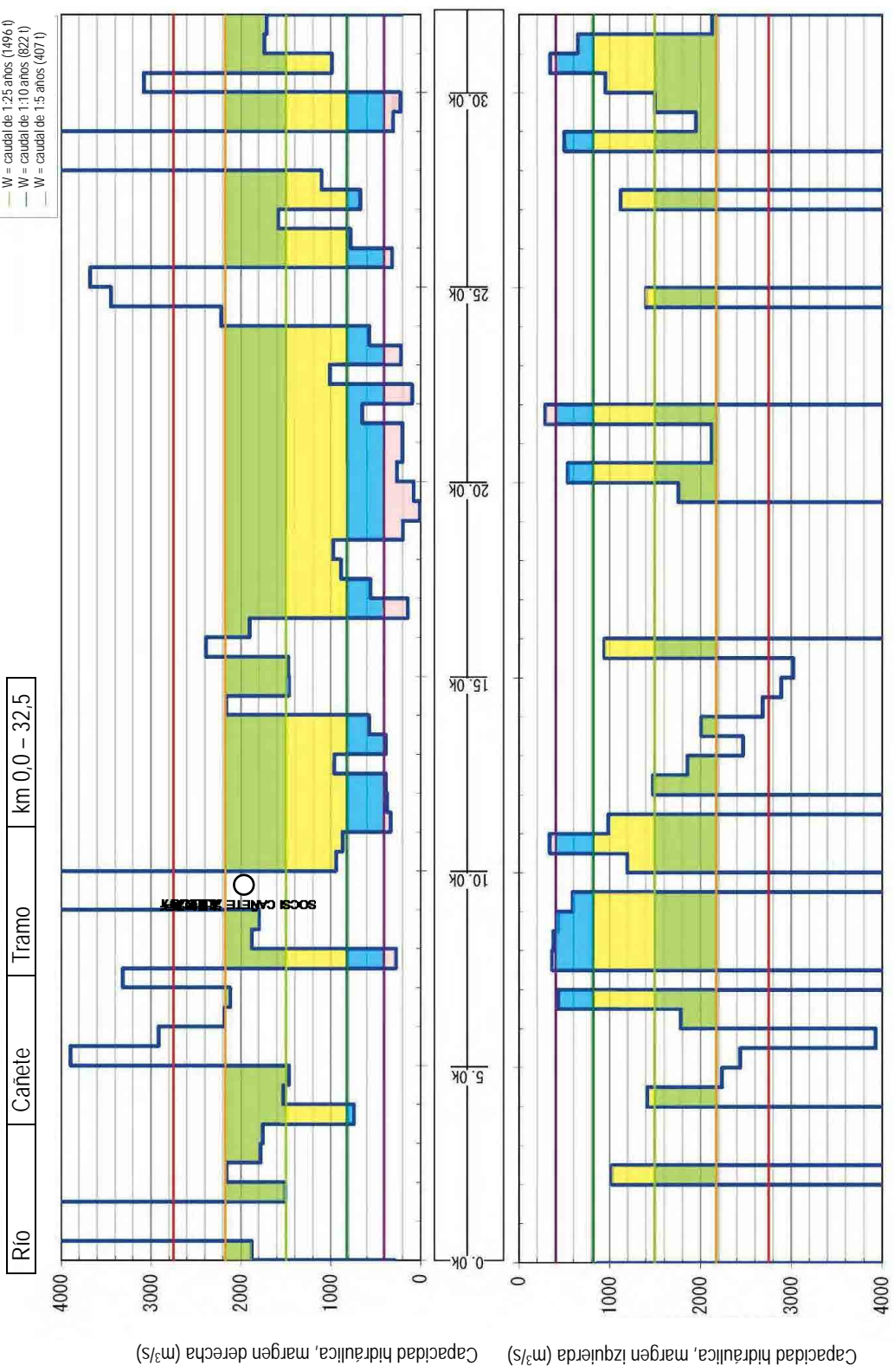


Figura 3.1.10-2 Esquema conceptual del modelo de análisis de desbordamiento

(5) Análisis de caudal de descarga

Se estimó la capacidad hidráulica actual de los cauces con base en los resultados del levantamiento de los Ríos y aplicando el método HEC-RAS, cuyos resultados se muestran en las Figuras 3.1.10-3 y 3.1.10-8. En estas figuras se presentan también los caudales de inundaciones de diferentes períodos de

retorno que se han obtenido con el análisis de caudal, lo que permite evaluar en qué lugares de cada cuenca pueden ocurrir desbordamiento con qué magnitud de caudal de inundaciones.



*Aprox. En el punto de 54 km
 LETRAYOC Estación de monitoreo caudal

Figura 3.1.10-3 Capacidad hidráulica actual del Río Cañete

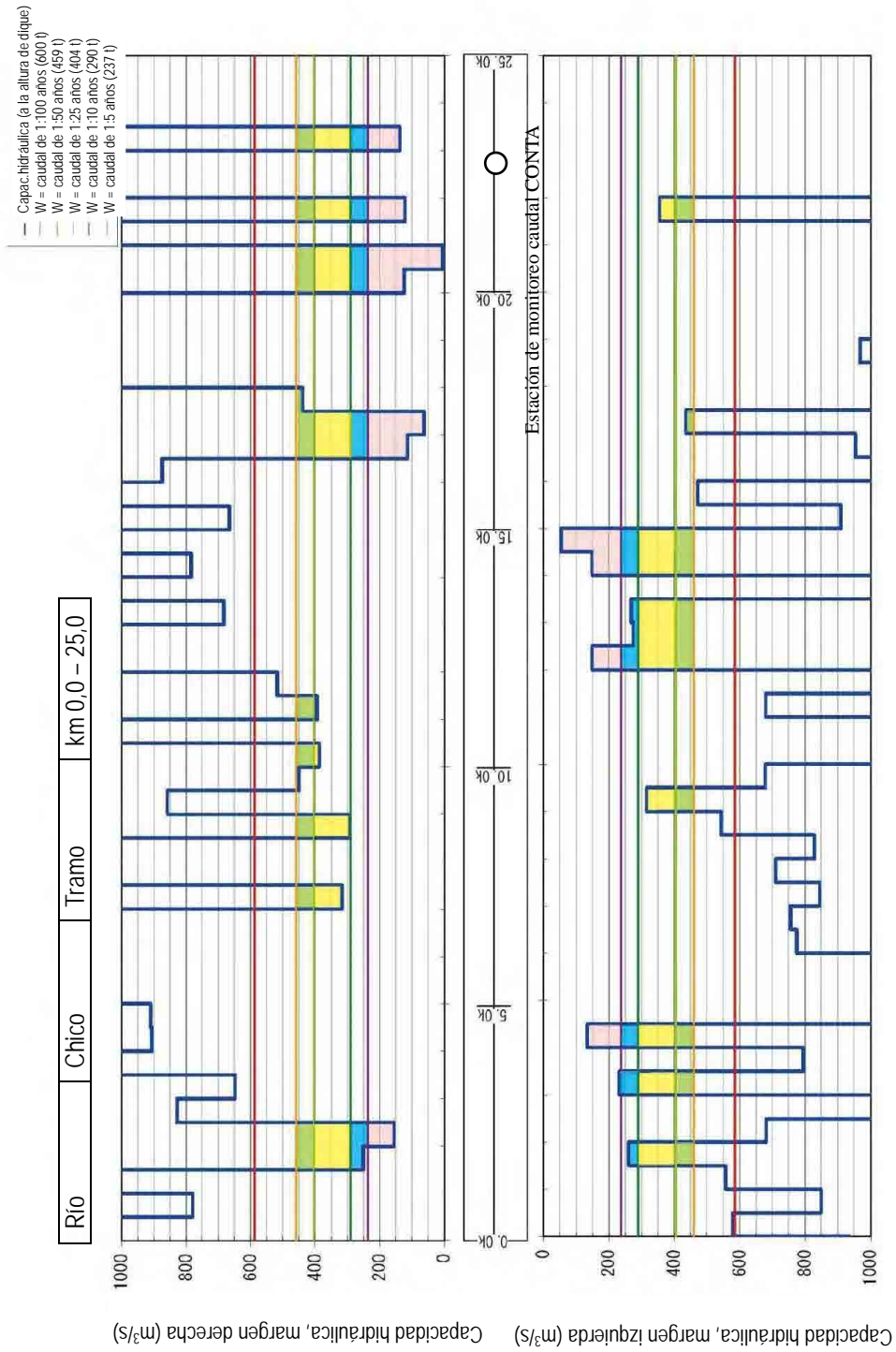


Figura 3.1.10-4 Capacidad hidráulica actual del Río Chico de la cuenca del Río Chinchá

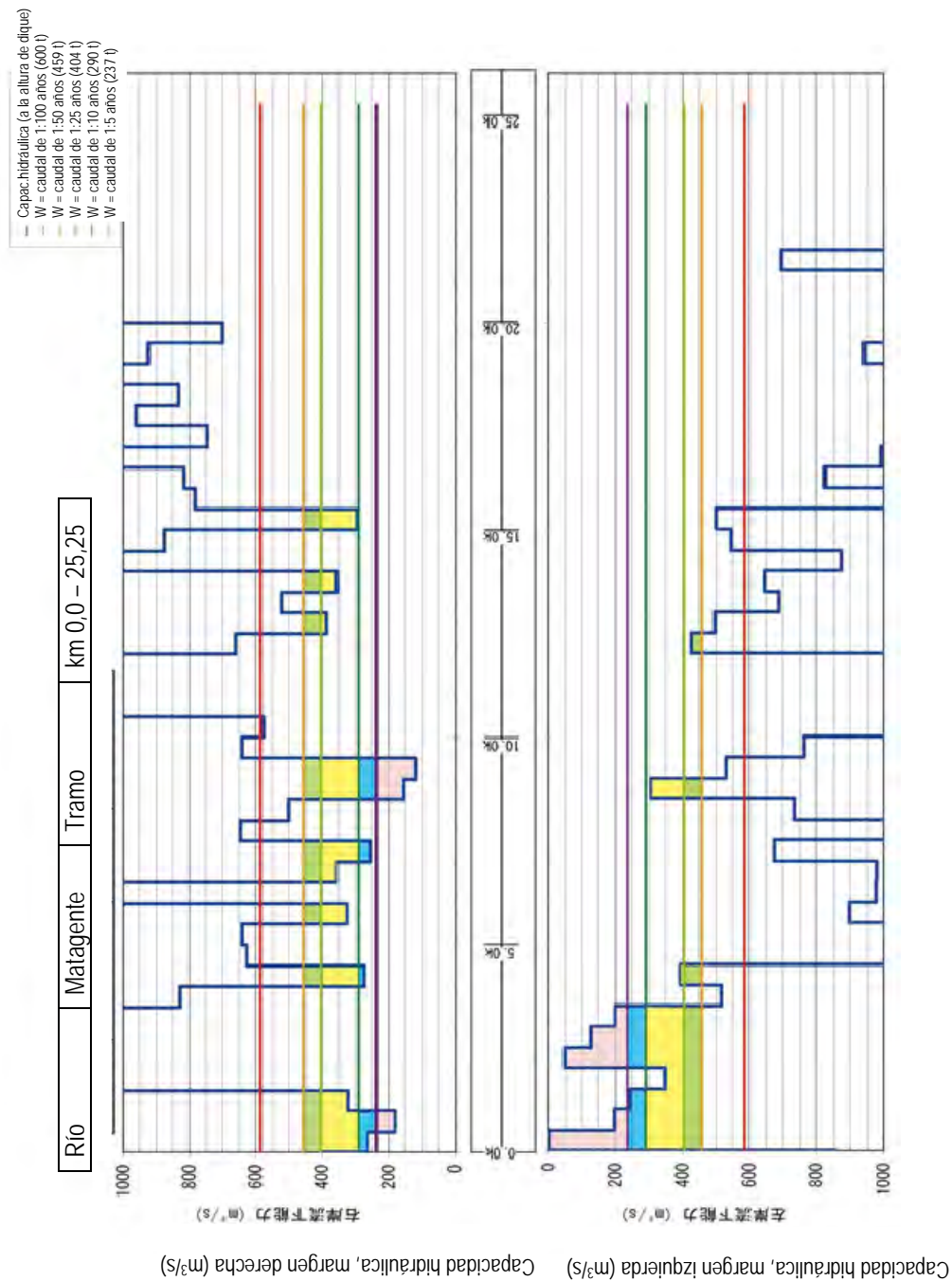


Figura 3.1.10-5 Capacidad hidráulica actual del Río Matagente de la cuenca del Río Chinchá

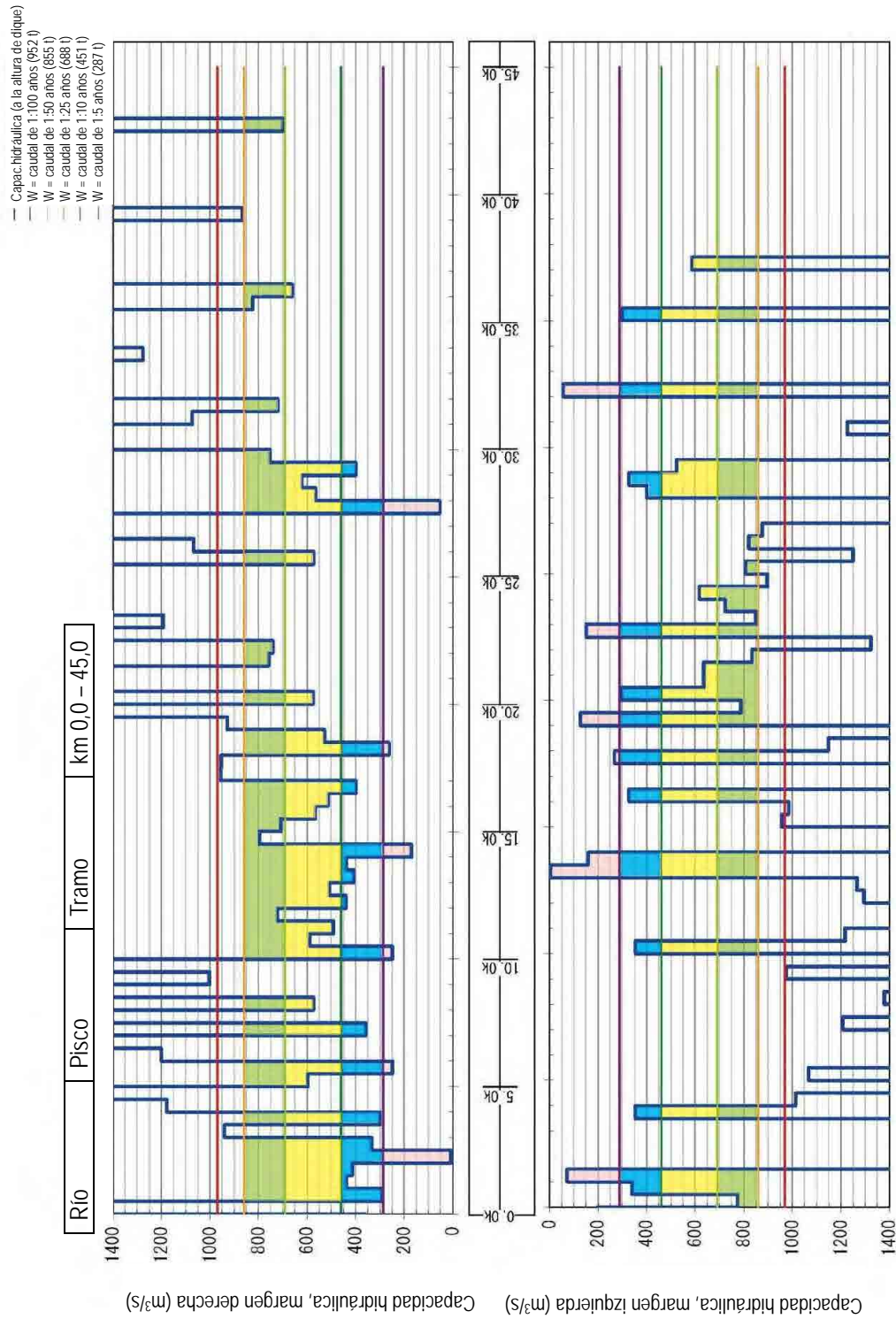


Figura 3.1.10-6 Capacidad hidráulica actual del Río Pisco

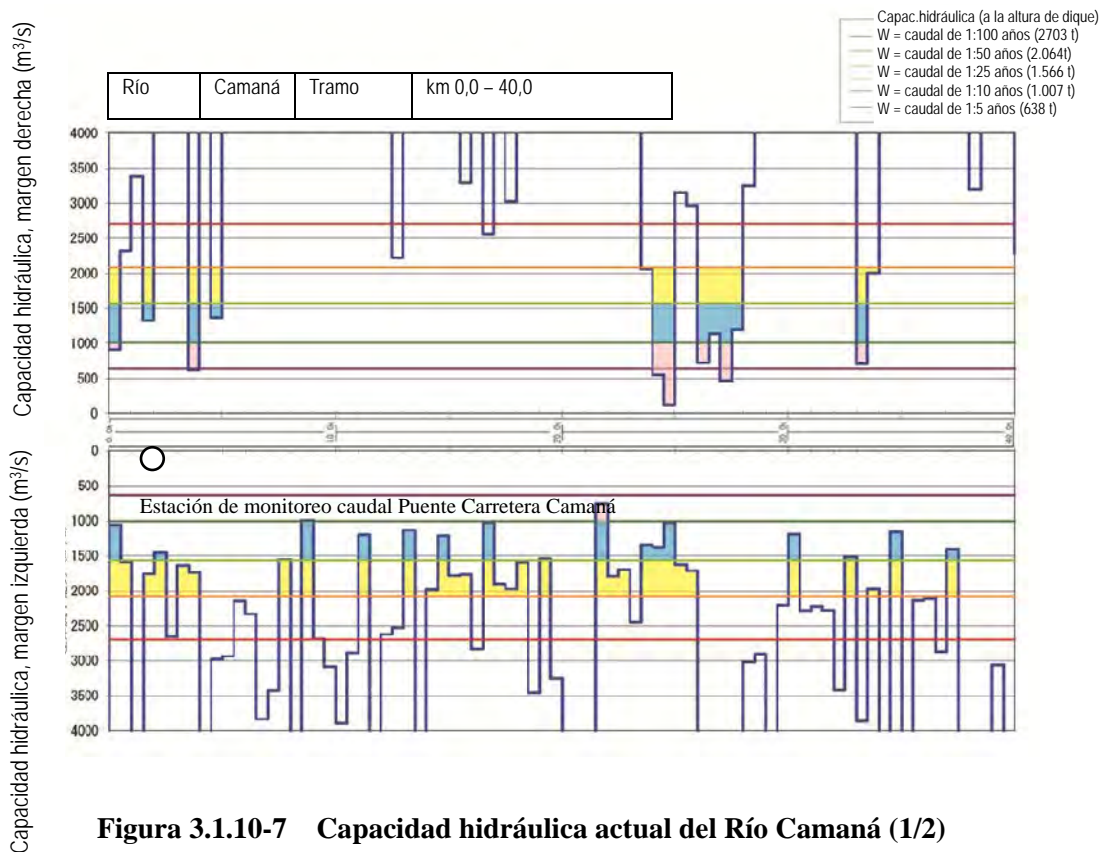


Figura 3.1.10-7 Capacidad hidráulica actual del Río Camaná (1/2)

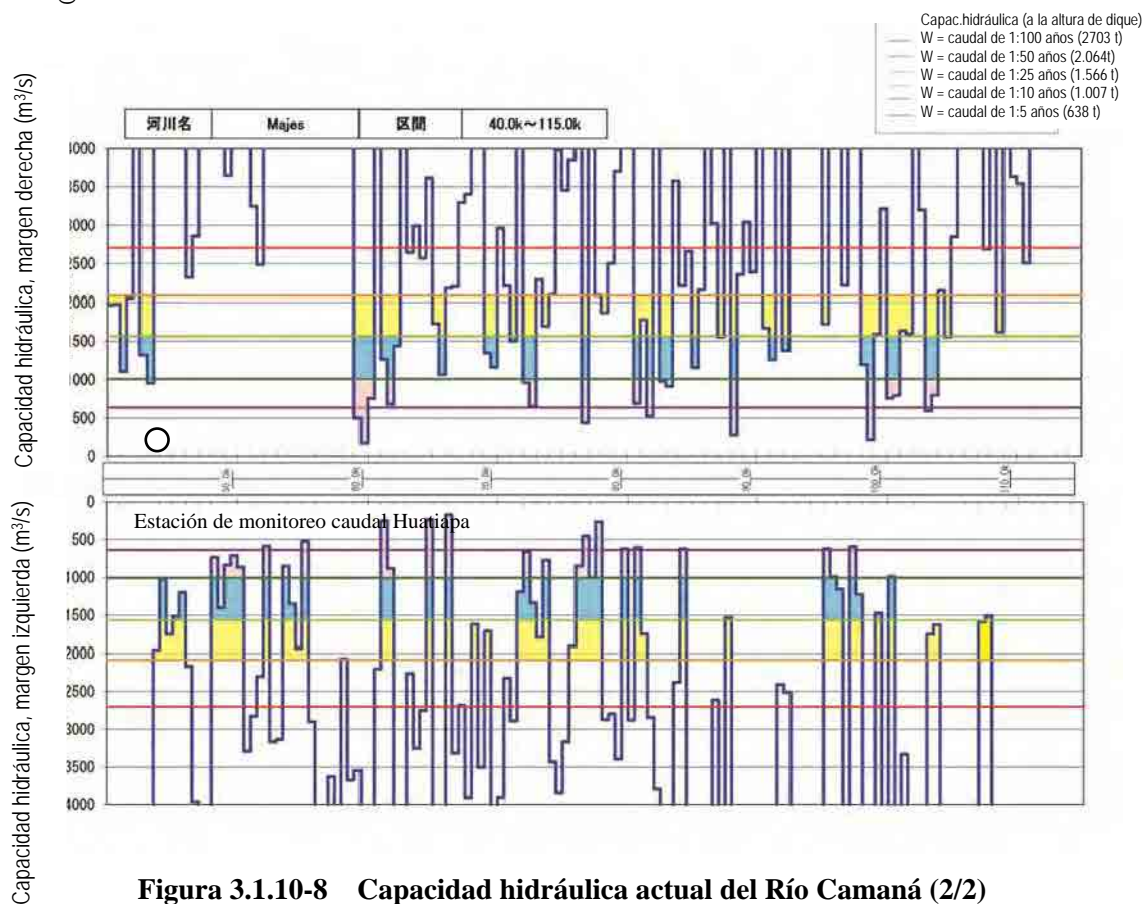


Figura 3.1.10-8 Capacidad hidráulica actual del Río Camaná (2/2)

(6) Alcance del desbordamiento

A modo de referencia, en las Figuras de 3.1.10-9 a 3.1.10-13 se muestran los resultados del cálculo de alcance de desbordamiento en cada cuenca frente al caudal de inundaciones con un período de retorno de 50 años.

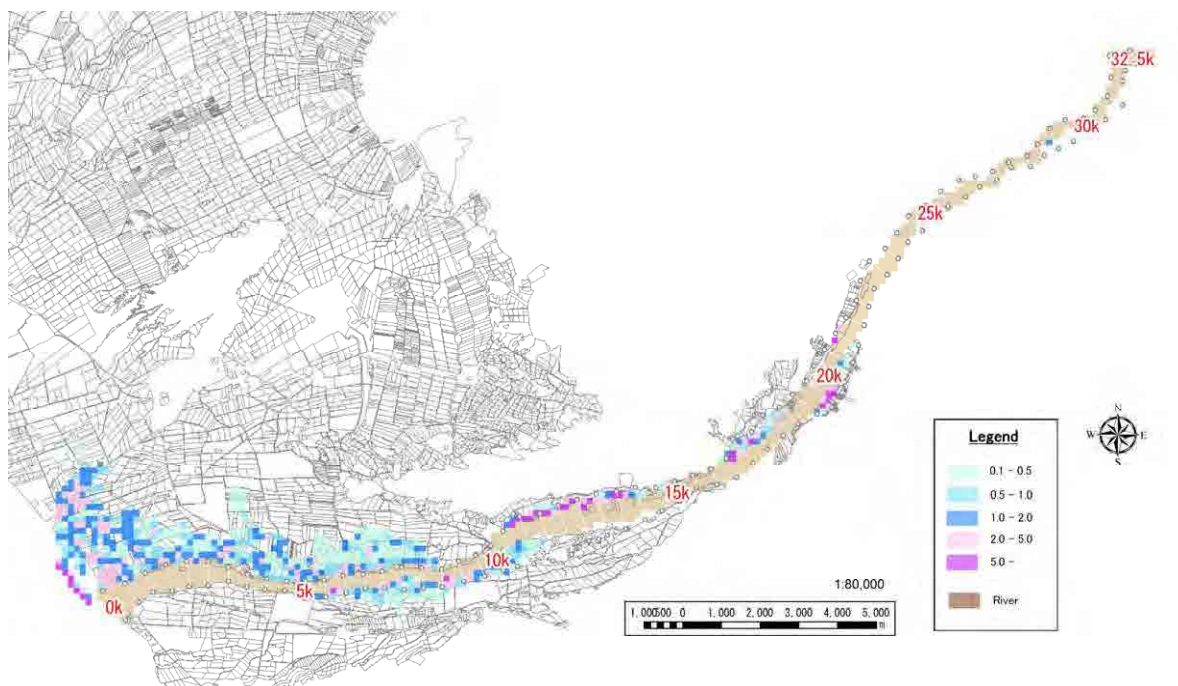


Figura 3.1.10-9 Alcance de desbordamiento del Río Cañete (inundaciones con un período de 50 años)

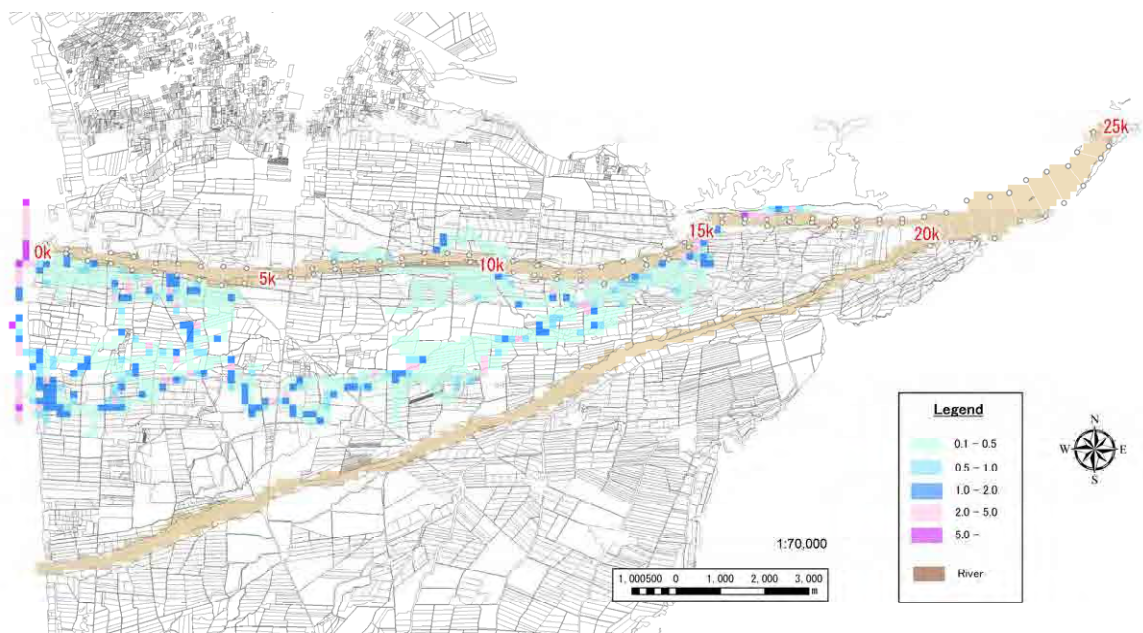


Figura 3.1.10-10 Alcance de desbordamiento del Río Chíncha –Chico (inundaciones con un período de 50 años)

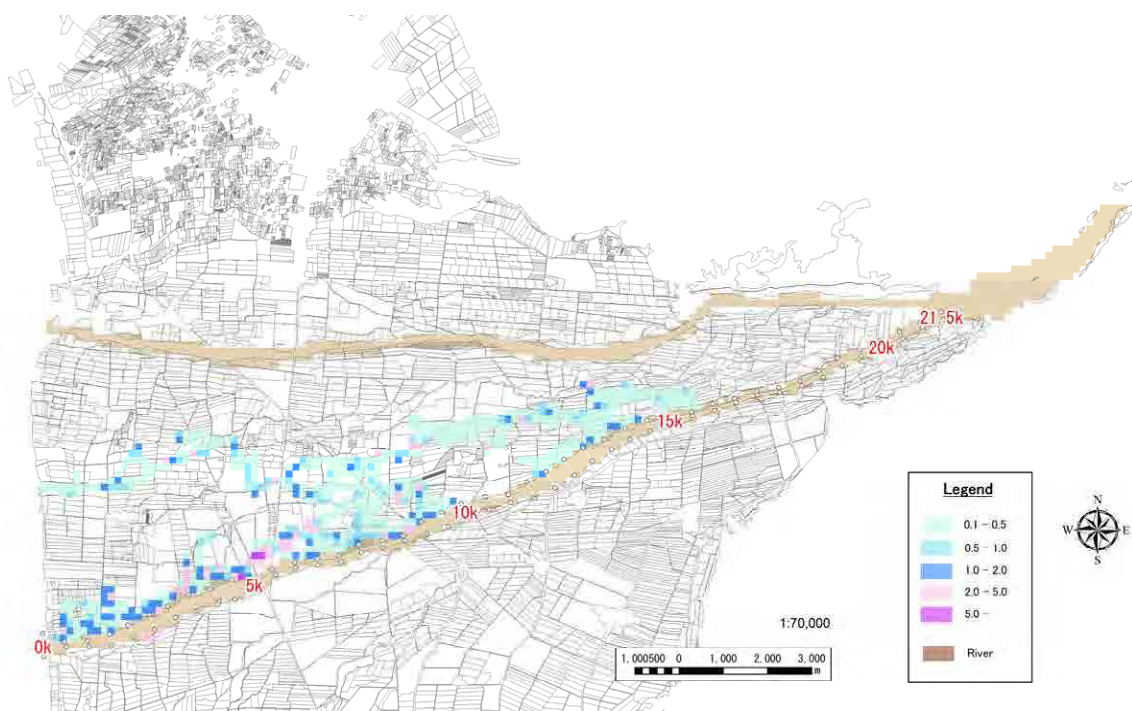


Figura 3.1.10-11 Alcance de desbordamiento del Río Chíncha –Matagente (inundaciones con un período de 50 años)

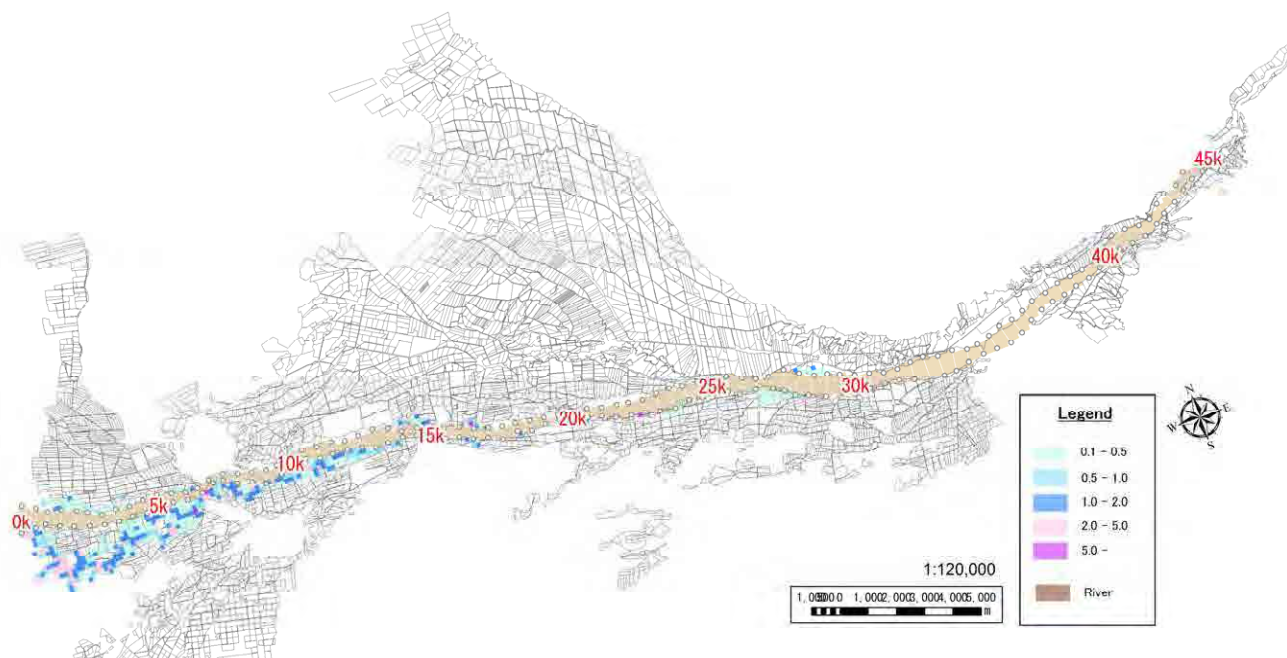


Figura 3.1.10-12 Alcance de desbordamiento del Río Pisco (inundaciones con un período de 50 años)

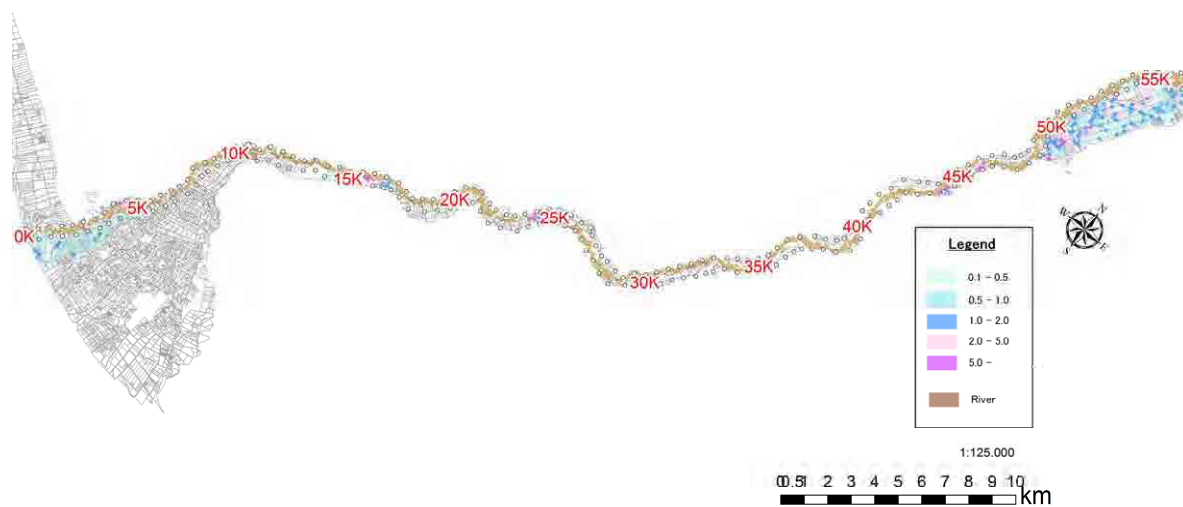


Figura 3.1.10-13 Alcance de desbordamiento del Río Majes-Camaná (Km 0 – 55, inundaciones con un período de 50 años) (1/2)

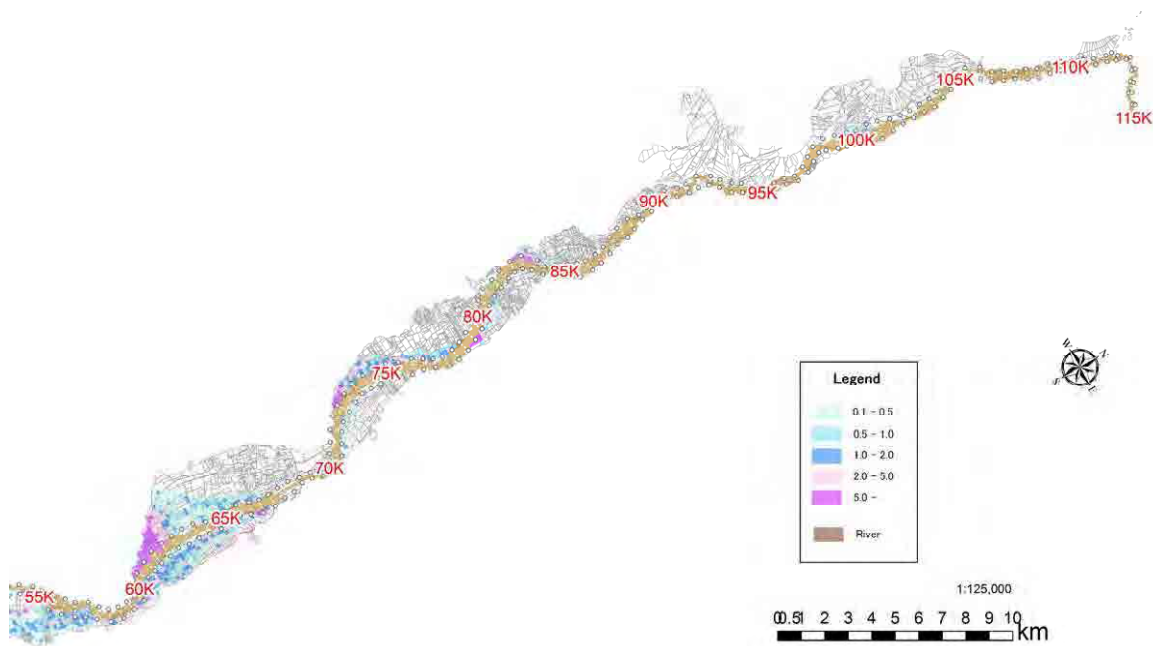


Figura 3.1.10-13 Alcance de desbordamiento del Río Majes-Camaná (Km 55 - 115, inundaciones con un período de 50 años) (2/2)

3.2 Objetivo del Proyecto

3.2.1 Problemas de las medidas de control de inundaciones en el Área del Estudio

Con base en los resultados del estudio en las cuatro cuencas seleccionadas, se identificaron los problemas principales sobre el control de inundaciones, así como las medidas de protección, cuyos resultados se resumen en la Tabla 3.2.1-1.

Tabla 3.2.1-1 Problemas y medidas de protección de las obras de control de inundaciones

Problemas		Desbordamiento			Erosión de dique	Erosión de márgenes	Bocatoma inoperativa	Obra de derivación inoperativa
		Sin diques	Sedimentación en el lecho	Falta de ancho				
Estructuras a ser protegidas	Tierras agrícolas	○	○	○	○	○	○	○
	Canales de riego					○	○	
	Área urbana	○		○				○
	Carreteras					○		
	Puentes		○					

3.2.2 Causas de los problemas

A continuación se indican el problema principal, así como sus causas directas e indirectas para el control de inundaciones en el Área del Estudio.

(1) Problema principal

Valles y comunidades locales altamente vulnerables ante inundaciones

(2) Causas directas e indirectas

En la Tabla 3.2.2-1 se muestran las causas directas e indirectas del problema principal.

Tabla 3.2.2-1 Causas directas e indirectas del problema principal

Causa directa	1. Caudal excesivo de inundaciones	2. Desbordamiento	3. Mantenimiento insuficiente de las obras de control	4. Insuficientes actividades comunitarias para la prevención de inundaciones
Causas indirectas	1.1 Frecuente ocurrencia de clima extraordinaria (El Niño, etc.)	2.1 Falta de obras de control de inundaciones	3.1 Falta de conocimientos y técnicas de mantenimiento	4.1 Falta de conocimientos y técnicas de prevención de inundaciones
	1.2 Precipitaciones extraordinarias en las cuencas alta y media	2.2 Falta de recursos para la construcción de las obras	3.2 Falta de capacitación sobre mantenimiento	4.2 Falta de capacitación en prevención de inundaciones
	1.3 Cobertura vegetal casi nula en las cuencas alta y media	2.3 Falta de planes de control de inundaciones en las cuencas	3.3 Falta de reparación y mantenimiento de los diques y márgenes	4.3 Falta del sistema de alerta temprana
	1.4 Excesivo arrastre de sedimentos desde las cuencas alta y media	2.4 Falta de diques	3.4 Falta de reparación y mantenimiento de obras de toma y de derivación	4.4 Falta de monitoreo y recolección de datos hidrológicos
	1.5 Reducción de la	2.5 Falta del ancho del	3.5 Uso ilegal del lecho	

capacidad hidráulica de los ríos por alteración de pendientes, etc.	cauce	para fines agrícolas	
	2.6 Acumulación de sedimentos en los lechos	3.6 Falta de presupuesto de mantenimiento	
	2.7 Falta de ancho fluvial en el punto de construcción del puente		
	2.8 Elevación del lecho en el punto de construcción del puente		
	2.9 Erosión de los diques y márgenes		
	2.10 Falta de capacidad para diseñar las obras		

3.2.3 Efectos de los problemas

(1) Problema principal

Valles y comunidades locales altamente vulnerables ante inundaciones.

(2) Efectos directos e indirectos

En la Tabla 3.2.3-1 se muestran los efectos directos e indirectos del problema principal.

Tabla 3.2.3-1 Efectos directos e indirectos del problema principal

Efectos directos	1. Daños agrícolas	2. Daños directos a la comunidad	3. Daños de las infraestructuras sociales	4. Otros daños económicos
Efectos indirectos	1.1 Daños de cultivos y ganado	2.1 Pérdida de viviendas y propiedades privadas	3.1 Destrucción de caminos	4.1 Interrupción de tráfico
	1.2 Pérdida de las tierras agrícolas	2.2 Pérdida de establecimientos industriales y existencias	3.2 Pérdida de puentes	4.2 Costos de prevención de inundaciones y evacuación
	1.3 Destrucción de los canales de riego	2.3 Accidentes y pérdida de la vida humana	3.3 Daños en las infraestructuras de agua potable, electricidad, gas y comunicación	4.3 Costos de reconstrucción y medidas de emergencia
	1.4 Destrucción de las obras de toma y derivación	2.4 Pérdida comercial		4.4 Pérdida de trabajo por los habitantes locales
	1.5 Erosión de diques y márgenes			4.5 Reducción de ingresos de la comunidad
				4.6 Degradación de la calidad de vida
				4.7 Pérdida del dinamismo económico

(3) Efecto final

El efecto final del problema principal es el Impedimento del desarrollo socioeconómico comunitario de la zona afectada.

3.2.4 Árbol de causas y efectos

En la Figura 3.2.4-1 se presenta el árbol de causas y efectos elaborado con base en los resultados del análisis mencionado.

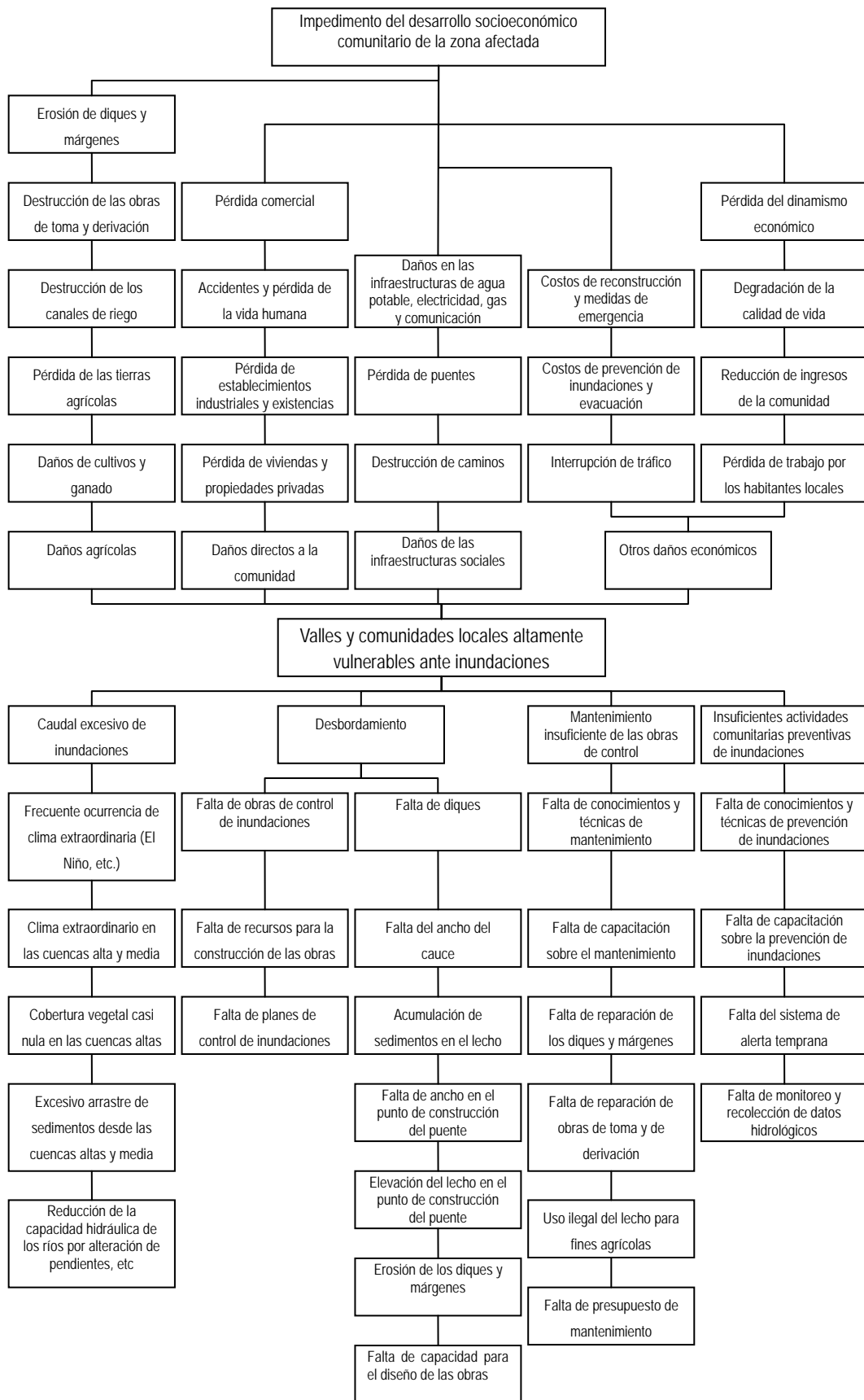


Figura 3.2.4-1 Árbol de causas y efectos

3.2.5 Medidas de solución al problema principal

(1) Objetivo principal

Aliviar la vulnerabilidad de los valles y de la comunidad local ante las inundaciones y fomentar el desarrollo socioeconómico de la región.

(2) Medidas directas e indirectas

En la Tabla 3.2.5-1 se plantean las medidas de solución directa e indirecta al problema.

Tabla 3.2.5-1 Medidas de solución directa e indirecta al problema

Medida directa	1. Analizar y aliviar el caudal excesivo de inundaciones	2. Prevenir desbordamiento	3. Cumplimiento cabal de mantenimiento de las obras de control de inundaciones	4. Incentivar la prevención de inundaciones comunitaria
Medidas indirectas	1.1 Analizar el clima extraordinario (El Niño, etc.)	2.1 Construir obras de control de inundaciones	3.1 Reforzar conocimientos y técnicas de mantenimiento	4.1 Reforzar conocimientos y técnicas de prevención de inundaciones
	1.2 Analizar precipitaciones extraordinarias en las cuencas alta y media	2.2 Proporcionar recursos para la construcción de las obras	3.2 Reforzar capacitación en mantenimiento	4.2 Ejecutar capacitación en prevención de inundaciones
	1.3 Plantar vegetación en las cuencas alta y media	2.3 Elaborar planes de control de inundaciones en las cuencas	3.3 Mantener y reparar los diques y márgenes	4.3 Construir el sistema de alerta temprana
	1.4 Aliviar el excesivo arrastre de sedimentos desde las cuencas alta y media	2.4 Construir diques	3.4 Reparar las obras de toma y de derivación	4.4 Reforzar el monitoreo y recolección de datos hidrológicos
	1.5 Tomar medidas para aliviar la reducción de la capacidad hidráulica de los ríos por alteración de pendientes, etc.	2.5 Ampliar el ancho del cauce	3.5 Controlar el uso ilegal del lecho para fines agrícolas	
		2.6 Excavación del lecho	3.6 Aumentar el presupuesto de mantenimiento	
		2.7 Ampliar el río en el punto de construcción del puente		
		2.8 Dragado en el punto de construcción del puente		
		2.9 Controlar la erosión de los diques y márgenes		
		2.10 Reforzar la capacidad para el diseño de las obras		

3.2.6 Impactos esperados por el cumplimiento del objetivo principal

(1) Impacto final

El impacto final que el Proyecto contempla alcanzar es aliviar la vulnerabilidad de los valles y de la comunidad local ante las inundaciones y fomentar el desarrollo socioeconómico local.

(2) Impactos directos e indirectos

En la Tabla 3.2.6-1 se plantean los impactos directos e indirectos esperados al cumplir el objetivo principal para el logro del impacto final.

Tabla 3.2.6-1 Impactos directos e indirectos

Impactos directos	1. Alivio de los daños agrícolas	2. Alivio de los daños directos a la comunidad	3. Alivio de los daños infraestructuras sociales	4. Alivio de otros daños económicos
Impactos indirectos	1.1 Alivio de los daños de cultivos y ganado	2.1 Prevención de la pérdida de viviendas y propiedades privadas	3.1 Prevención de la destrucción de caminos	4.1 Prevención de la interrupción de tráfico
	1.2 Alivio de la pérdida de tierras agrícolas	2.2 Prevención de la pérdida de establecimientos industriales y existencias	3.2 Prevención de la pérdida de puentes	4.2 Reducción de costos de prevención de inundaciones y evacuación
	1.3 Prevención de la destrucción de los canales de riego	2.3 Prevención de accidentes y de la pérdida de la vida humana	3.3 Alivio de los daños en las infraestructuras de agua potable, electricidad, gas y comunicación	4.3 Reducción de los costos de reconstrucción y medidas de emergencia
	1.4 Prevención de la destrucción de las obras de toma y derivación	2.4 Alivio de la pérdida comercial		4.4 Aumento del empleo de la comunidad local
	1.5 Alivio de la erosión de diques y márgenes			4.5 Aumento ingresos de la comunidad
				4.6 Mejoría de la calidad de vida
				4.7 Desarrollo de las actividades económicas

3.2.7 Árbol de medidas – objetivos – impactos

En la Figura 3.2.7-1 se presenta el árbol de medidas – objetivos – impactos.

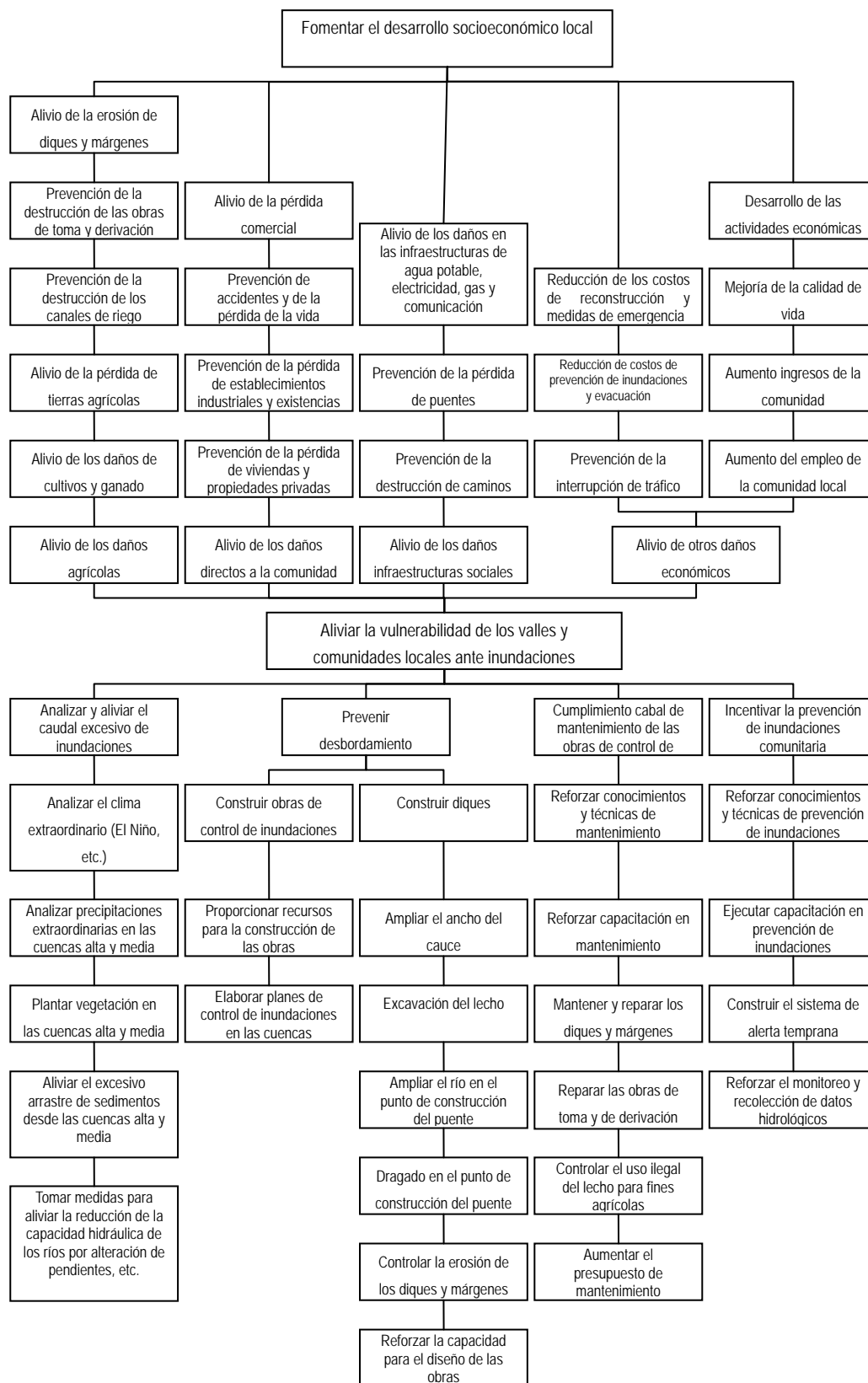


Figura 3.2.7-1 Árbol de medidas – objetivos – impactos