Agencia de Cooperación Internacional
Del Japón

PROGRAMA DE PROTECCION DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPUBLICA DEL PERU

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO PISCO

Apéndice-4

Diciembre de 2012

Yachiyo Engineering Co., Ltd.
NIPPON KOEI CO.,LTD.
LATIN AMERICA - CARIBBEAN
NIPPON KOEI LAC CO., LTD.
Ingenieros Consultores

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO PISCO

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ASPECTOS GENERALES 1

2.1 Ubicación 1

2.1.1 Ubicación Política 1

2.1.2 Ubicación Geográfica 2

2.2 Antecedentes 2

2.3 Justificación del Proyecto 2

2.4 Objetivos del Estudio 3

III. DESCRIPCION DEL PROYECTO 3

3.1 Sistema Hidrográfico del río Pisco 3

3.1.1 Descripción General de la Cuenca 3

3.1.2 Hidrografía de la Cuenca del Río Pisco 4

3.2 Climatología 6

3.2.1 Precipitación 6

3.2.2 Temperatura 25

IV. HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS 32

4.1 Consideraciones Previas 32

4.2 Caracterización Hidrológica, Análisis de la Información Pluviométrica e Hidrométrica 33

4.2.1 Caracterización Hidrológica 33

4.2.2 Análisis de Precipitaciones Máximas en 24 Horas 33

4.2.2.1 Funciones de Distribución 37

4.2.2.2 Calculo de Ajuste y Periodo de Retorno para las Precipitaciones Máximas en 24 Horas 40

4.2.2.3 Selección de Distribución Teórica con mejor Ajuste a la Serie de Precipitaciones Máximas en 24 Horas 40

4.2.2.4 Determinación de Precipitaciones Máximas para Diferentes Periodos de Retorno en el Punto Base 48

4.2.2.5 Determinación de Precipitaciones Máximas para Diferentes Periodos de Retorno en las Subcuencas del río Pisco *48*

4.2.3 Análisis de Descargas Máximas Diarias 51

4.2.4 Modelo de Simulación, Aplicación del Software HEC-HMS 52

4.2.4.1 Modelo Hidrológico 52

4.2.4.2 Modelamiento en el HEC – HMS *56*

4.3 Resultados de la Simulación, Caudales Máximos en el Punto Base 71

ANEXOS 72

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO PISCO

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro Nº 3.1. Características de las Estaciones Pluviométricas de la cuenca del río Pisco y cuencas vecinas 7

Cuadro Nº 3.2. Precipitación Media Mensual de Estaciones Consideradas en el Ámbito del Estudio 9

Cuadro Nº 3.3. Resultados del ajuste lineal de las estaciones de Totora y Acnococha 10

Cuadro Nº 3.4. Temperatura Media Mensual [ºC] de las estaciones de la cuenca del río Pisco y cuencas vecinas 26

Cuadro Nº 4.1. Características Geomorfológicas de la cuenca en el Punto Base (estación Letrayoc) 33

Cuadro Nº 4.2. Precipitación Máxima en 24 Horas Anual de las Estaciones ubicadas en el Ámbito del Estudio 34

Cuadro Nº 4.3. Coeficiente de Determinación para cada Función de Distribución y para cada Estación Pluviométrica 40

Cuadro Nº 4.4. Precipitaciones Máxima en 24 Horas de cada Estación Pluviométrica y para cada Periodo de Retorno 41

Cuadro Nº 4.5. Precipitaciones Areales Máximas en 24 Horas en el Punto Base (Estación Letrayoc) para cada Periodo de Retorno 48

Cuadro Nº 4.6. Precipitaciones para Diferentes Periodos de Retorno en cada Subcuenca del río Pisco 50

Cuadro Nº 4.7. Descargas Máximas Diarias de la estación Letrayoc, rio Pisco (m^3/s) 51

Cuadro Nº 4.8. Descargas Máximas para cada Periodo de Retorno, en la estación Letrayoc, rio Pisco (m3/s) 52

Cuadro Nº 4.9. Tiempo de Concentración y de Viaje para el Punto Base (estación Letrayoc) 52

Cuadro Nº 4.10. Precipitaciones Máximas, según la ecuación de Dick - Peschke 54

Cuadro Nº 4.11. Hietograma para diferentes Periodos de Retorno 54

Cuadro Nº 4.12. Curva Numero (CN) en Función del Uso del Suelo y del Grupo Hidrológico del Suelo 55

Cuadro Nº 4.13. Estimación del Valor del Numero de Curva (CN) inicial para la calibración del Modelo HEC-HMS 56

Cuadro Nº 4.14. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 2 Años 59

Cuadro Nº 4.15. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 5 Años 61

Cuadro Nº 4.16. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 10 Años 63

Cuadro Nº 4.17. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 25 Años 66

Cuadro Nº 4.18. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 50 Años 68

Cuadro Nº 4.19. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 100 Años 70

Cuadro Nº 4.20. Resumen de los Caudales Máximos en el Punto Base para cada Periodo de Retorno 71

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO PISCO

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura Nº 3.1. Mapa de Ubicación de la cuenca del río Pisco 5

Figura Nº 3.2. Periodo y Longitud de la información disponible de las Estaciones Pluviométricas 7

Figura Nº 3.3. Ubicación de las Estaciones Pluviométricas en cuenca del río Pisco y cuencas vecinas 8

Figura Nº 3.4. Histograma Mensual de las Estaciones Pluviométricas consideradas en el Ámbito del Estudio 9

Figura Nº 3.5. Tendencia de la Precipitación Anual de las Estaciones Consideradas en el Ámbito del Estudio 11

Figura Nº 3.6. Isoyeta del mes de Enero de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 12

Figura Nº 3.7. Isoyeta del mes de Febrero de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 13

Figura Nº 3.8. Isoyeta del mes de Marzo de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 14

Figura Nº 3.9. Isoyeta del mes de Abril de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 15

Figura Nº 3.10. Isoyeta del mes de Mayo de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 16

Figura Nº 3.11. Isoyeta del mes de Junio de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 17

Figura Nº 3.12. Isoyeta del mes de Julio de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 18

Figura Nº 3.13. Isoyeta del mes de Agosto de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 19

Figura Nº 3.14. Isoyeta del mes de Septiembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 20

Figura Nº 3.15. Isoyeta del mes de Octubre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 21

Figura Nº 3.16. Isoyeta del mes de Noviembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 22

Figura Nº 3.17. Isoyeta del mes de Diciembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 23

Figura Nº 3.18. Isoyeta Anual de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco 24

Figura Nº 3.19. Distribución de la Temperatura Media Mensual de las Estaciones Meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Pisco 26

Figura Nº 4.1. Estaciones Pluviométricas consideradas para la aplicación del Software HEC-HMS 36

Figura Nº 4.2. Isoyetas para un Periodo de Retorno de 2 años en la cuenca del río Pisco 42

Figura Nº 4.3. Isoyetas para un Periodo de Retorno de 5 años en la cuenca del río Pisco 43

Figura Nº 4.4. Isoyetas para un Periodo de Retorno de 10 años en la cuenca del río Pisco 44

Figura Nº 4.5. Isoyetas para un Periodo de Retorno de 25 años en la cuenca del río Pisco 45

Figura Nº 4.6. Isoyetas para un Periodo de Retorno de 50 años en la cuenca del río Pisco 46

Figura Nº 4.7. Isoyetas para un Periodo de Retorno de 100 años en la cuenca del río Pisco 47

Figura Nº 4.8. Subcuenca del río Pisco 49

Figura Nº 4.9. Modelo de Cuenca del río Pisco en el Software HEC-HMS 58

Figura Nº 4.10. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 2 años 58

Figura Nº 4.11. Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 2 años 59

Figura Nº 4.12. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 5 años 60

Figura Nº 4.13. Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 5 años 61

Figura Nº 4.14. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 10 años 63

Figura Nº 4.15.Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 10 años 63

Figura Nº 4.16. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 25 años 65

Figura Nº 4.17.Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 25 años 65

Figura Nº 4.18. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 50 años 67

Figura Nº 4.19.Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 50 años 67

Figura Nº 4.20. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 100 años 69

Figura Nº 4.21.Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 100 años 69

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO PISCO

I. INTRODUCCIÓN

En los dos últimos eventos extraordinarios (Fenómeno del Niño) ocurridos en los años 1983 y 1988, se presentaron lluvias de gran intensidad en la zona de estudio, que trajo como consecuencia la activación de una serie de ríos y quebradas adyacentes al río Pisco, ocasionando severos daños en centros poblados, infraestructura de riego y drenaje, predios agrícolas, así mismo, inundaciones con daños de carácter catastrófico en las zonas de Pisco, San Clemente y Humay.

El Fenómeno del Niño es definido como la presencia de aguas anormalmente más calidas en la costa occidental de Sudamérica por un periodo mayor a 4 meses consecutivos, tiene su origen en el Pacifico Central Ecuatorial. El fenómeno esta asociado a las condiciones anormales de la circulación atmosférica en la región Ecuatorial del Pacifico. Considerándose como condiciones anormales cuando el esquema de circulación ecuatorial toma las siguientes tres posibilidades: puede intensificarse, debilitarse o cambiar de orientación.

El presente estudio contiene un diagnostico del problema, con el objetivo de explicar las causas del evento y orientar las acciones que se han de ejecutar para proveer mayor seguridad a la poblaron, infraestructura de riego, zonas agrícolas, etc. El informe contiene el análisis hidrológico que permite caracterizar en términos técnicos el acontecimiento. Con estos análisis ha sido posible delinear alternativas de soluciones estructurales y medidas no estructurales.

II. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación

2.1.1 Ubicación Política

El ámbito de estudio se localiza en los distritos de Pisco, San Clemente, Tupac Amaru Inca, San Andres, Humay e Independencia de la provincia de Pisco, departamento de Ica.

2.1.2 Ubicación Geográfica

La zona de estudio se localiza aproximadamente en las coordenadas UTM 365,978 y 495,455 en Coordenadas Este y 8’473,994 y 8’576,196 en Coordenadas Norte (Zona 18).

2.2 Antecedentes

Como parte del proyecto: “Protección de Valles y Poblaciones Rurales y Vulnerables ante Inundaciones”, se requiere contar con un documento técnico sustentatorio de máximas avenidas del río Pisco, que permita definir las propuestas del planeamiento hidrológico e hidráulico del sistema fluvial del río Pisco.

La ocurrencia de eventos extremos como el Fenómeno del Niño en la costa norte y sur del Perú trae como consecuencia la presencia de lluvias torrenciales, el incremento del caudal de los ríos y la activación de quebradas aportantes al curso principal, tal como los ocurridos en los dos últimos eventos de 1983 y 1998, en que los desbordes del río Pisco, produjeron la inundación de extensas zonas de cultivo y ciudades como Pisco, San Clemente, Humay y San Andres, ocasionando daños a la agricultura, infraestructura vial, vivienda e infraestructura de riego y drenaje. En la actualidad existen zonas vulnerables en tramos del río que requieren la aplicación de medidas estructurales para mitigar los efectos de avenidas.

Se ha efectuado una evaluación de las avenidas máximas en base a los datos de la estación hidrométrica Letrayoc. Con los resultados obtenidos, se procederá a dimensionar la caja hidráulica del río en función al periodo de retorno escogido, en zonas específicas y el dimensionamiento de las estructuras de protección.

2.3 Justificación del Proyecto

El río Pisco permite el drenaje de las avenidas producto de las precipitaciones y aportes de los diversos cursos que conforman la cuenca.

Con la aparición de eventos hidrológicos normales, ocasionan ciertos daños en zonas agrícolas, infraestructura de riego y drenaje, caminos de servicio y centros poblados, por dicho motivo, se requiere contar con medidas estructurales que permitan la atenuación de los eventos extremos hasta cierto grado de magnitud.

2.4 Objetivos del Estudio

Determinar los caudales máximos instantáneos del río Pisco para diversos periodos de retorno; que permitan dimensionar adecuadamente la sección hidráulica de encauzamiento de río y diseño de las obras de protección, atenuando los daños por posibles eventos hidrológicos extremos.

III. DESCRIPCION DEL PROYECTO

3.1 Sistema Hidrográfico del río Pisco

3.1.1 Descripción General de la Cuenca

Políticamente, la cuenca del río Pisco forma parte de las provincias de Pisco (distritos: Paracas, San Andrés Pisco, Túpac Amaru Inca, San Clemente, Independencia, Humay y Huáncano) y Castrovirreyna (distritos: Ticrapo, Mollepampa, Cocas, Castrovirryena y Santa Ana), perteneciente a los departamentos de Ica y Huancavelica respectivamente, y cubre una extensión de 4,122.38 Km².

Geográficamente, sus puntos extremos se encuentran entre los paralelos 12º52' y 13º48' de latitud Sur y 75º02' y 76º13' de Longitud Oeste. En la proyección UTM – WGS84 sus puntos extremos se encuentra entre los paralelos 365,978 y 495,455 de Coordenadas Este y 8'473,994 y 8'576,196 de Coordenadas Norte.

Altitudinalmente se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, que constituye la divisoria continental de las aguas y cuyo punto mas alto corresponde al Cerro San Juan de Dios (5,218 m.s.n.m.).

El valle de Pisco, (23,356.02 ha de área agrícola bajo riego, reporte de PROFODUA – Valle de Pisco, 2004), se halla ubicado en la Costa Central del Perú, en el sector central del departamento de Ica; fisiográficamente, este valle esta constituido principalmente por el llano aluvial del río Pisco, por sus abanicos y paisajes ecológico y marino.

En valle del río Pisco está conectado a la Capital de la Republica y a las principales poblaciones de la Costa Sur del país, mediante la Carretera Panamericana, la más importante vía de la red de carreteras del país. Esta carretera íntegramente asfaltada, atraviesa el valle a lo largo de su faja litoral, uniendo las ciudades de Lima y pisco mediante un tremo asfaltado de 243 Km. de longitud.

Otra vía importante en la zona es la carretera longitudinal de la cuenca, conocida con el nombre de "Vía de los Libertadores". Esta carretera de 364 Km. de longitud, se inicia a la altura del Km. 233.3 de la Panamericana Sur, poco antes del puente Huamaní sobre el río Pisco. Enlaza los pueblos de Pisco, Independencia, Humay, Huáncano, Ticrapo, Castrovirreyna, Santa Inés y Ayacucho.

En la Figura Nº 3.1 se muestra la ubicación y el ámbito de la cuenca del río Pisco.

3.1.2 Hidrografía de la Cuenca del Río Pisco

La Cordillera de los Andes divide hidrográficamente al país en dos vertientes principales que drenan sus aguas hacia los Océanos Pacifico y Atlántico, respectivamente, constituyendo así la divisoria continental de las aguas. Existe, también, una tercera vertiente en la región sur-oriental del país, constituida por una alta cuenca interandina cuyas aguas drenan al Lago Titicaca.

La vertiente del Pacifico u Occidental tiene una extensión aproximada de 290,000 Km², equivalente al 22% del área total del país y da origen, como consecuencia de las precipitaciones y del deshielo de los nevados y glaciares en su parte alta, a 52 ríos de cierta importancia que discurren al Océano Pacifico siguiendo una dirección predominante hacia el suroeste. El río Pisco es uno de ellos, encontrándose situado en la región central de esta vertiente.

Figura Nº 3.1. Mapa de Ubicación de la cuenca del río Pisco

La cuenca del río Pisco tiene una forma sui géneris, con cierta apariencia de una media luna. Limita por el norte con la cuenca del río San Juan; por el sur con la cuenca del río Ica; por el este con las cuencas de los ríos Mantaro y Pampas y por el oeste con el Océano Pacifico.

Cuenta con un área de drenaje de 4,122.38 Km², de los cuales el 62% (2,376 Km²) situado por encima de la cota 2,500 m.s.n.m. corresponde a la cuenca húmeda o imbrífera.

El río Pisco es un colector troncal del escurrimiento superficial de la cuenca tiene su origen en la confluencia de los ríos Chiris y Huaytará, a la altura de la localidad de Pámpano. El río Chiris, el principal formador, se origina a su vez – en la parte más alta de la cuenca – de la unión de los ríos Santa Ana y Luicho, los que nacen en una serie de pequeñas lagunas entre las que destacan las de Pultoc, Acnococha y Tacococha.

El río Pisco y sus formadores presentan un desarrollo longitudinal aproximado de 472 Km, desde sus nacientes hasta su desembocadura, observándose una pendiente promedio de 3% la cual se hace más pronunciada en algunos sectores, llegando hasta 8%, especialmente en el tramo comprendido entre las nacientes del río Santuario y su desembocadura en el río Chiris y en el sector de la quebrada Veladero, afluente por la margen derecha del río Pisco.

Aguas debajo de Pámpano, en donde se inicia el río Piso, presenta un curso algo sinuoso hasta las cercanías de la localidad de Huáncano, adoptando a partir de este punto un rumbo general este-oeste.

Aguas abajo de la localidad de Humay, el valle se ensancha notablemente y la pendiente del río es mucho más suave, permitiendo la deposición de los materiales que llevaba en suspensión y dando lugar a la formación de un pequeño llano aluvial o cono de deyección, el cual se extiende hasta el mismo litoral.

El río Pisco, como la casi totalidad de los ríos de la Costa, es de régimen muy irregular y torrentoso. En base a la información pluviométrica se concentran de diciembre a abril, correspondiendo al periodo de sequías extremas a los meses de julio a noviembre.

3.2 Climatología

3.2.1 Precipitación

La precipitación, como parámetro principal de la generación de la escorrentía, es analizada en base a la información disponible de estaciones ubicadas tanto en el interior de la cuenca del río Pisco, como en las cuencas vecinas de San Juan, Mantaro, Pampas e Ica.

Se dispone de información pluviométrica de 12 estaciones pluviométricasubicadas en la cuenca del río Pisco y en las cuencas vecinas. Estas estaciones son operadas y mantenidas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

En el Cuadro Nº 3.1, se muestra la relación de estaciones con sus respectivas características de código, nombre y ubicación. Los registros históricos de la precipitación total diaria, precipitación total mensual y sus respectivos histogramas se presentan en el Anexo. En la Figura Nº 3.2, se muestra el periodo y la longitud de la información disponible de las estaciones pluviométricas y en la Figura Nº 3.3, se muestra su ubicación en la cuenca del río Pisco y en las cuencas vecinas.

Cuadro Nº 3.1. Características de las Estaciones Pluviométricas de la cuenca del río Pisco y cuencas vecinas

CODIGO	ESTACION	DEPARTAMENTO	LONGITUD	LATITUD	OPERADOR
646	ACNOCOCHA	HUANCAVELICA	75° 05'1	13° 13'1	SENAMHI
156130	CHOCLOCOCHA	HUANCAVELICA	75° 02'1	13° 06'1	SENAMHI
643	COCAS	HUANCAVELICA	75° 22'1	13° 16'1	SENAMHI
156121	CUSICANCHA	HUANCAVELICA	75° 18'18	13° 29'29	SENAMHI
156131	PARIONA	HUANCAVELICA	75° 04'1	13° 32'1	SENAMHI
156114	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	HUANCAVELICA	75° 38'38	13° 12'12	SENAMHI
156122	TAMBO	HUANCAVELICA	75° 16'16	13° 41'41	SENAMHI
156117	TICRAPO	HUANCAVELICA	75° 26'1	13° 23'1	SENAMHI
156119	TOTORA	HUANCAVELICA	75° 19'1	13° 07'1	SENAMHI
647	TUNEL CERO	HUANCAVELICA	75° 05'5	13° 15'15	SENAMHI
650	HACIENDA BERNALES	ICA	75° 57'57	13° 45'45	SENAMHI
640	HUAMANI	ICA	75° 35'35	13° 50'50	SENAMHI

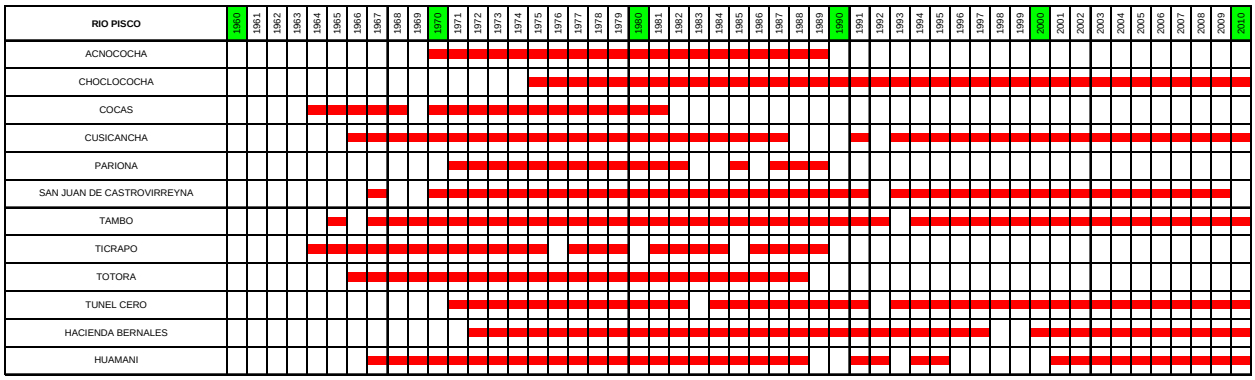


Figura Nº 3.2. Periodo y Longitud de la información disponible de las Estaciones Pluviométricas

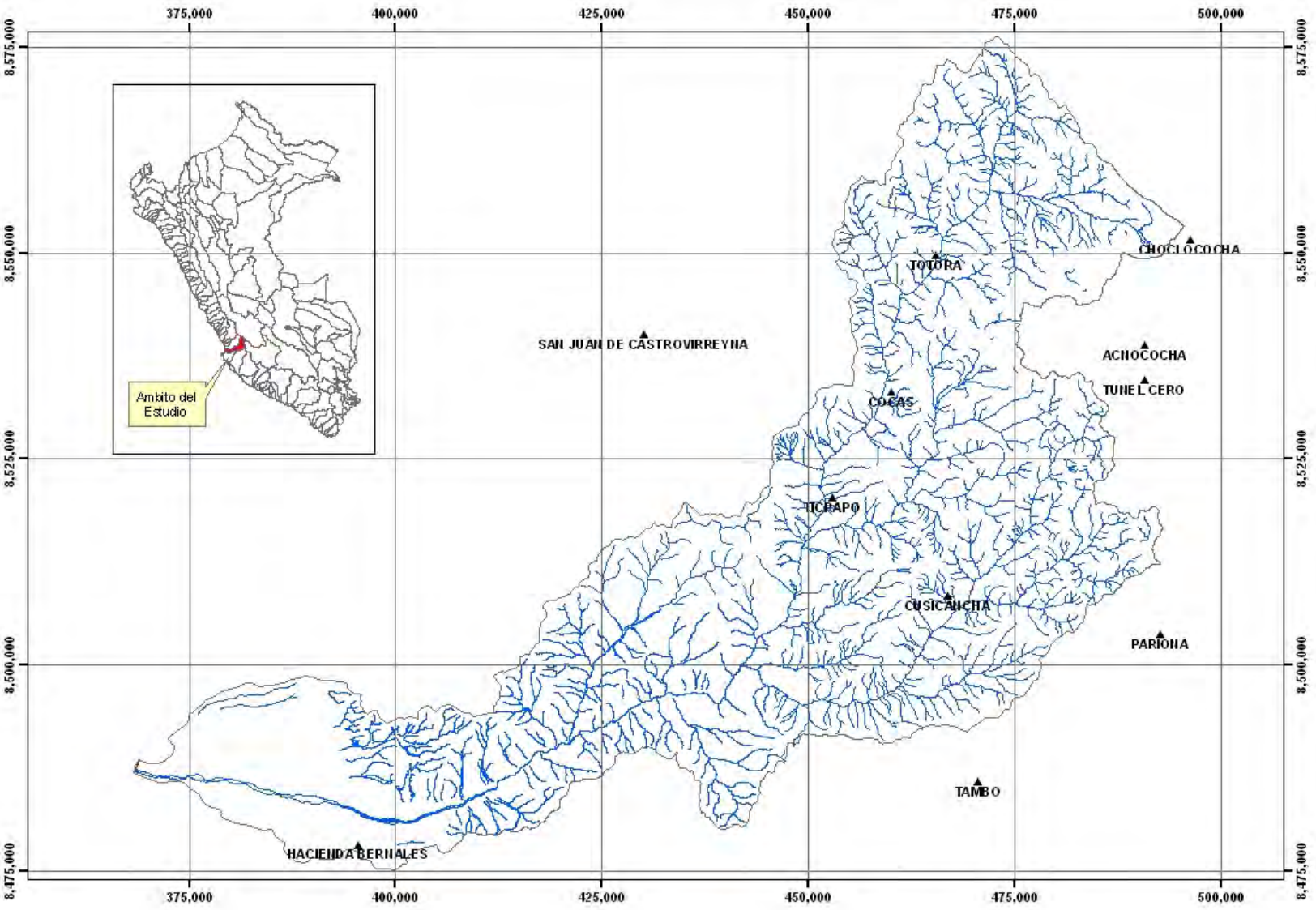


Figura Nº 3.3. Ubicación de las Estaciones Pluviométricas en cuenca del río Pisco y cuencas vecinas

En el Cuadro Nº 3.2 se muestra los valores medios mensuales de las estaciones consideradas en el estudio y en la Figura Nº 3.4 se muestra la variación media mensual de la precipitación de cada estación; en el Anexo se muestran las series históricas de cada estación, así como también se muestra las graficas de las variaciones mensuales y anuales de cada estación.

Cuadro Nº 3.2. Precipitación Media Mensual de Estaciones Consideradas en el Ámbito del Estudio

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

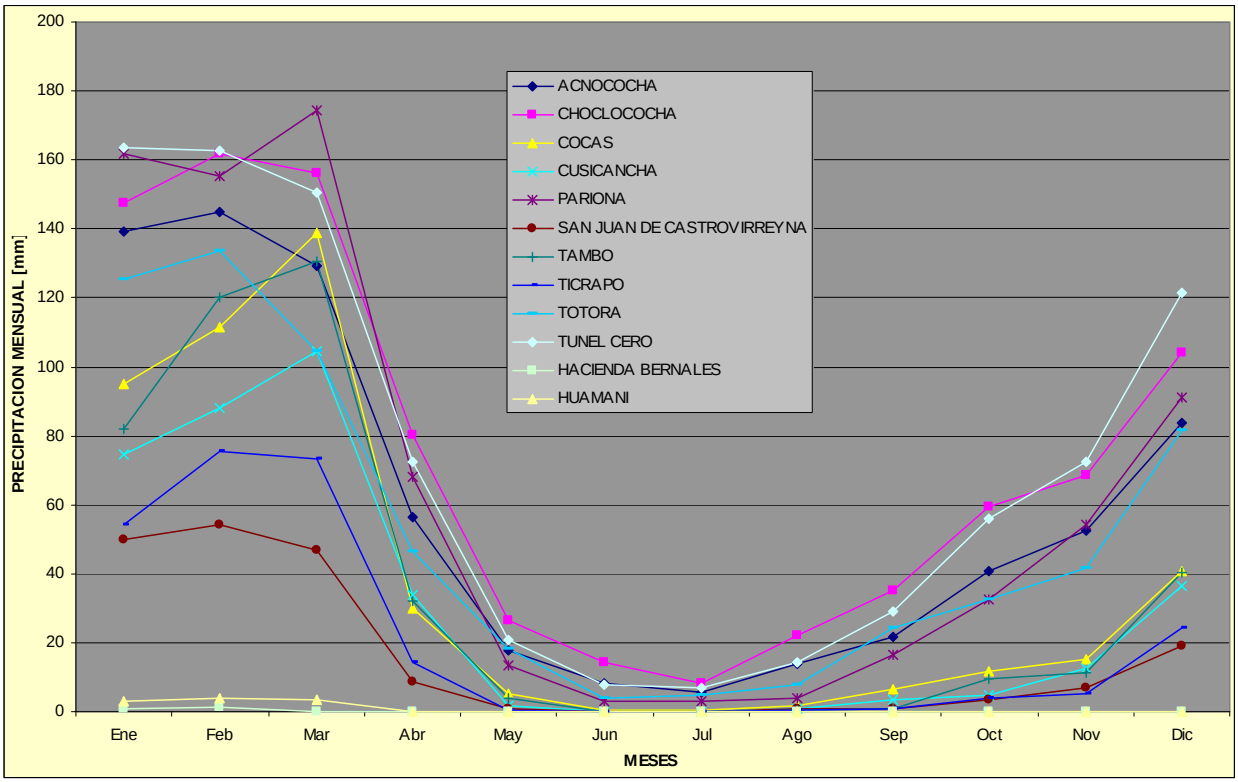


Figura Nº 3.4. Histograma Mensual de las Estaciones Pluviométricas consideradas en el Ámbito del Estudio

En el Cuadro Nº 3.2 y Figura Nº 3.4 observamos que del mes de octubre a abril se presentan las mayores precipitaciones y en los meses de mayo a septiembre se presentan las menores precipitaciones, así mismo observamos que la

precipitación anual en la cuenca del río Pisco varia de 884 mm (estación de Choclococha) a 2.93 mm (estación Hacienda Bernales).

En la Figura Nº 3.5 se presenta la variación de la precipitación total anual de las estaciones consideradas en el estudio con sus respectivas tendencias.

Tomando en consideración sólo las estaciones Totora y Acnococha que tienen aproximadamente 20 años de registro y son las estaciones con cierta uniformidad en los registros, se estableció una ecuación lineal de tipo P = mt + b en donde P es la precipitación anual y t es el tiempo en años. Las variables m y b son las variables que proporcionan el mejor ajuste en una ecuación lineal. Los resultados se presentan en el cuadro 3.3, arrojando los siguientes valores de tendencias:

Cuadro Nº 3.3. Resultados del ajuste lineal de las estaciones de Totora y Acnococha

Estación	m	b	R^2
Totora	-12.08	777.5	0.212
Acnococha	6.80	638.1	0.075

El valor de los coeficientes de regresión (R^2) es muy bajo. En el caso de la Estación Totora habría una muy débil tendencia decreciente y en la estación Acnococha una gradual tendencia creciente. Los valores de R^2 indican que las tendencias no son significativas y se puede afirmar que en las estaciones que cuentan con mayor número de datos no existe una tendencia clara al aumento o disminución de la precipitación.

Con la información mostrada en el Cuadro Nº 3.2 y con el apoyo del software ArcGIS se ha generado los mapas de isoyetas mensual (de enero a diciembre) y anual que se muestra en las Figuras Nº 3.6 a 3.17 y 3.18 respectivamente.

De las Isoyetas mostradas, observamos que las mayores precipitaciones en la cuenca se presentan en el mes de febrero y marzo y varían de 20 mm a 160 mm; y las menores precipitaciones se presenta en el mes de Julio y varia de 7 mm en la zona alta de la cuenca a 0 mm en la parte baja de la cuenca.

La precipitación total anual en la cuenca del río Pisco varía de 800 mm a 100 mm, tal como se puede observar en la Figura Nº 3.18.

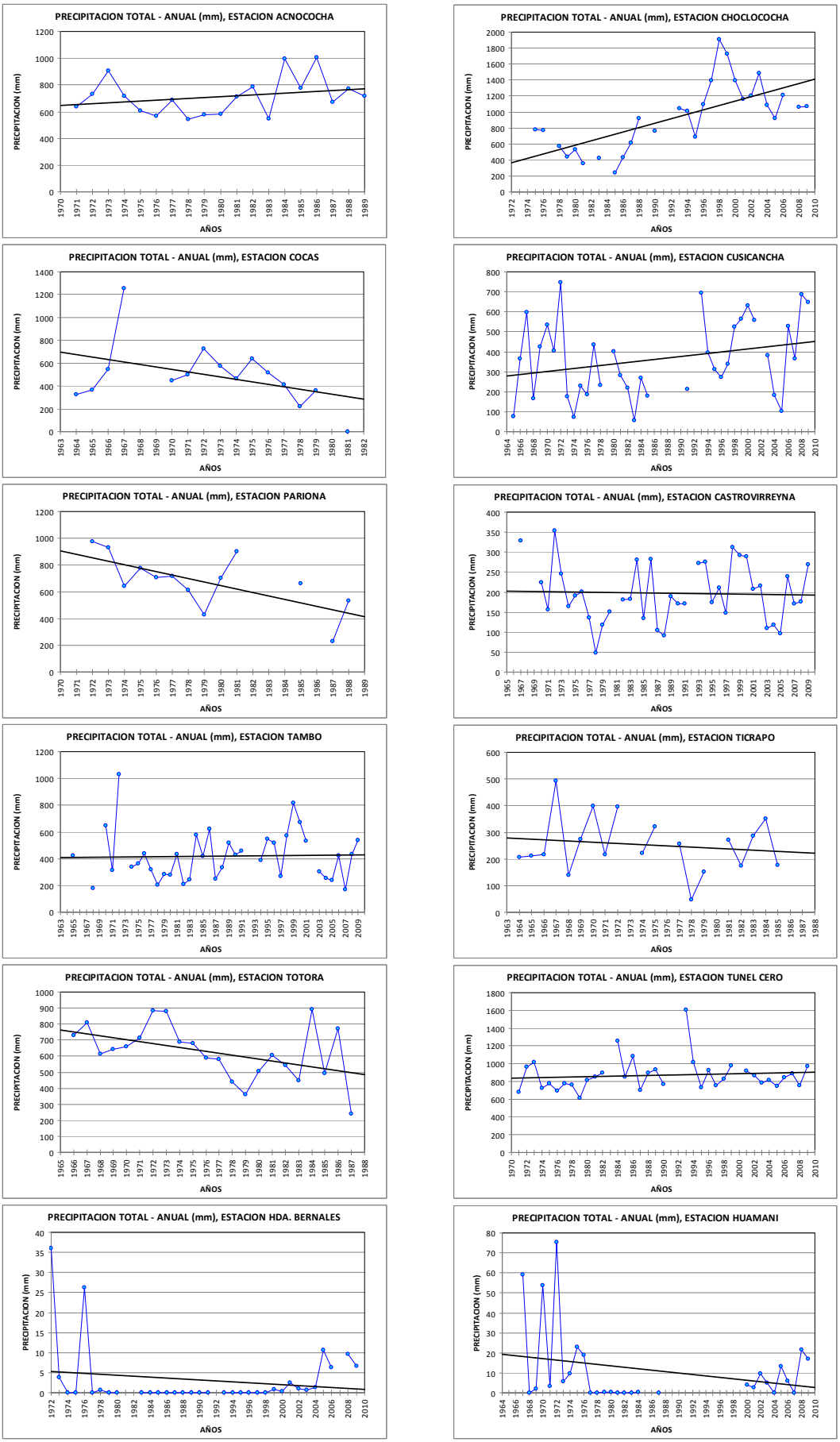


Figura Nº 3.5. Tendencia de la Precipitación Anual de las Estaciones Consideradas en el Ámbito del Estudio

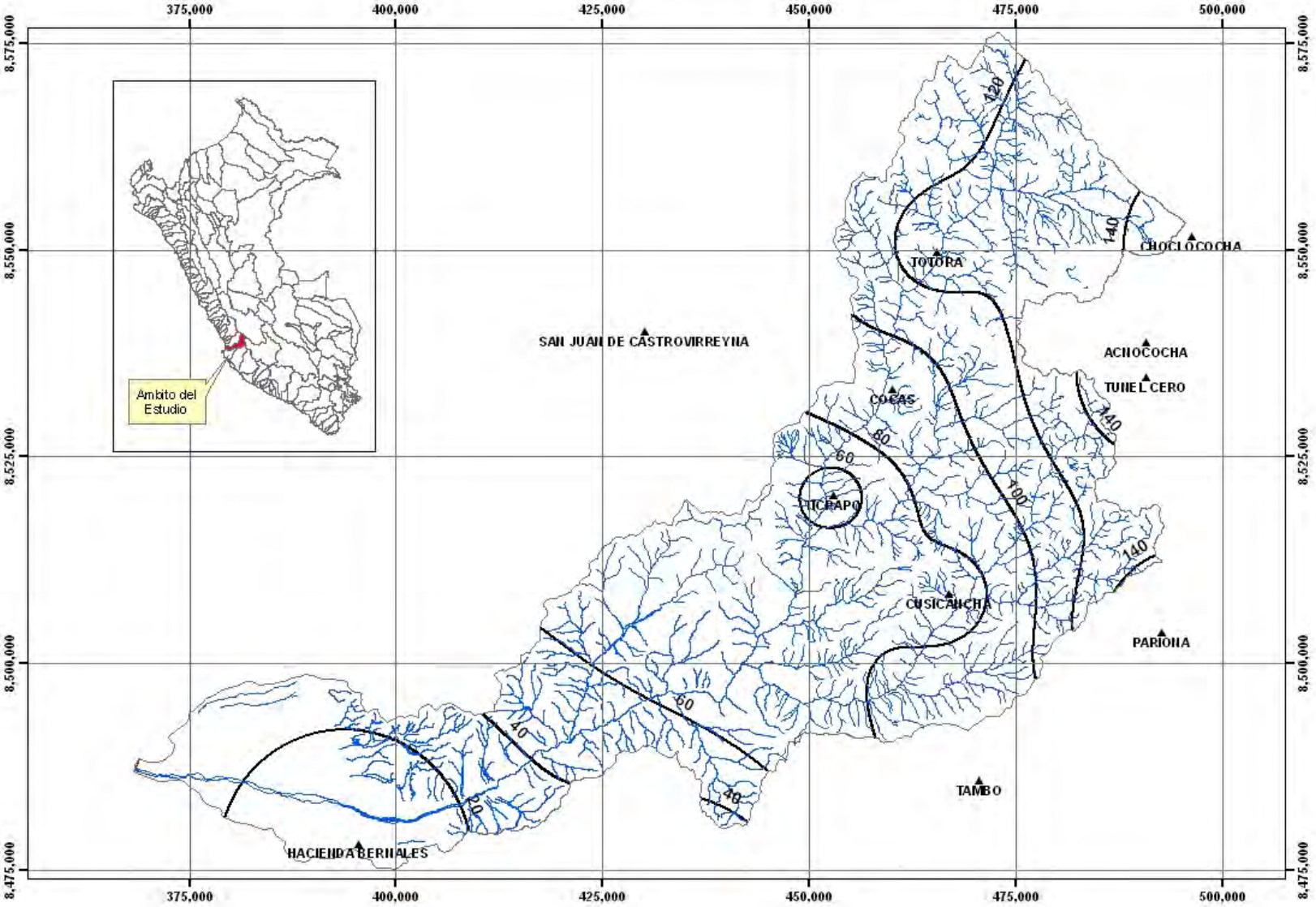


Figura Nº 3.6. Isoyeta del mes de Enero de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

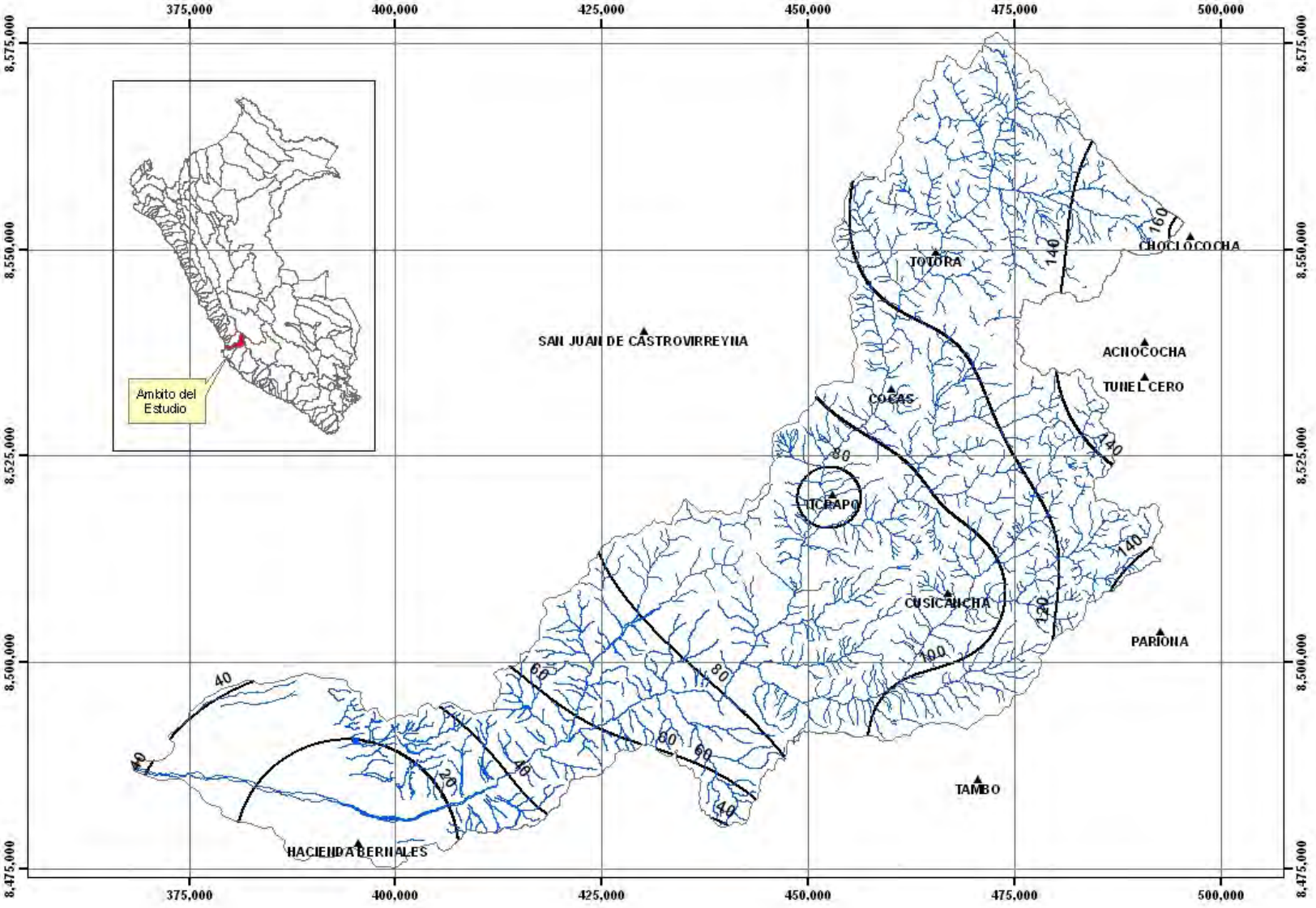


Figura Nº 3.7. Isoyeta del mes de Febrero de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

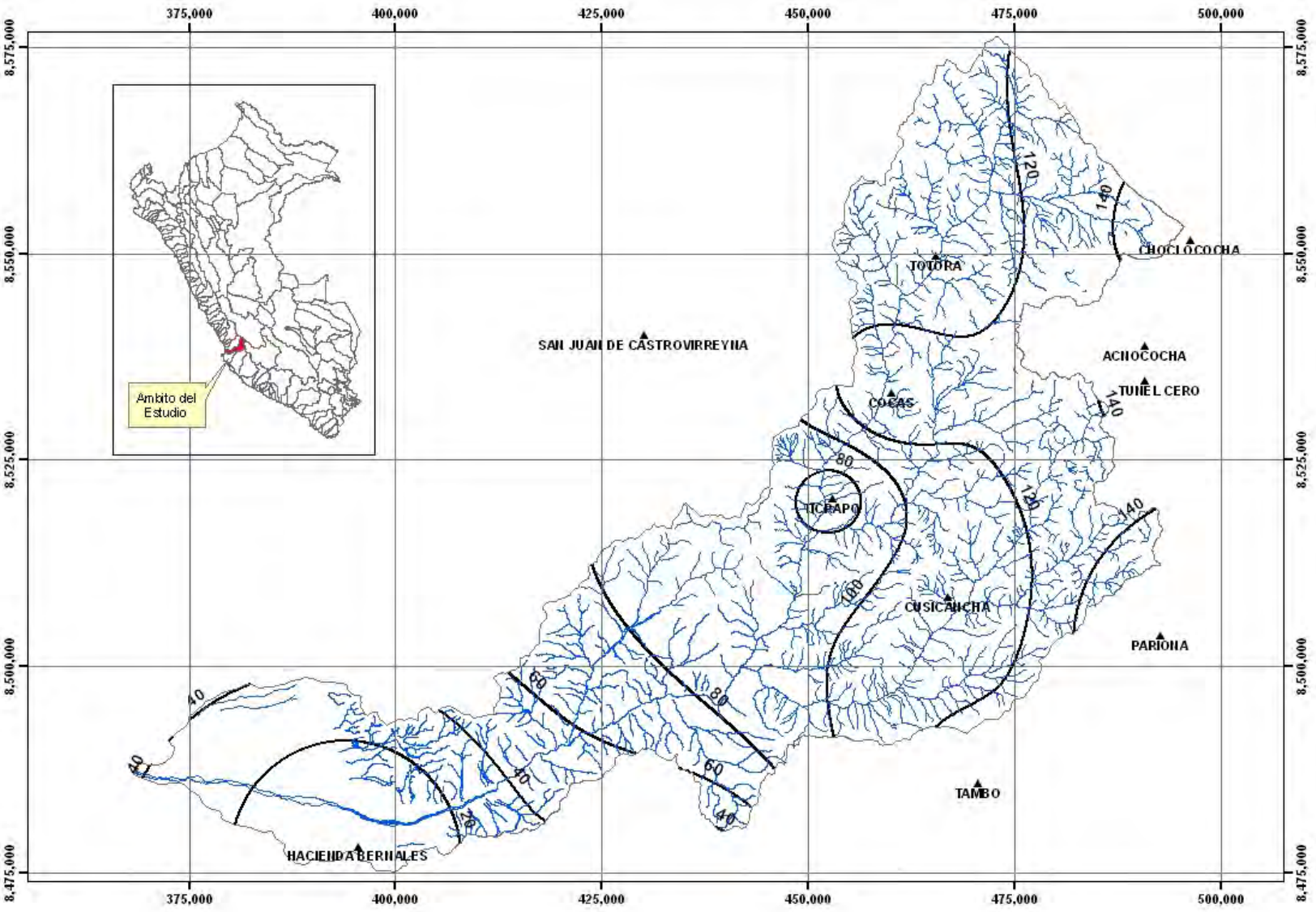


Figura Nº 3.8. Isoyeta del mes de Marzo de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

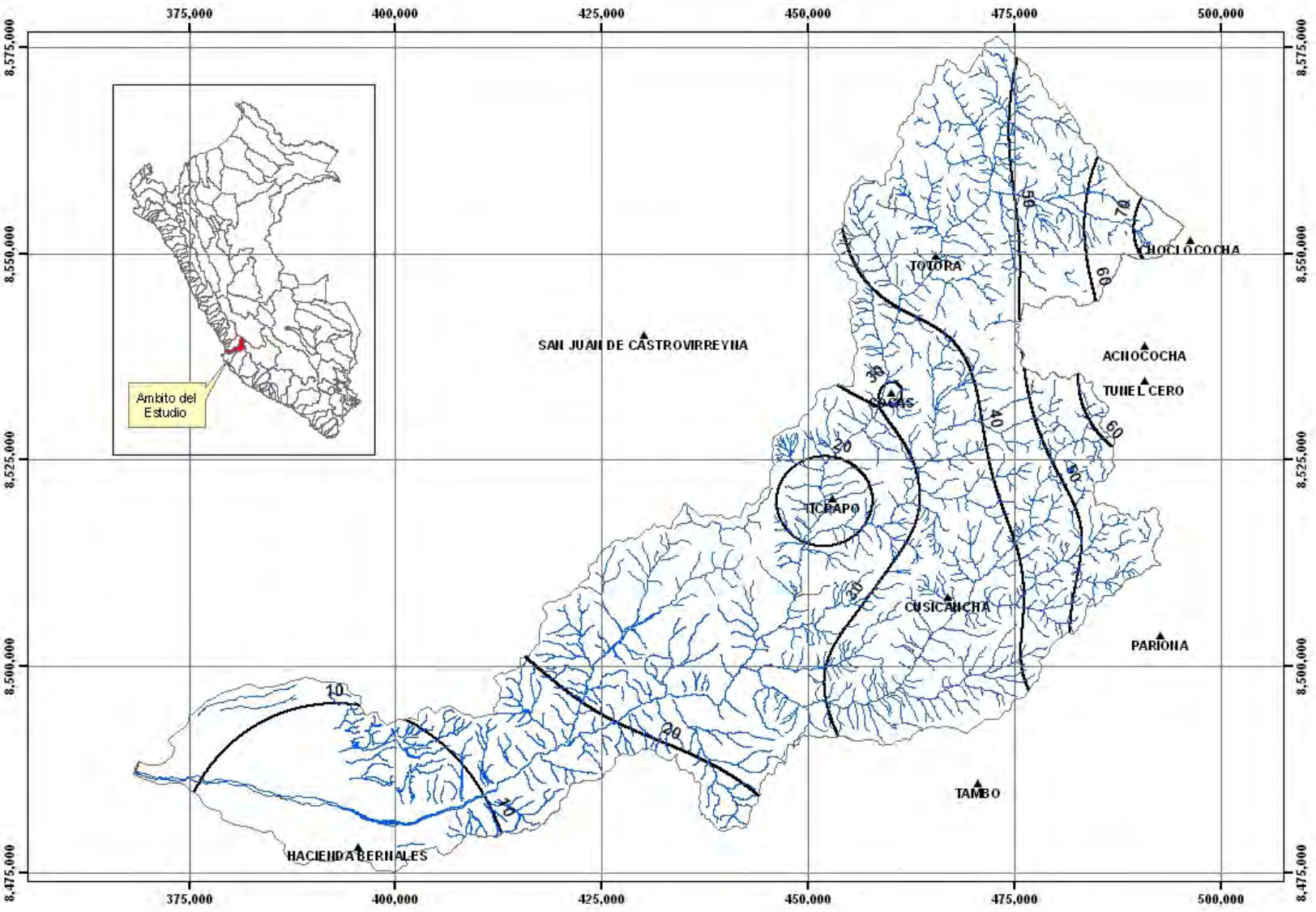


Figura Nº 3.9. Isoyeta del mes de Abril de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

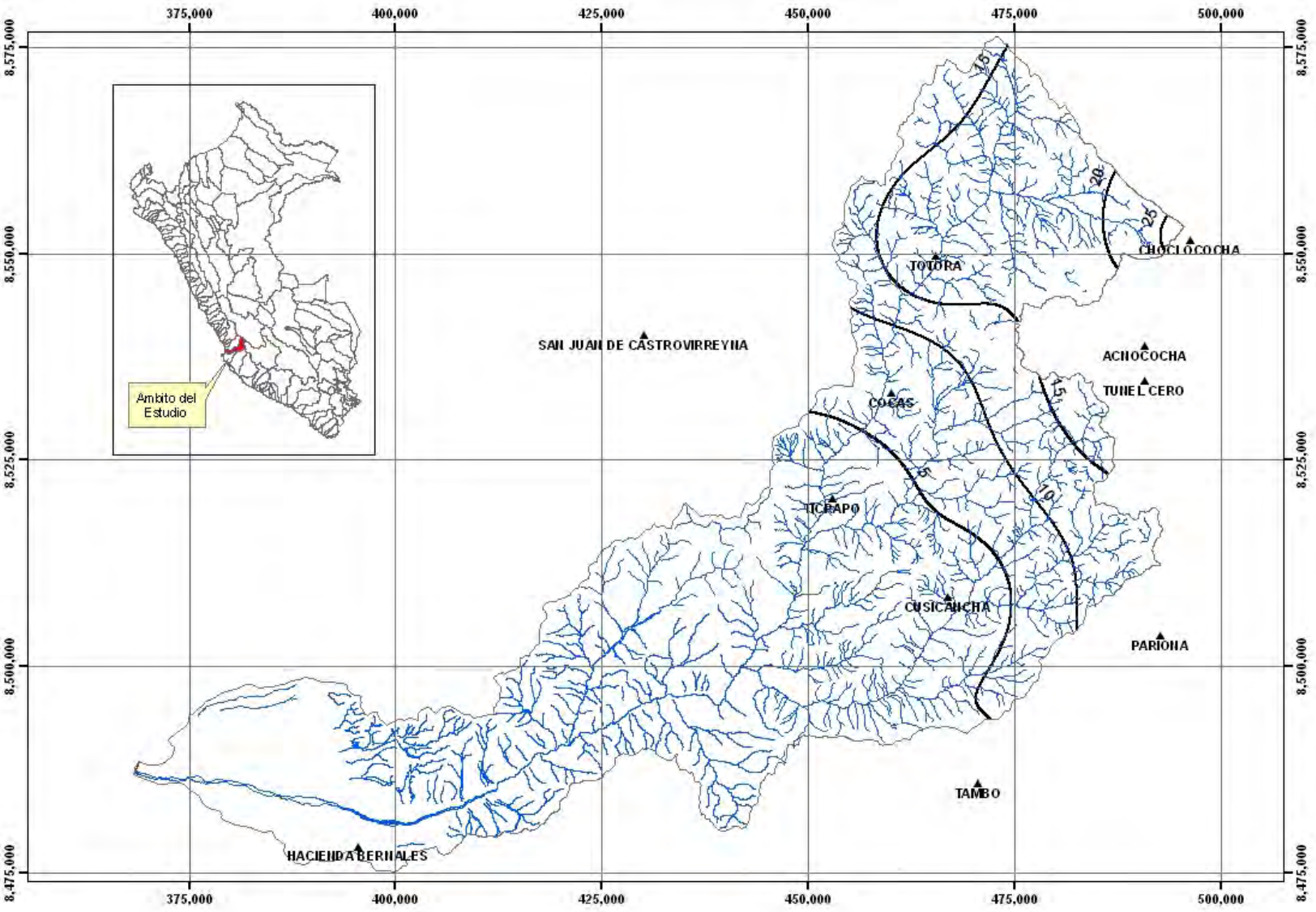


Figura Nº 3.10. Isoyeta del mes de Mayo de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

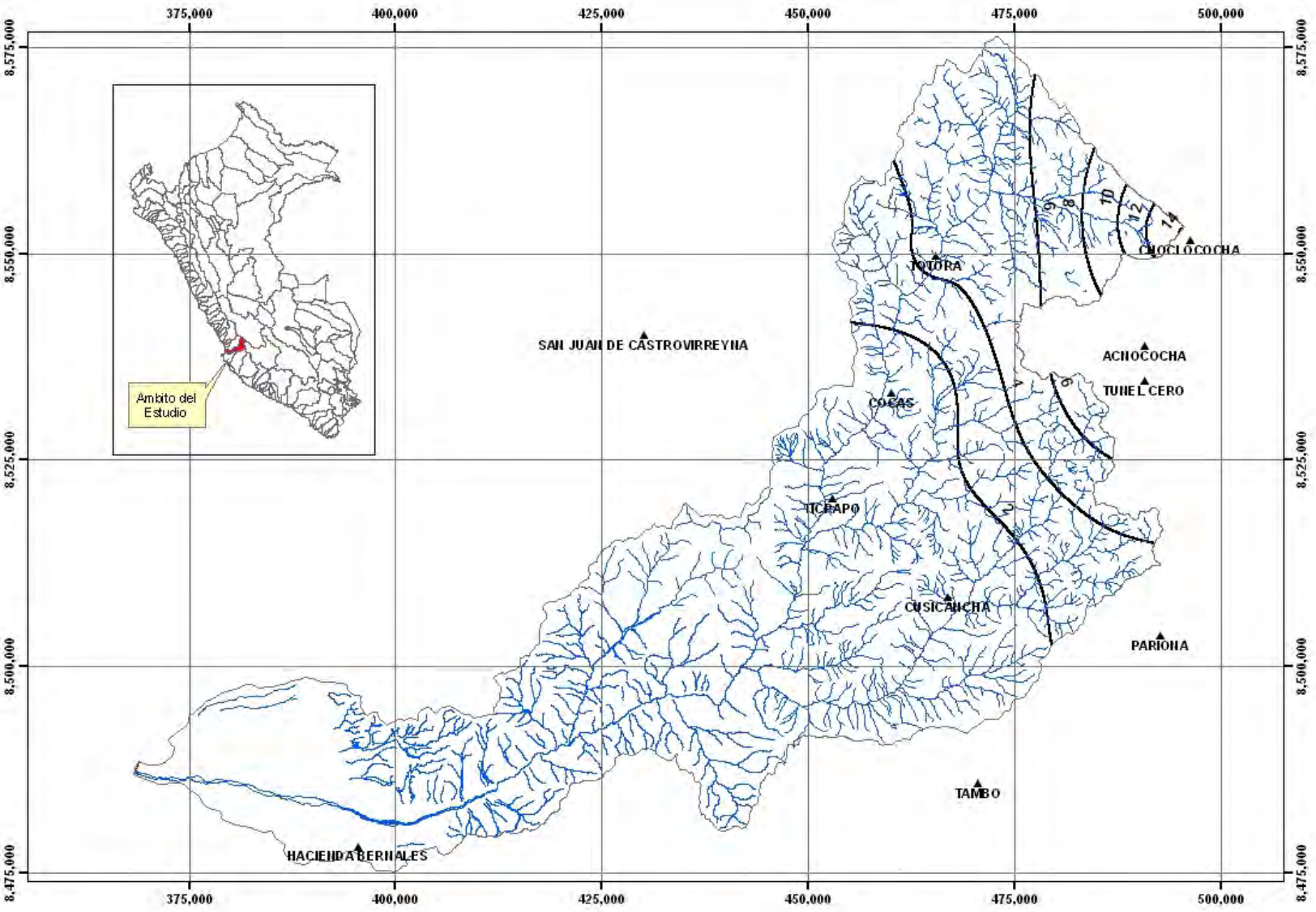


Figura Nº 3.11. Isoyeta del mes de Junio de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

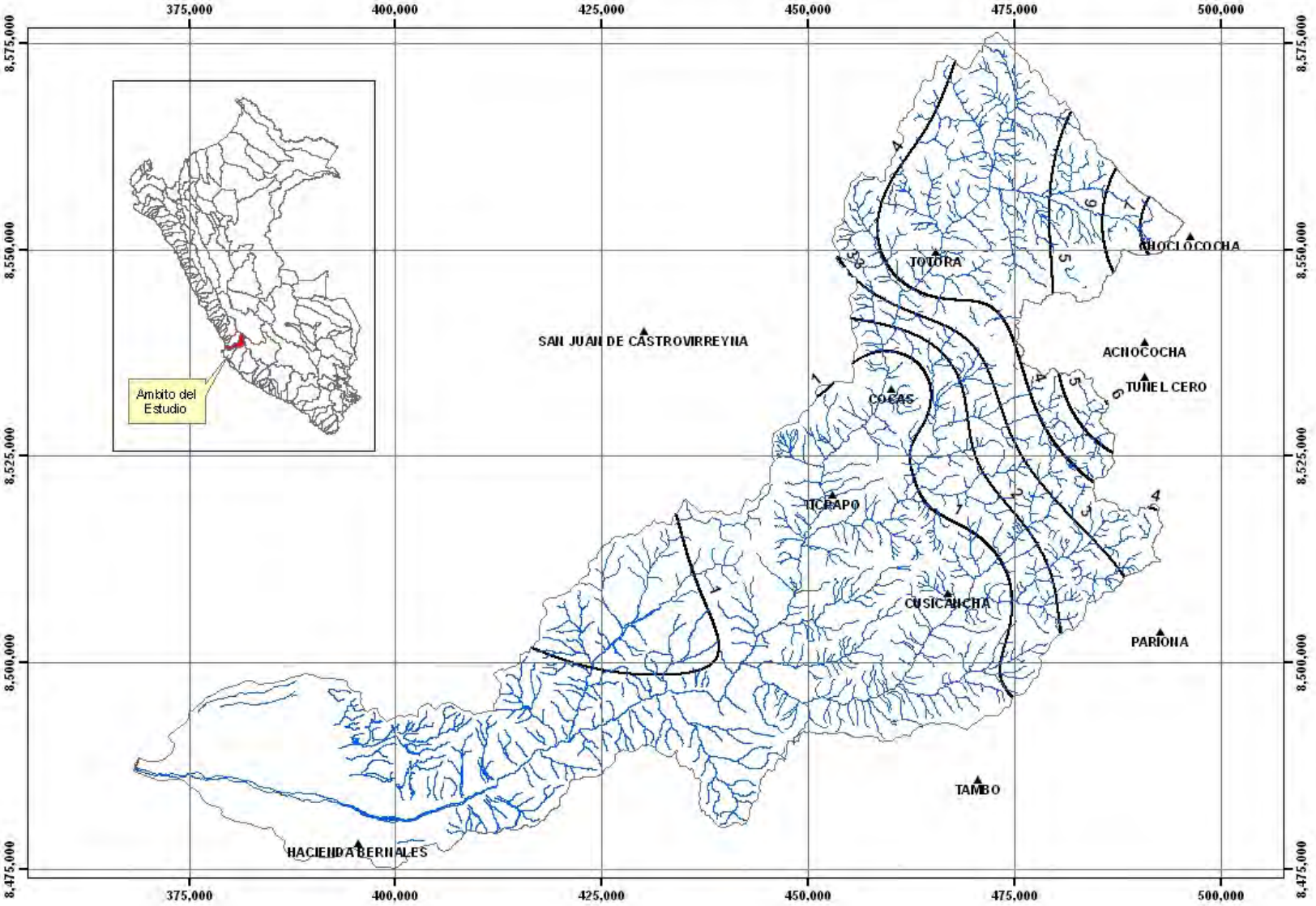


Figura Nº 3.12. Isoyeta del mes de Julio de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

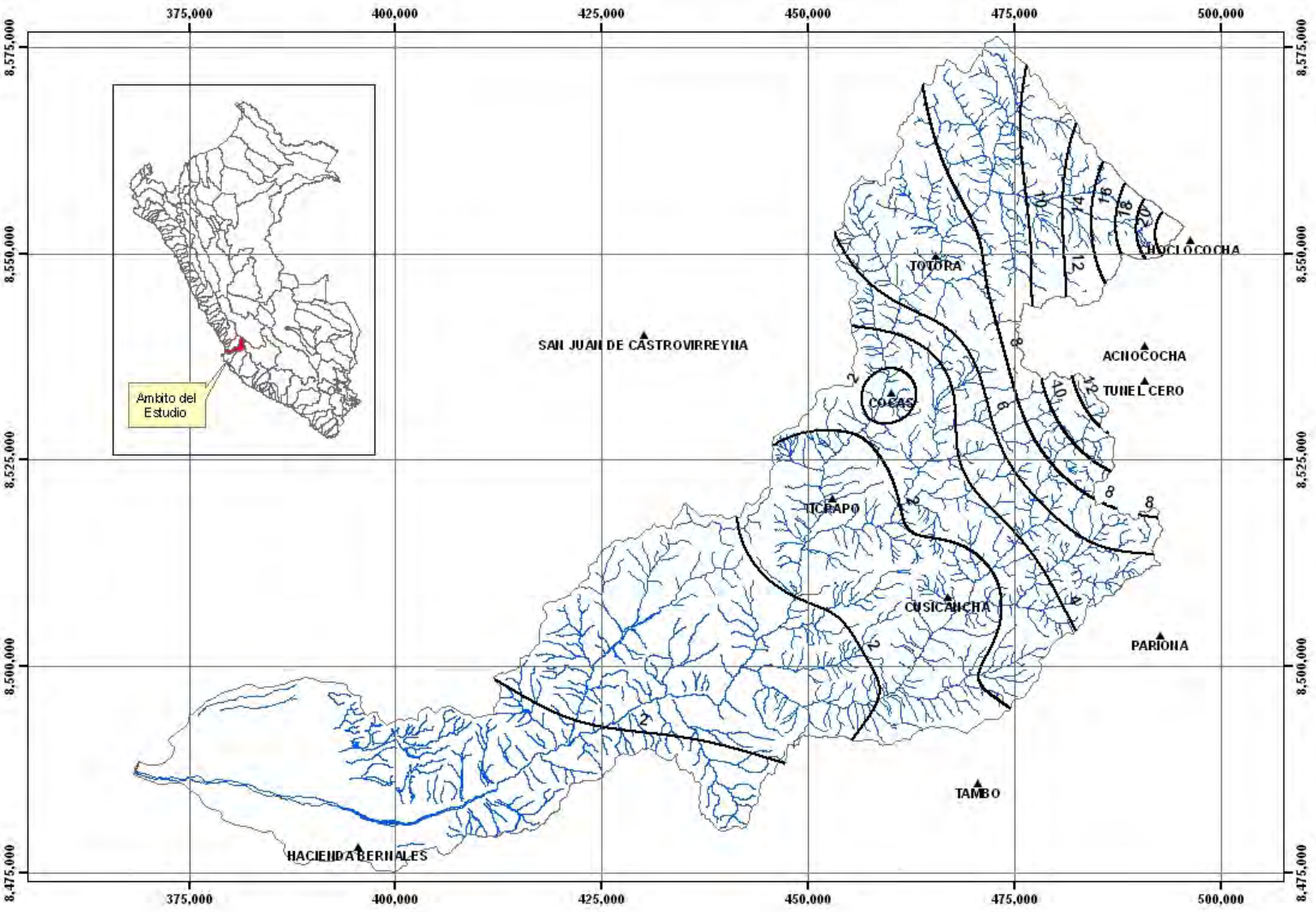


Figura Nº 3.13. Isoyeta del mes de Agosto de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

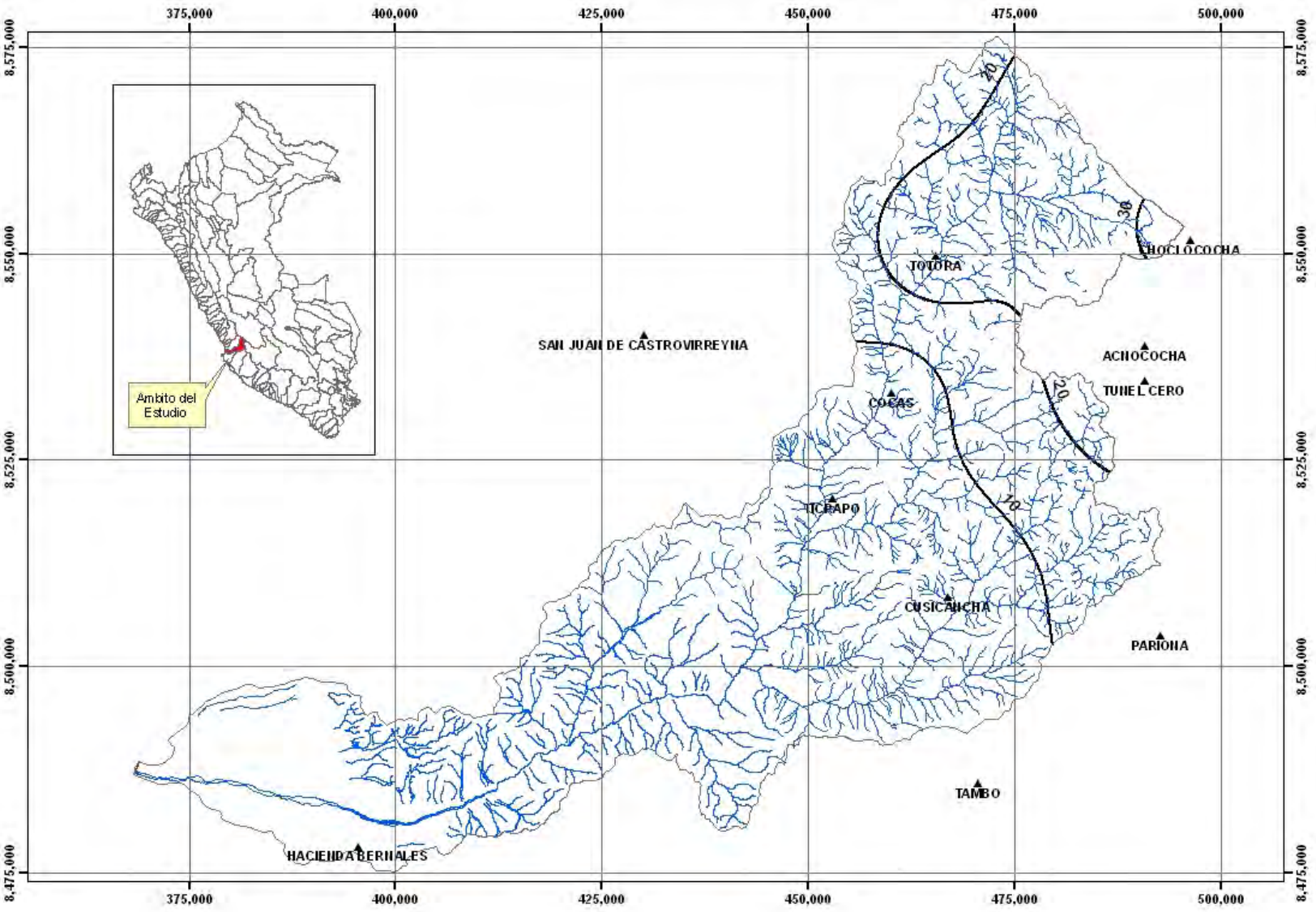


Figura Nº 3.14. Isoyeta del mes de Septiembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

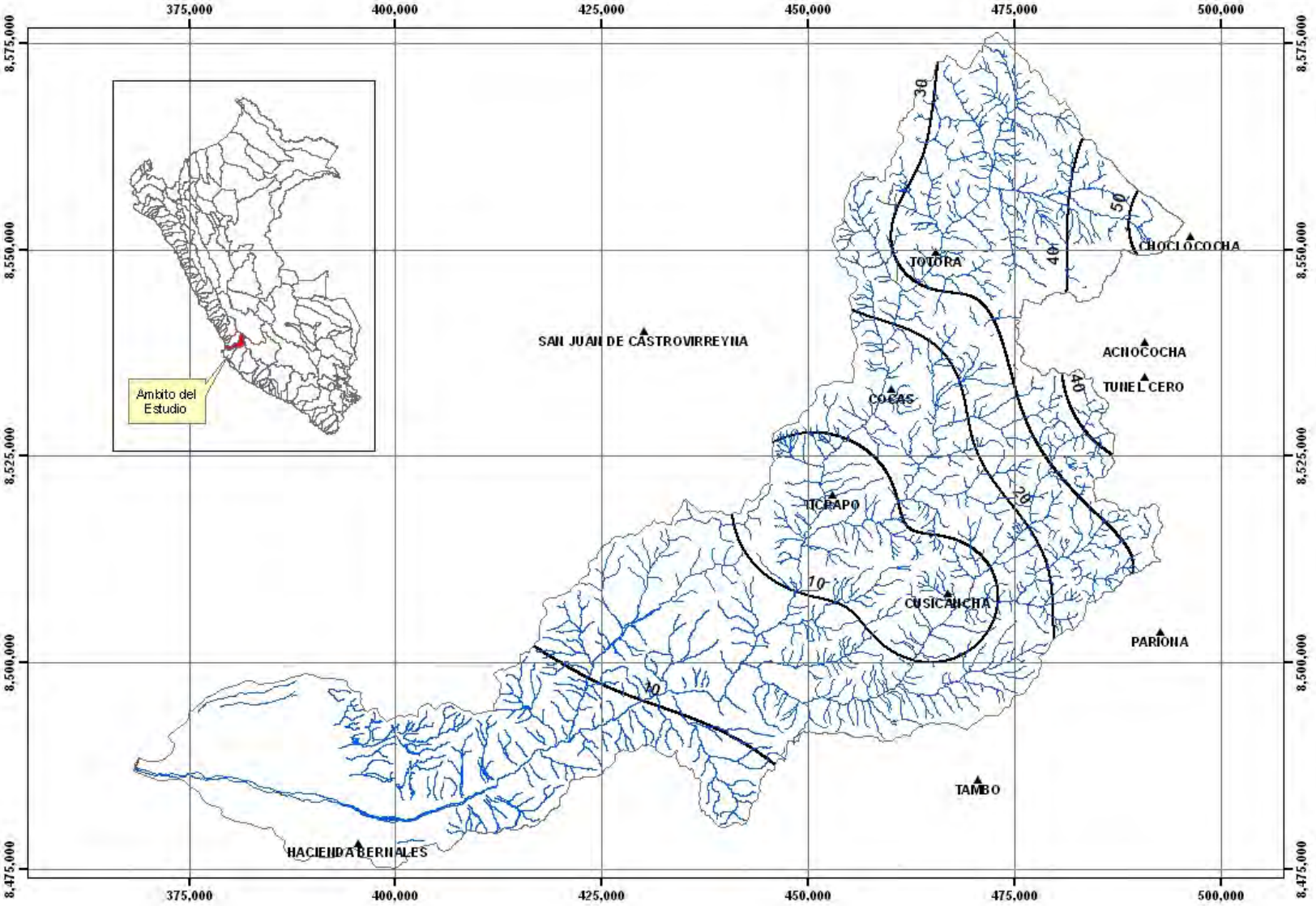


Figura Nº 3.15. Isoyeta del mes de Octubre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

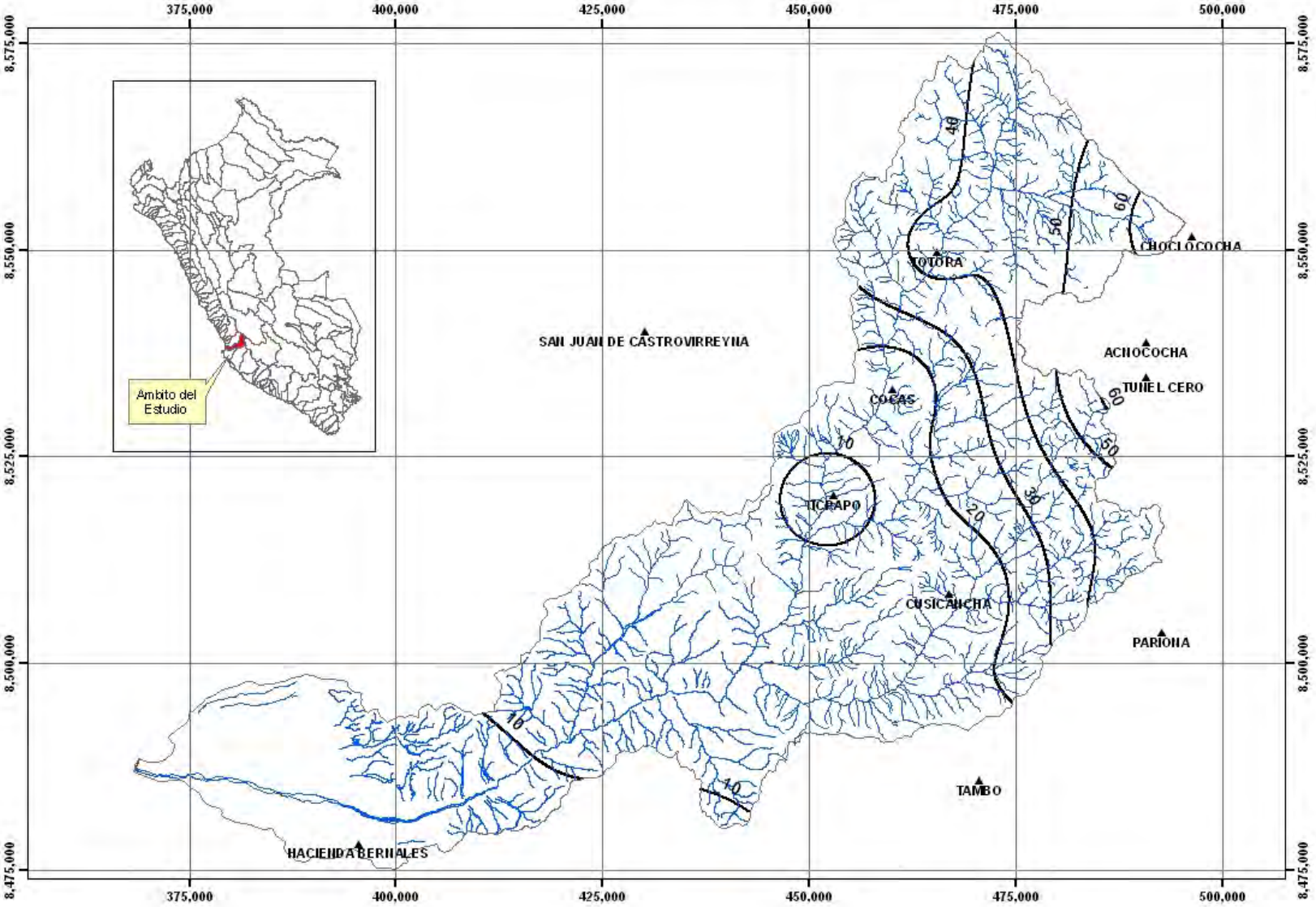


Figura Nº 3.16. Isoyeta del mes de Noviembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

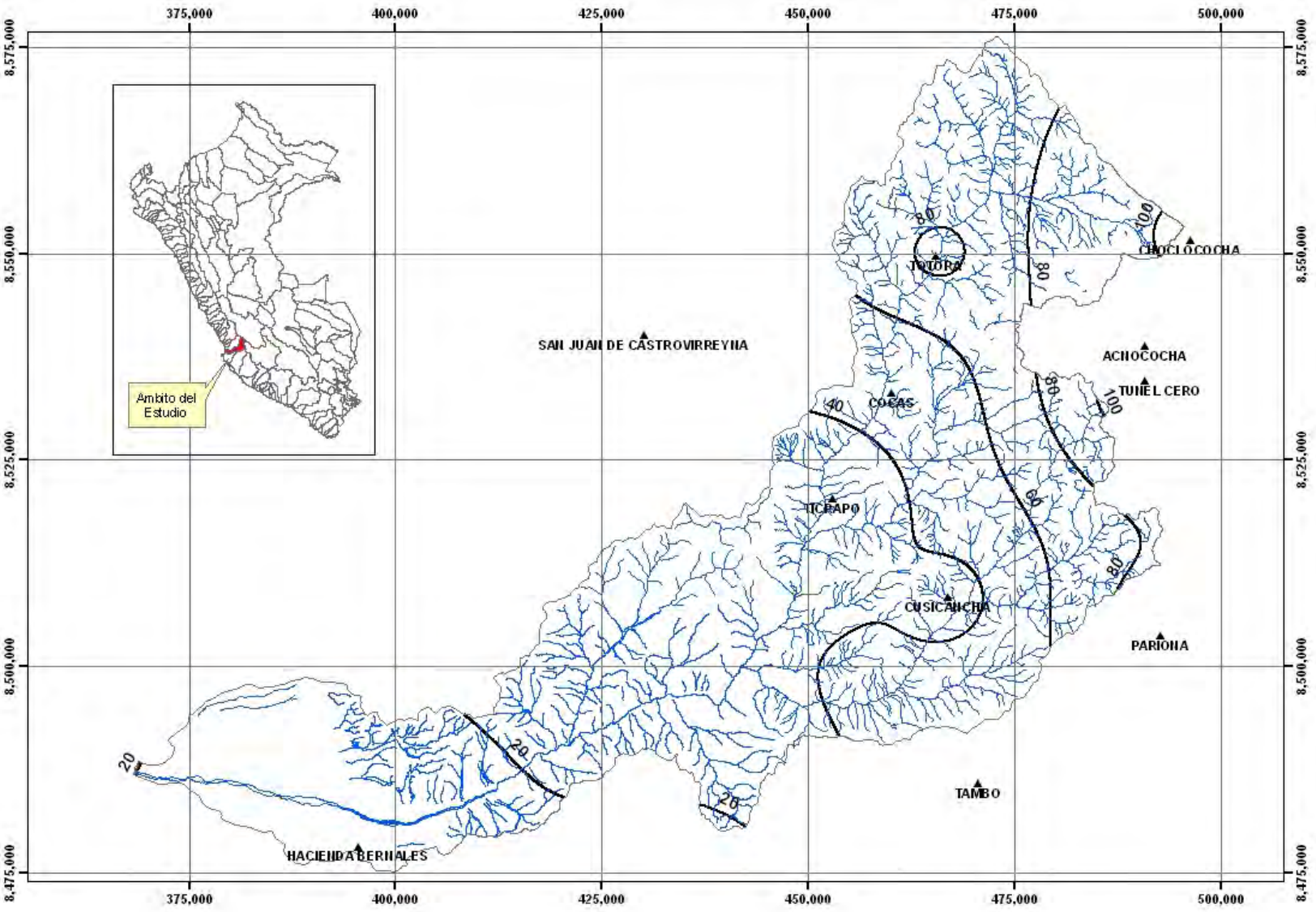


Figura Nº 3.17. Isoyeta del mes de Diciembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

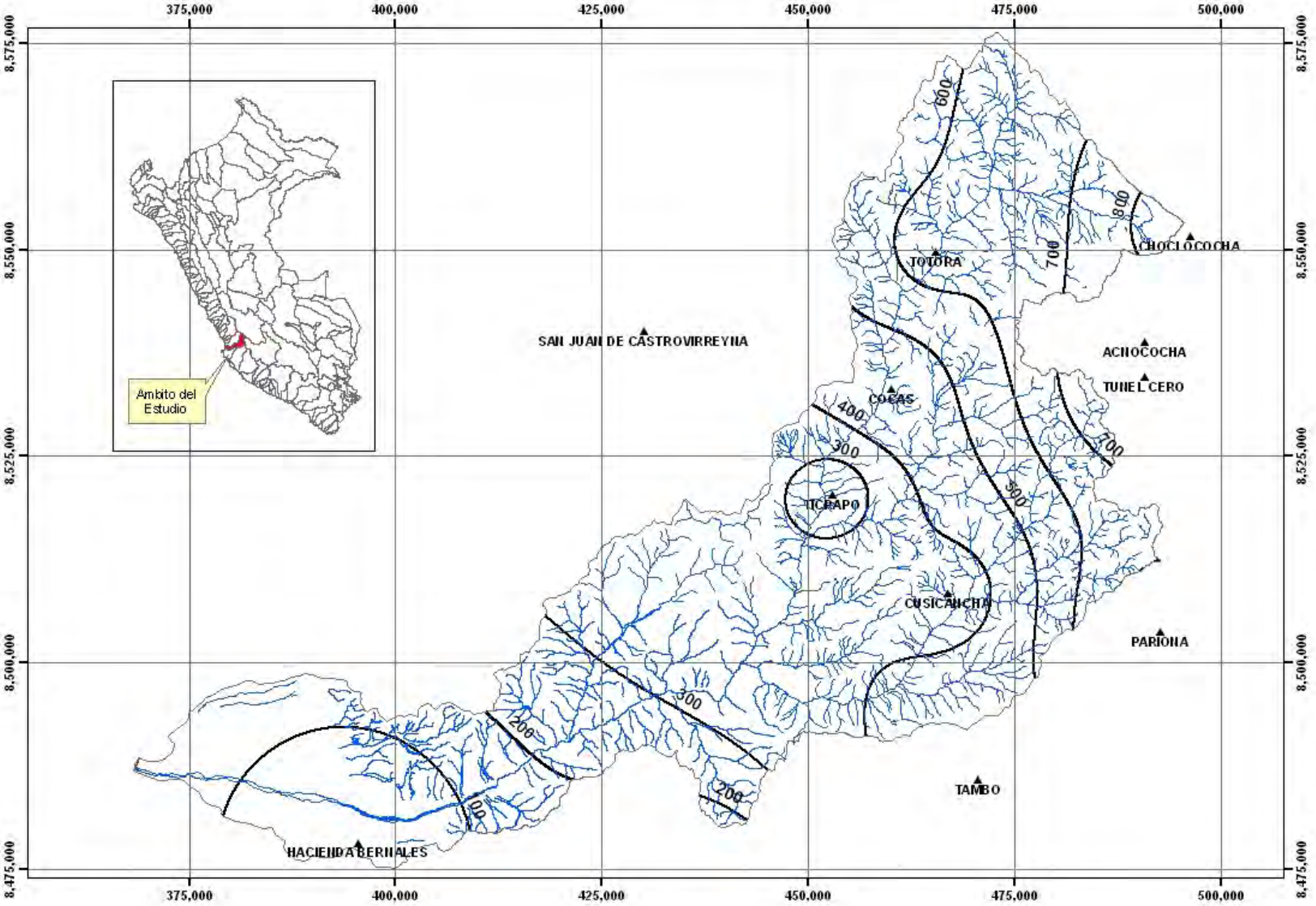


Figura Nº 3.18. Isoyeta Anual de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Pisco

3.2.2 Temperatura

La temperatura del aire y sus variaciones diarias y estaciónales son muy importantes para el desarrollo de las plantas, constituyendo uno de los factores primordiales que influyen directamente en la velocidad de su crecimiento, longitud de su ciclo vegetativo y en las fases de desarrollo de plantas perennes.

En el ámbito de la cuenca del río Pisco, esta variable climática está medida por una red de estaciones meteorológicas, las que se resumen en el Cuadro N°3.4., en este se muestra los valores medios históricos de la temperatura media mensual de las estaciones Pisco, Bernales, Huáncano, Cocas, Castrovirreyna y Acnococha, ubicadas al interior de la cuenca, y Huamaní, Acora, Túnel Cero y San Pedro de Huacarpana, para las cuencas vecinas de Ica, Pampas y San Juan.

A partir de la información mostrada en el Cuadro Nº 3.4., observamos que hay una relación inversa entre la temperatura y la altitud, esto es por el efecto de la disminución de la presión atmosférica debido a la elevación de la altitud, así mismo observamos que las temperaturas medias anuales son mayores en la estaciones de Huamani (20,5) y Huancano (20.6) y que las mínimas se presentan en las estaciones Túnel Cero (3.7) y Acnococha (2.8).

En la Figura Nº 3.19, se muestra la distribución de la Temperatura Media Mensual de las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Pisco, en donde observamos que las temperaturas medias mensuales son mayores en las estaciones de Pisco, Bernales y Huancano, y las mínimas se presenta en la estación Acnococha.

Cuadro Nº 3.4. Temperatura Media Mensual [ºC] de las estaciones de la cuenca del río Pisco y cuencas vecinas

Nº	ESTACION METEOROLOGICA	ALTITUD msnm	AÑO PROMEDIO												MEDIA ANUAL
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	PISCO	7	21.5	22.2	22.0	20.4	18.3	16.7	15.9	15.8	16.3	17.1	18.2	20.0	18.7
2	BERNALES	250	22.6	22.9	22.2	20.6	17.8	15.7	15.2	15.5	16.3	17.4	18.5	20.6	18.8
3	HUAMANI	800	23.0	23.8	23.7	22.0	20.1	17.5	16.6	17.5	18.8	19.9	20.7	22.0	20.5
4	HUANCANO	1006	22.4	22.8	22.9	22.4	20.4	18.3	17.9	18.4	19.7	20.3	20.3	21.1	20.6
5	ACORA	1800	17.2	17.4	17.8	17.3	16.7	16.2	16.5	16.6	16.8	17.3	17.2	17.5	17.0
6	COCAS	3246	10.9	11.0	10.8	11.2	11.2	11.0	11.5	11.7	11.9	12.2	12.3	12.2	11.5
7	S.P.HUACARPANA	3680	9.1	8.6	9.5	9.4	9.8	9.3	9.6	9.2	9.5	10.2	9.6	10.1	9.5
8	CASTROVIRREYNA	3956	7.8	7.3	7.1	7.4	6.7	6.3	5.9	6.1	7.1	7.0	7.1	7.0	6.9
9	TUNEL CERO	4425	4.3	4.4	4.5	4.1	3.5	2.5	2.3	2.9	3.5	4.1	4.5	4.4	3.7
10	AGNOCOCHA	4650	3.7	3.6	3.8	3.4	2.8	2.0	1.3	1.6	2.2	3.2	3.1	3.3	2.8

Fuente: Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Pisco. IRH-INRENA-MINAG, 2003

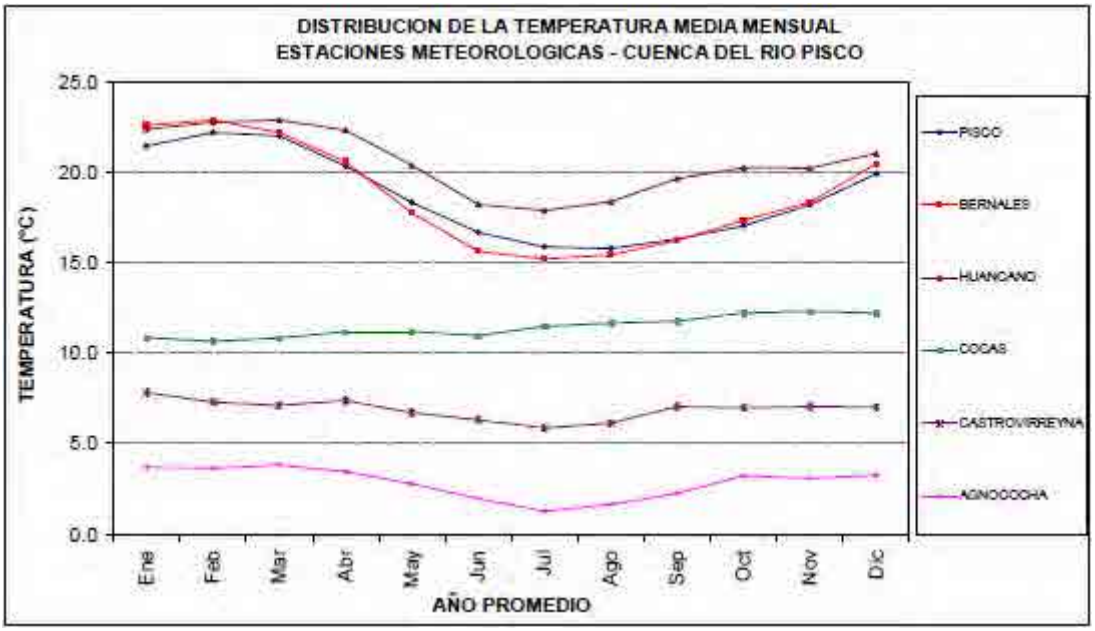


Figura Nº 3.19. Distribución de la Temperatura Media Mensual de las Estaciones Meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Pisco

Fuente: Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Pisco. IRH-INRENA-MINAG, 2003

3.3 Hidrometría

Existen 05 estaciones hidrométricas ubicadas a lo largo de la cuenca del río Pisco y sus cuencas vecinas. Estas estaciones son operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

En la Tabla No. 3.5 se muestra la lista de estaciones incluidas en el presente estudio indicándose sus principales características tales como código, nombre y ubicación.

En el Anexo se presentan los registros históricos de lluvia total mensual y los histogramas correspondientes.

Table Nº 3.5. ***Principales Características de las Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del río Pisco y cuencas vecinas***

CODIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CATEGORIA	CUENCA	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (msnm)	CONDICION	Periodo de Operación	
											INICIO	FIN
203602	LETRAYOC	HLM	PISCO	ICA	PISCO	HUANCANO	75° 43'43	13° 39'39	1304	Operativa	1922-01	2010-12
472203C0	LETRAYOC	EHA	PISCO	ICA	PISCO	HUMAY	75° 45'1	13° 40'1	1020	Operativa	2000-12	2009-05
203606	RESERVORIO LAGUNA ACNOCOCHA	HLG	PISCO	HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	SANTA ANA	75° 11'1	13° 06'1	4734	Paralizada	No Disponible	
203608	RESERVORIO LAGUNA PALCOCOCHA	HLG	PISCO	HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	CASTROVIRREYNA	75° 18'1	13° 13'1	4533	Paralizada	No Disponible	
230701	DIQUE ORCOCOCHA	HLG	PISCO	HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	CASTROVIRREYNA	75° 12'1	13° 16'1	4552	Cerrada	1968-09	1975-11

HLM = Estación Hidrométrica con mira limnimetrica. Se mide la altura de agua manualmente (06:00, 10:00, 14:00 y 1800 horas) para calcular caudales diarios.
HLG = Estación Hidrométrica con limnimetro y limnigrafo mecánico. Se mide la altura de agua en las horas de observación (06:00, 10:00, 14:00 y 1800 horas). Se registran además de manera continua (horaria) los niveles de agua en papel.
EHA = Estación Hidrométrica Automática. Se registran niveles de agua de manera horaria usando sensores.

En la Figura No 3.20 se muestra el periodo y longitud de la data disponible en las estaciones hidrométricas. En la Figura No. 3.21 se muestra su ubicación en el ámbito de la cuenca del río Pisco y cuencas vecinas.

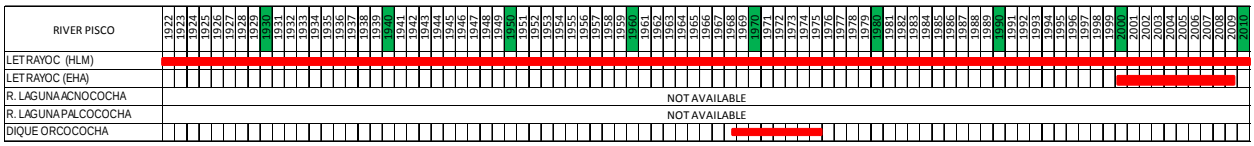


Figura Nº 3.20. Periodo y longitud de información disponible en las Estaciones Hidrométricas

Se empleará la información de la estación hidrométrica Letrayoc para la calibración del modelo hidrológico que será descrito en el ítem 4.2.4. Esta estación se ubica aguas abajo de la "porción húmeda" de la cuenca, por lo tanto los flujos registrados por esta estación son prácticamente los mismos que descargan hacia el Océano Pacífico.

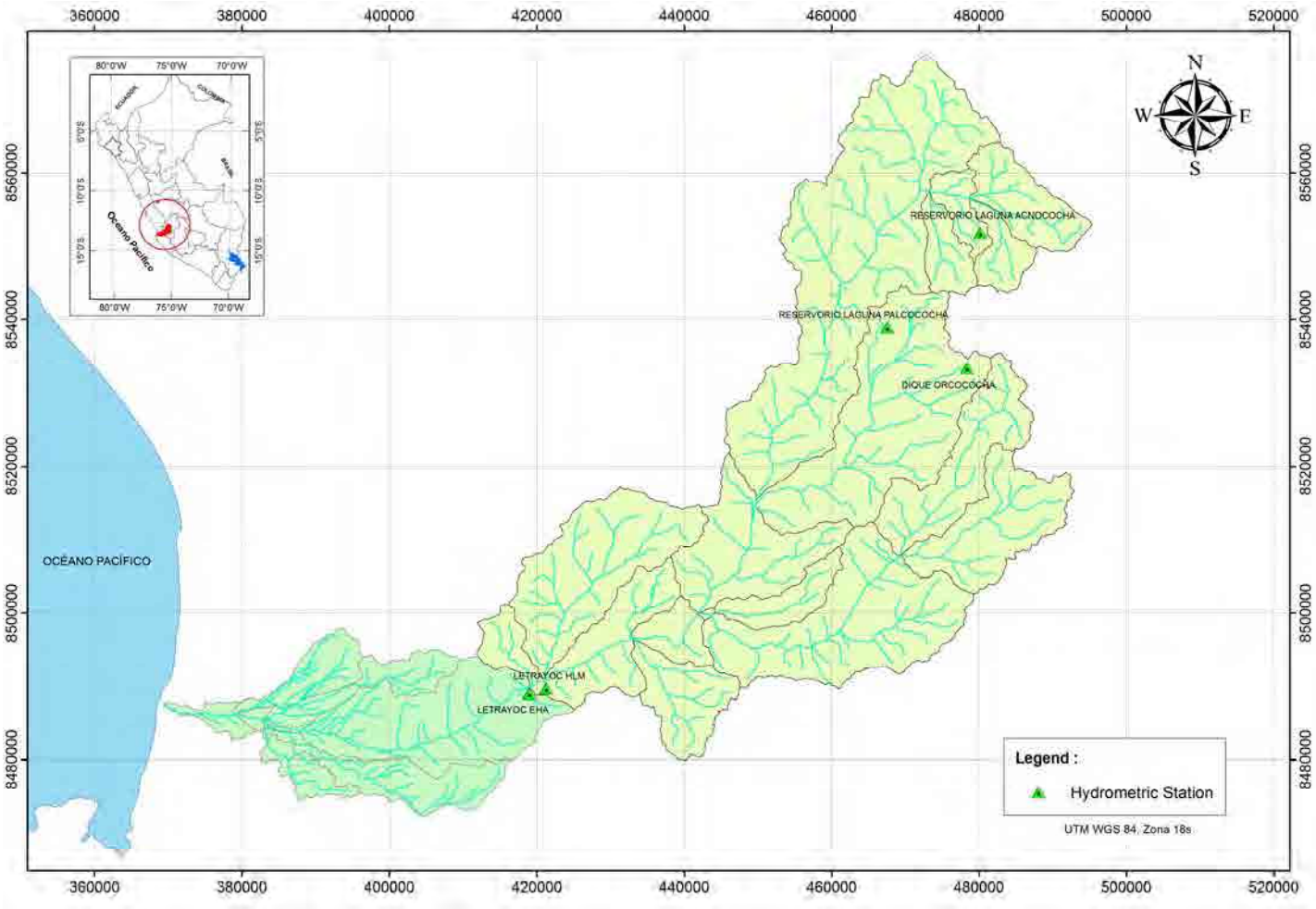


Figura Nº 3.21. Ubicación de la estación hidrométrica Letrayoc en la Cuenca del Río Pisco

3.4 Comentarios sobre la red de estaciones hidrológicas e hidrométricas de la Cuenca del Río Pisco.

3.4.1 Sobre las Estaciones Pluviométricas

Como se mencionó previamente la información pluviométrica empleada en el análisis fue proporcionada por el SENAMHI. De las 12 estaciones, 06 estaciones tienen información hasta el año 2010, 03 estaciones tienen información hasta el año 1990, 01 estación tiene información hasta el año 1989 y 01 estación tienen información hasta el año 1981.

Las estaciones con información anterior al año 1990 ya no están operativas, se presume que las estaciones restantes estan actualmente operativas. Si bien podría pensarse que la información correspondiente a estaciones que tienen información anterior a 1990 corresponde a información desfasada y no

representativa, esta información ha sido utilizada debido a que la longitud de sus registros superan los 12 años y se ha considerado que aún pueden ser utilizadas para análisis estadísticos. Todas las estaciones, fueron utilizadas para los análisis de descargas pico.

Las mediciones de lluvia se realizan empleando pluviómetros manuales, estos dispositivos acumulan la lluvia durante cierto periodo de tiempo luego del cual la lluvia acumulada es medida manualmente. En algunos casos, las lecturas se realizan una vez al día (a las 7 am); en otros casos, dos veces al día (a las 7 am y a las 7 pm), no se conoce el intervalo exacto de tiempo de las mediciones efectuadas en las estaciones usadas en el presente estudio.

3.4.2 Sobre las Estaciones Hidrométricas

Si bien las estaciones hidrométricas fueron operadas y mantenidas por SENAMHI, la información hidrométrica empeada en los análisis fue proporcionada por la Dirección General de Infraestructura Hidráulica (DGIH) del Ministerio de Agricultura.

De las 05 estaciones hidrométricas, 01 estación tiene información hasta el año 2010, 01 estación tiene información hasta el año 2009,y 01 estación tiene información hasta el año 1975, la información de las dos estaciones restantes no estuvo disponible.

Para los fines del presente estudio se empleó la información de la estación Letrayoc. En esta estación los niveles de agua se midieron leyendo el nivel en una regla graduada, las lecturas fueron transferidas a una libreta y las descargas fueron determinadas empleando una ecuación del tipo:

$$Q = aH^{b}$$

Donde Q es la descarga en m^3/s y H is la lectura en metros. Este tipo de estaciones no registran las descargas máximas instantáneas debido a que las lecturas no son continuas ni automáticas sino manuales. Se toma cuatro lecturas al día. Estas lecturas se realizan a las 6 am, 10 am, 14 pm y 18 pm. La mayor de estas lecturas es llamada máxima descarga diaria, sin embargo este valor no es la máxima descarga instantánea diaria.

3.4.3 Recomendaciones

Desde un punto de vista técnico se pueden dar las siguientes recomendaciones:

Sobre el Equipo:

- A fin de tomar en cuenta las variaciones climáticas a lo largo de la cuenca debido a efectos orográficos, se debe incrementar el número de estaciones climatológicas e hidrométricas.
- A fin de registrar los valores máximos instantáneos de lluvia y descargas, se debe automatizar la estaciones climatológicas e hidrométricas existentes.
- Se debe modernizar el equipo limnigráfico de las estaciones hidrométricas pasando de las bandas de papel convencional a las bandas de tipo digital.
- Sería deseable que la información recolectada este disponible en tiempo real.
- Se recomienda estudiar la posibilidad de establecer sistemas de alerta temprana basados en la mejora y el incremento de las estaciones hidrométricas y pluviométricas existentes.
- Para la realización de estudios complementarios se recomienda adquirir:
  - Equipo de muestreo de sedimentos.
  - Equipo para la medición de parámetros físicos de calidad de agua (pH, OD, turbidez y temperatura).
- Establecimiento de Bench Mark (BM) para estaciones climatológicas e hidrométricas usando GPS diferenciales. Esta información será útil para reponer la estación en caso de destrucción por vandalismo o desastres naturales.

Sobre la Operación y Mantenimiento del Equipo

- Las estaciones climatológicas e hidrometrícas en el área de estudio deben ser inspeccionadas frecuentemente.
- El mantenimiento del equipo debe estar a cargo de técnicos calificados certificados por los fabricantes.
- Se deben hacer calibraciones periodicas de los equipos en función del número de horas de uso.

Sobre la Calidad de los Datos Medidos

- Los datos tomados manualmente por los operadores de SENAMHI deben ser verificados independientemente.
- A fin de garantizar la calidad de la información recolectada en años previos, el gobierno debería implementar un programa de verificación de la información recolectada.
- Se debería instalar estaciones duplicadas en determinadas ubicaciones a fin de comparar las lecturas obtenidas en ambos equipos y verificar la calidad de la información obtenida.

- Cuando se tengan disponibles estaciones automáticas, se deberí a verificar la consistencia de sus lecturas instalando estaciones manuales y comparando las lecturas de ambas estaciones.

Es necesario mencionar que actualmente existe un acuerdo entre la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el SENAMHI a fin de proveer de equipamiento a las estaciones climatológicas operadas por SENAMHI mediante financiamiento externo. Se recomienda tomar acciones a fin de incluir a la cuenca del río Pisco en este acuerdo.

IV. HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS

4.1 Consideraciones Previas

En este capitulo se describe la metodología de trabajo desarrollada para la generación de los caudales de avenida en el denominado Punto Base (punto de interés, estación Letrayoc), para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

La estimación de las descargas máximas se ha realizado a partir de la información de precipitación máxima de 24 horas mediante un modelo precipitación – escorrentía, utilizando el Software HEC-HMS. El modelo ha sido calibrado mediante los registros históricos de caudales máximos diarios anuales de la estación Letrayoc.

Reconocimiento de Campo:

El reconocimiento de campo ha comprendido una revisión de las características generales de la estación hidrométrica Letrayoc y del punto base (punto de interés, en donde se estimara las descargas máximas), de las principales características topográficas y del uso de suelo de la cuenca vertiente a la zona de estudio, lo cual ha servido de apoyo para la definición de algunos parámetros a considerar para la generación de los caudales de avenida.

Metodología y Procedimiento:

La metodología y procedimiento empleado para la estimación de las descargas máximas, se resume a continuación:

- Identificación y delimitación de la subcuenca vertiente al punto de interés (Estación Letrayoc), que ha sido realizada en base a las Cartas a escala 1:100000 y/ó 1:25000 e imágenes satelitales.

- Selección de estaciones pluviométricas existentes en el área del estudio y recopilación de registros históricos de precipitación máxima en 24 horas.

- Análisis de frecuencias de las precipitaciones máximas en 24 horas para cada estación y selección de la función de distribución con mejor ajuste.

- Cálculo de la precipitación areal de la cuenca vertiente al punto de interés a partir de los mapas de isoyetas elaborados para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

- Determinación de la precipitación máxima para una duración de tormenta no menor al tiempo de concentración; (tiempo en el cual toda la cuenca aporta a la descarga) mediante el modelo Dick y Peschke.

- Mediante el modelo precipitación escorrentía se generan los caudales de Avenida para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, utilizando el software HEC – HMS, se modelo la cuenca mediante los siguientes pasos:

  - A partir de la serie histórica de caudales máximos diarios anuales se calcula mediante métodos estadísticos la Ley de frecuencia de caudales.

  - Calibración del modelo precipitación escorrentía, con la ley de frecuencia de caudales.

4.2 Caracterización Hidrológica, Análisis de la Información Pluviométrica e Hidrométrica

4.2.1 Caracterización Hidrológica

Las características geomorfológicas de la cuenca al punto base (estación Letrayoc) se muestra en el Cuadro Nº 4.1.

Cuadro Nº 4.1. Características Geomorfológicas de la cuenca en el Punto Base (estación Letrayoc)

Característica	Valor
Área de la Cuenca (km2)	3,096.000
Longitud Max. De Recorrido (km)	113.400
Cota Mayor (msnm)	4,758.000
Cota Menor (msnm)	630.000
Pendiente (m/m)	0.036

4.2.2 Análisis de Precipitaciones Máximas en 24 Horas

En el Cuadro Nº 3.1 y Figura Nº 3.3. se muestra las estaciones ubicadas en el ámbito del estudio (cuenca del río Pisco y cuencas vecinas), las precipitaciones máximas en 24 horas anual de estas estaciones se muestra en el Cuadro Nº 4.2 y la información diaria y máxima en 24 horas se muestra en el Anexo.

De la información mostrada en el Cuadro Nº 4.2 y observando la Figura Nº 3.3 concluimos que las estaciones están distribuidas en todo el ámbito del estudio y que el periodo de información es mayor de 10 años, por lo que en los posteriores análisis se utiliza la información de todas las estaciones.

Cuadro Nº 4.2. Precipitación Máxima en 24 Horas Anual de las Estaciones ubicadas en el Ámbito del Estudio

Año	Estaciones											
	ACNOCOCHA	CHOCLOCOCHA	COCAS	CUSICANCHA	PARIONA	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	TAMBO	TICRAPO	TOTORA	TUNEL CERO	HACIENDA BERNALES	HUAMANI
1960												
1961												
1962												
1963												
1964			19.80					21.50				
1965			21.60				35.00	20.70				
1966			20.20	18.70				12.60	15.00			
1967			36.00	23.50		20.10		24.40	24.00			25.50
1968				12.30			24.00	10.00	20.00			0.00
1969				23.00				35.80	22.00			1.60
1970			22.10	25.30		33.30	13.30	40.20	23.00			33.50
1971	32.30		29.40	28.60		13.70	18.20	28.40	21.00	30.70		1.70
1972	29.20		30.80	26.90	40.01	28.00	30.70	32.00	27.00	28.20	29.50	18.80
1973	24.60		36.80	13.10	37.80	23.00			25.00	34.60	1.60	2.11
1974	31.10		20.60	9.70	36.90	12.10	21.00	14.00	22.00	24.20	0.00	4.11
1975	24.10	27.40	22.40	6.60	39.10	17.00	42.40	19.50	19.00	29.20	0.00	23.00
1976	26.40	36.10	21.40	6.60	34.40	17.20	40.00		20.00	22.80	20.80	12.50
1977	26.90		20.60	24.20	29.70	15.50	20.50	24.00	25.00	31.30	0.00	0.00
1978	28.10	22.90	14.40	20.00	20.61	7.80	32.00	5.40	20.01	19.50	0.60	0.00
1979	22.30	15.40	27.40		25.40	21.60	20.40	18.00	25.01	33.20	0.00	0.20
1980	23.00	14.80		19.00	44.40	40.00	21.20		35.00	27.30	0.00	0.30
1981	22.60	13.50		20.00	28.50		25.60	33.00	29.00	35.90		0.00
1982	32.10			10.10		17.10	15.70	10.90	29.01	52.20		0.00
1983	30.10	26.50		5.00		28.00	35.00	30.00	24.01		0.00	0.00
1984	28.70			20.00		24.00	40.00	20.80	37.01	38.30	0.00	0.40
1985	26.50	19.00		11.00	26.50	11.50	30.00	18.00	30.00	22.70	0.00	7.50
1986	29.20	36.00				14.70	30.00		27.00	35.30	0.00	
1987	22.40	24.40			14.80	12.30	20.00		13.01	23.10	0.00	0.00
1988	26.90	39.10			28.00	13.50	17.00			27.80	0.00	
1989	20.30					31.80	36.70			31.90	0.00	0.00
1990		39.50				13.10	29.00			54.50	0.00	
1991				21.00		11.00	40.00				0.00	0.00
1992												
1993		39.30		29.00		13.70				36.50	0.00	
1994		37.30		17.80		12.30	22.00			30.50	0.00	
1995		28.10		14.30		12.00	43.20			26.20	0.00	
1996		35.90		10.80		19.20	42.00			27.30	0.00	
1997		67.50		22.20		10.50	30.00			21.60	0.00	
1998		55.50		42.00		37.90	40.00			25.10	0.00	
1999		34.40		25.70		25.00	23.00			26.10	0.50	
2000		38.00		20.10		18.80	26.00				0.30	2.50
2001		29.30		28.40		23.20	16.00			29.60	1.30	2.20
2002		30.70				19.51				23.70	0.50	3.10
2003		57.70		18.90		10.50	22.00			27.40	0.02	2.70
2004		45.00		9.90		10.30	16.00			28.70	0.40	0.01
2005		36.10		12.40		16.10	27.00			47.80	4.60	13.00
2006		36.70		27.70		21.40	38.00			25.00	3.20	4.21
2007				18.80		18.40	16.50			35.80		0.01

2008		24.60		20.60		14.50	26.00			28.60	5.10	6.20
2009		58.40		19.20		17.20	38.00			36.20	1.30	8.30
2010												

En la Figura Nº 4.1 se muestra las estaciones consideradas para los siguientes análisis que van ser aplicado en el software HEC-HMS.

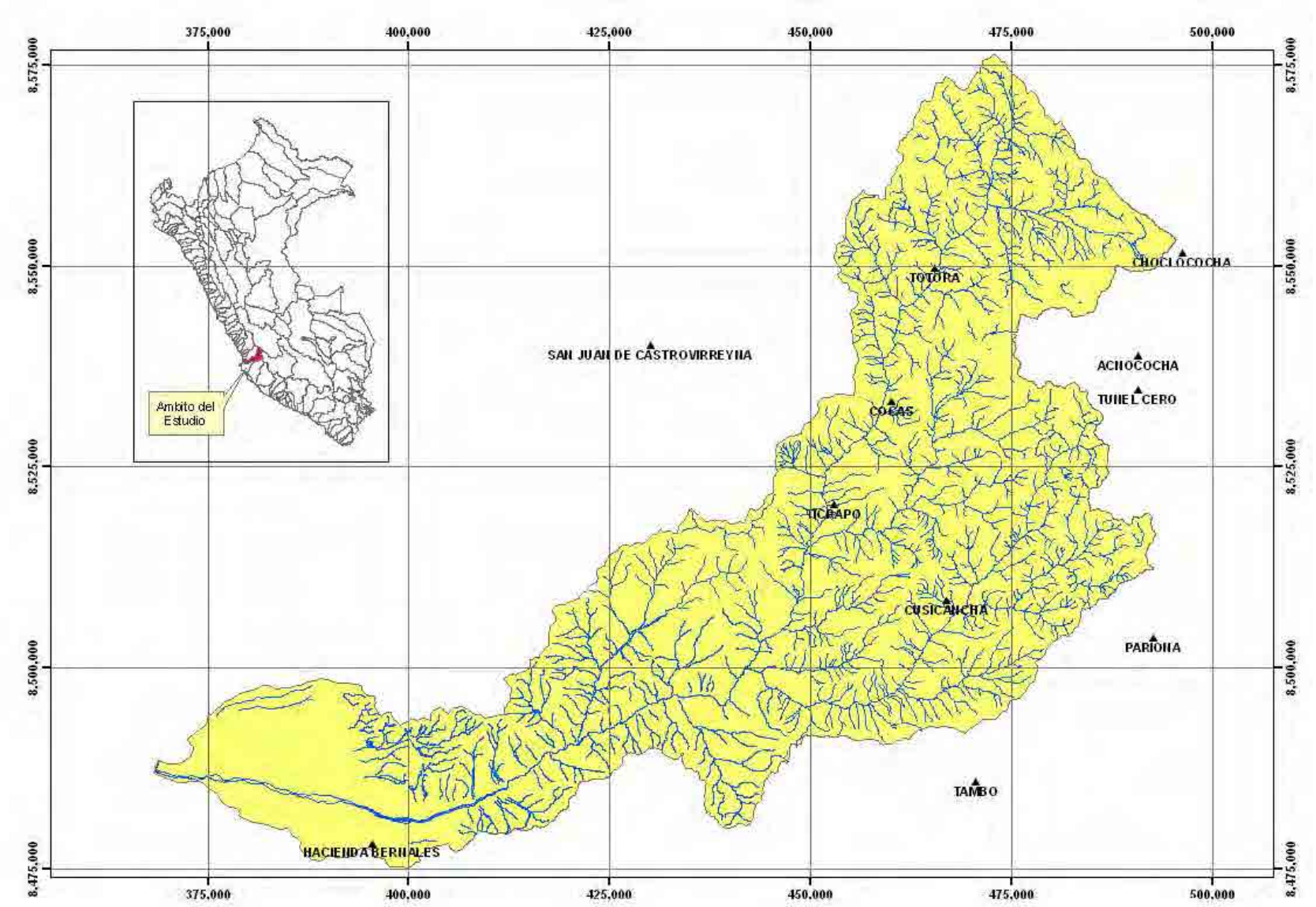


Figura Nº 4.1. Estaciones Pluviométricas consideradas para la aplicación del Software HEC-HMS

Cada serie de precipitación máxima anual de las doce (12) estaciones pluviométricas seleccionadas van ser ajustadas a un tipo de distribución, por lo que a continuación se describe las funciones de distribución mas comunes que se aplica a los estudios hidrológicos de eventos extremos.

4.2.2.1 Funciones de Distribución

A continuación se describe las funciones de distribución:

1. Distribución Normal ó Gaussiana

   Se dice que una variable aleatoria X, tiene una distribución normal, si su función densidad es,

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

   Para $-\infty < x < \infty$

   Donde:

   f(x) = Función densidad normal de la variable x.

   x = Variable independiente.

   X = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

   S = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

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

2. Distribución Log – Normal de Dos Parámetros

   Cuando los logaritmos, ln(x), de una variable x están normalmente distribuidos, entonces se dice que la distribución de x sigue la distribución de probabilidad log – normal en que la función de probabilidad log – normal f(x) viene representado como:

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

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

Donde:

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

3. Distribución Log – Normal de Tres Parámetros

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

La función de densidad, de la distribución log – normal de tres parámetros, es:

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

Para $x_o \leq x < \infty$

Donde:

x_o = Parámetro de posición en el dominio x.

μ_y, = Parámetro de escala en el dominio x.

σ_y^2 = Parámetro de forma en el dominio x

4. Distribución Gamma de Dos Parámetros

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

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

Para

$0 \leq x < \infty$

$0 < y < \infty$

$0 < \beta < \infty$

Siendo:

γ = Parámetro de forma (+)

β = Parámetro de escala (+)

$\Gamma_{(\gamma)}$ = Función gamma completa, definida como:

$\Gamma_{(\gamma)} = \int x^{\gamma-1} e^{-x} dx$, que converge si $\gamma > 0$

5. Distribución Gamma de Tres Parámetros o Pearson Tipo III

La distribución Log Pearson tipo 3 (LP3) es un modelo muy importante dentro de la hidrología estadística, sobre todo, luego de las recomendaciones del Consejo de Recursos Hidráulicos de los Estados Unidos (Water Resources Council – WRC), para ajustar la distribución Pearson tipo 3 (LP3) a los logaritmos de las máximas avenidas. Pues, la distribución LP3, es una familia flexible de tres parámetros capaz de tomar muchas formas diferentes, por consiguiente es ampliamente utilizado en el modelamiento de series anuales de máximas avenidas de los datos no transformados.

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

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

Para

$x_0 \leq x < \infty$

$-\infty < x_0 < \infty$

$0 < \beta < \infty$

$0 < \gamma < \infty$

4.2.2.2 Calculo de Ajuste y Periodo de Retorno para las Precipitaciones Máximas en 24 Horas

El análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas de cada estación (ver Cuadro Nº 4.2) se ha efectuado con el Software Hidrológico de Eventos Extremos "CHAC" (Software elaborado por el CEDEX – España), este software calcula la precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno considerando las funciones de distribución de probabilidades como: la Normal, la Log – Normal de 2 ó 3 parámetros, la Gamma de 2 ó 3 parametros, la Log – Pearson III, la Gumbel, la Log – Gumbel y Valores Extremo Generalizados.

La información generada para cada función de distribución se elije la de que tiene mejor ajuste mediante la prueba de bondad de Kolmogórov – Smirnov y los periodos de retorno considerados para el presente estudios es de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

4.2.2.3 Selección de Distribución Teórica con mejor Ajuste a la Serie de Precipitaciones Máximas en 24 Horas

Según el análisis efectuado con el software CHAC observamos que los datos se ajustan a la función de distribución de Valores Extremos Generalizados (GEV), según el coeficiente de distribución, ver Cuadro Nº 4.3. Los valores de cada estación pluviométrica y para cada periodo de retorno se muestran en el Cuadro Nº 4.4.

Cuadro Nº 4.3. Coeficiente de Determinación para cada Función de Distribución y para cada Estación Pluviométrica

Estacion	Coeficiente de Determinación para cada Función de Distribución				
	Log Pearson III	GEV	SQRT	Gumbel	Log-Normal
Acnococha	0.88	0.97	0.91	0.90	0.87
Choclococha	0.80	0.95	0.88	0.90	0.93
Cocas	0.82	0.95	0.89	0.93	0.92
Cusicancha	0.88	0.93	0.92	0.92	0.90
Pariona	0.93	0.94	0.90	0.89	0.89
San Juan de Castrovirreyna	0.93	0.95	0.94	0.93	0.89
Tambo	0.95	0.96	0.92	0.92	0.91
Ticrapo	0.96	0.96	0.94	0.92	0.89
Totora	0.90	0.93	0.90	0.89	0.91
Tunel Cero	0.92	0.93	0.90	0.92	0.90
Hacienda Bernales	0.89	0.93	0.88	0.90	0.89
Huamani	0.83	0.90	0.88	0.88	0.87

Cuadro Nº 4.4. Precipitaciones Máxima en 24 Horas de cada Estación Pluviométrica y para cada Periodo de Retorno

NOMBRE DE ESTACION	PERIODO DE RETORNO T [AÑOS]						
	PT_2	PT_5	PT_10	PT_25	PT_50	PT_100	PT_200
ACNOCOCHA	27.0	30.0	32.0	34.0	35.0	36.0	37.0
CHOCLOCOCHA	30.0	43.0	51.0	60.0	66.0	71.0	76.0
COCAS	22.0	30.0	34.0	38.0	40.0	42.0	43.0
CUSICANCHA	19.0	26.0	29.0	33.0	35.0	37.0	39.0
HACIENDA BERNALES	0.0	1.0	3.0	6.0	11.0	19.0	34.0
HUAMANI	2.0	7.0	13.0	25.0	39.0	61.0	93.0
PARIONA	33.0	40.0	43.0	46.0	48.0	49.0	50.0
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	17.0	23.0	29.0	36.0	42.0	49.0	56.0
TAMBO	26.0	35.0	40.0	46.0	49.0	52.0	55.0
TICRAPO	20.0	31.0	37.0	45.0	50.0	55.0	60.0
TOTORA	24.0	29.0	32.0	36.0	38.0	40.0	42.0
TUNEL CERO	29.0	36.0	41.0	48.0	54.0	61.0	67.0

Con la información mostrada en el Cuadro Nº 4.4., y con la herramienta IDW (Inverse Distance Weighted) de Interpolate to Raster del modulo Spatial Analyst del software ArcGIS se ha generado la distribución espacial de la precipitación para cada periodo de retorno.

Para la generación de los mapas de isoyetas se ha empleado la herramienta Contour de Surface Analysis del modulo Spatial Analyst del software ArcGIS, cuyos resultados se muestra en las Figuras Nº 4.2. al 4.7.

A partir de los mapas de isoyetas para cada periodo de retorno se ha estimado la precipitación máxima para el área de la cuenca delimitada para el Punto Base (Estación Letrayoc), la metodología y los resultados se describe en el ítem 4.2.2.4.

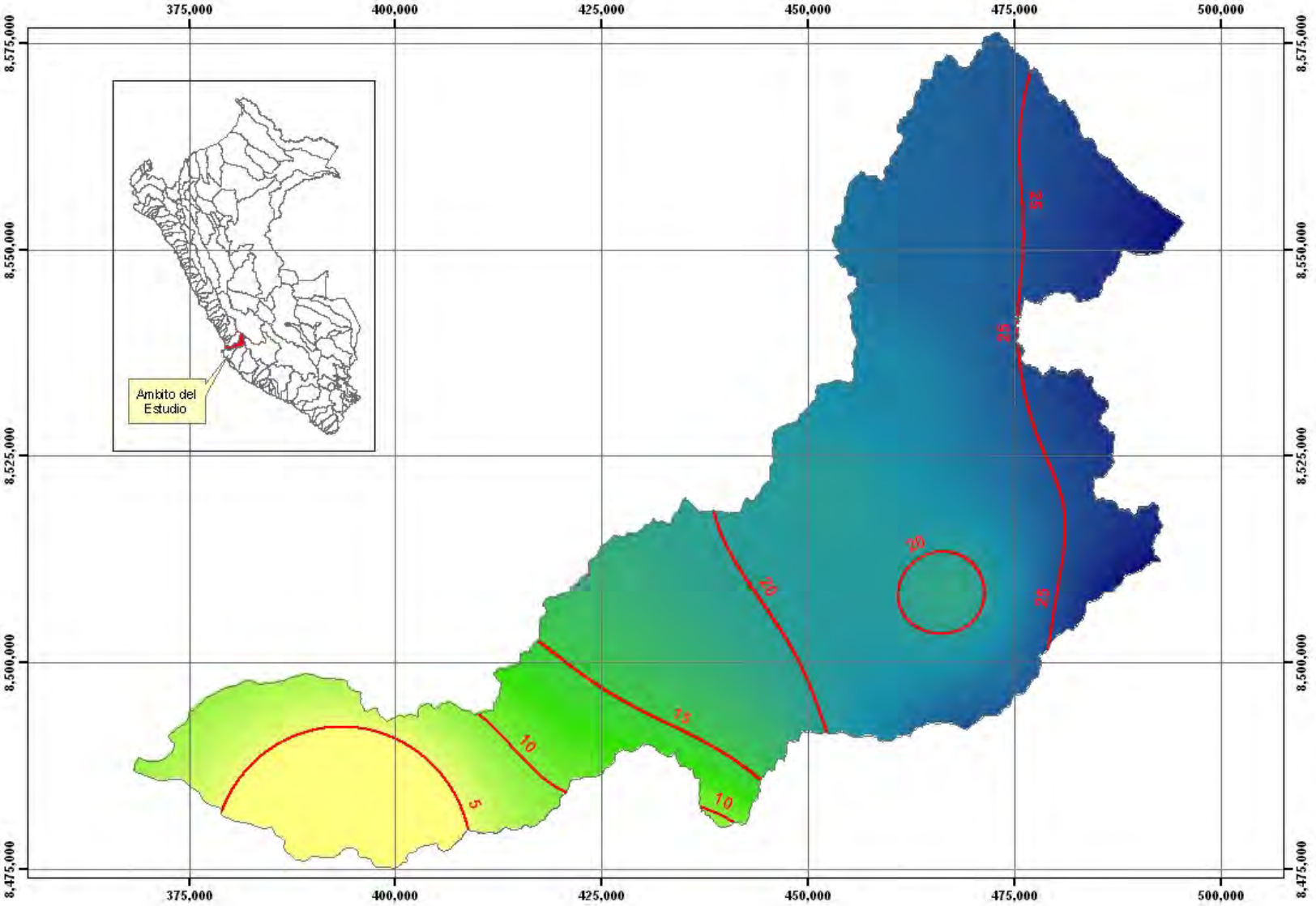


Figura Nº 4.2. Isoyetas de la Precipitación Máxima en 24 Horas para un Periodo de Retorno de 2 años en la cuenca del río Pisco

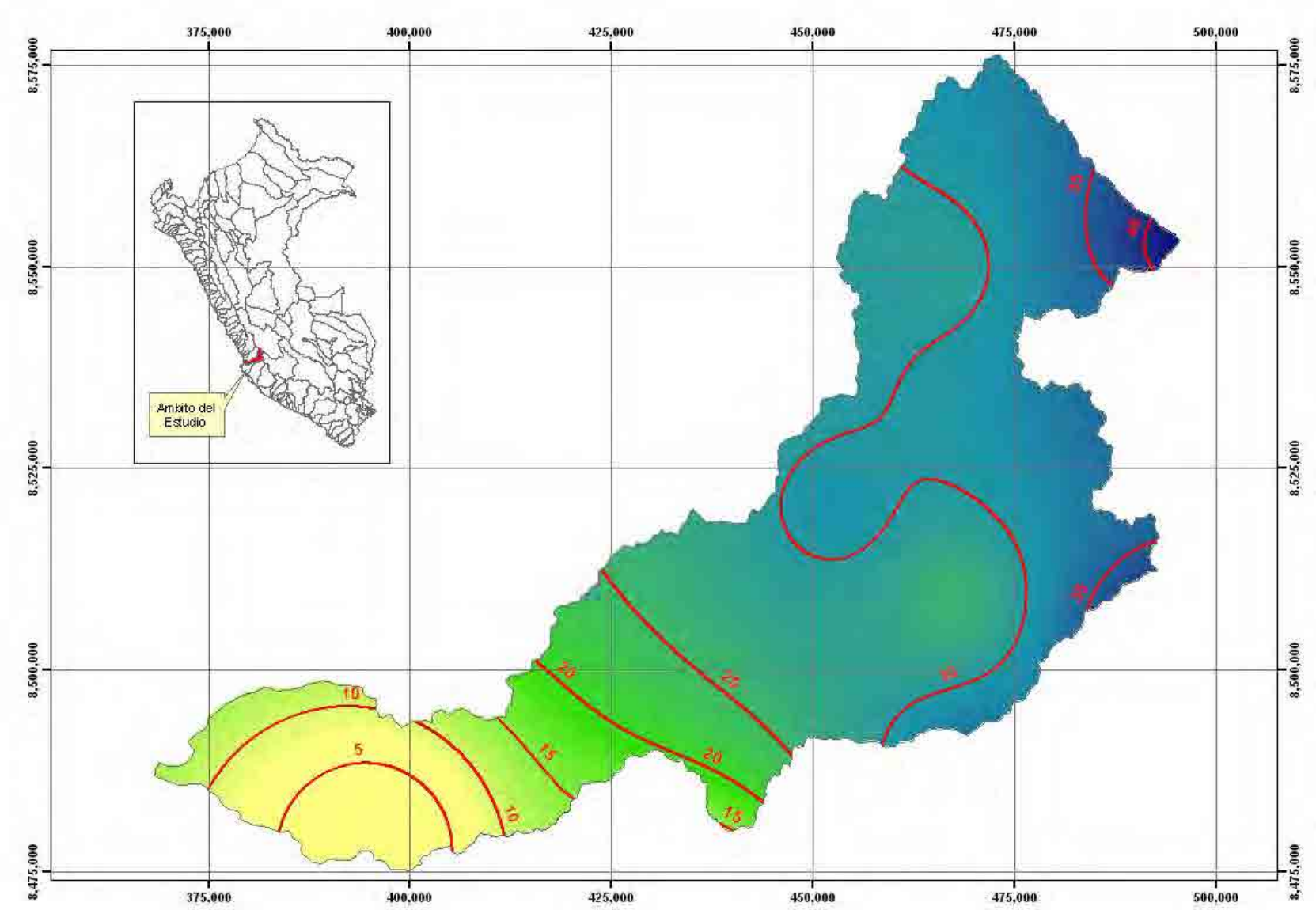


Figura Nº 4.3. Isoyetas de la Precipitación Máxima en 24 Horas para un Periodo de Retorno de 5 años en la cuenca del río Pisco

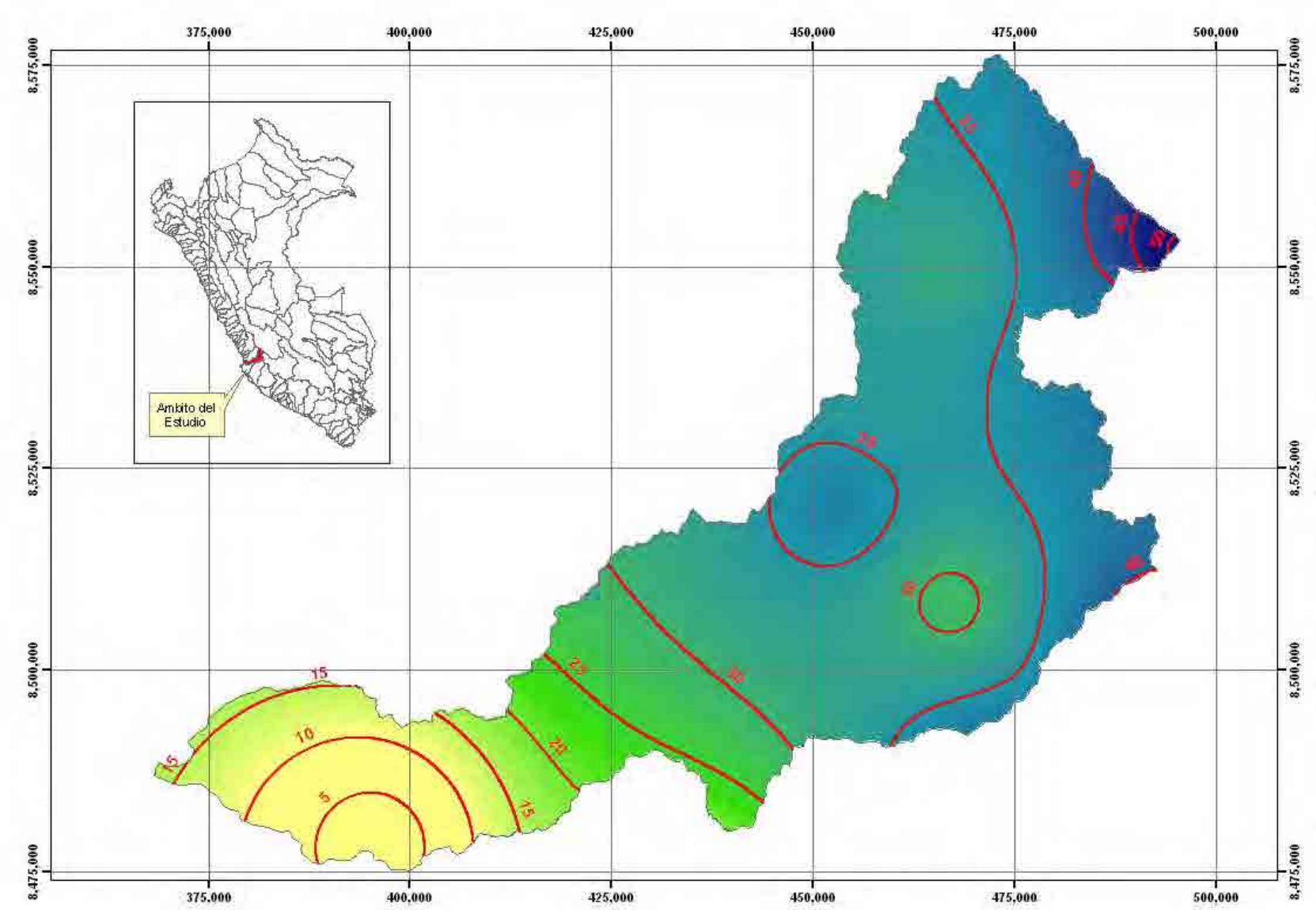


Figura Nº 4.4. Isoyetas de la Precipitación Máxima en 24 Horas para un Periodo de Retorno de 10 años en la cuenca del río Pisco

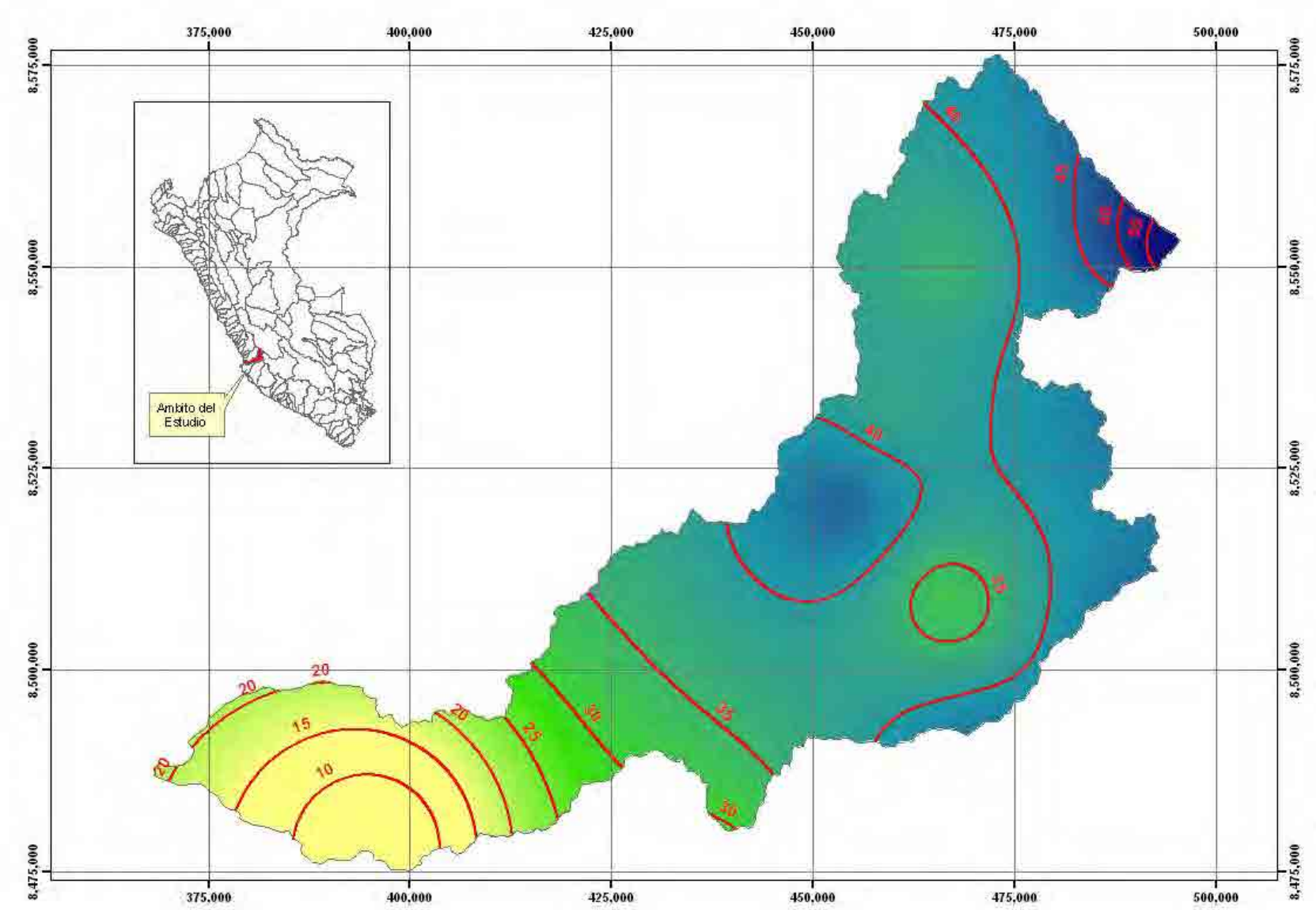


Figura Nº 4.5. Isoyetas de la Precipitación Máxima en 24 Horas para un Periodo de Retorno de 25 años en la cuenca del río Pisco

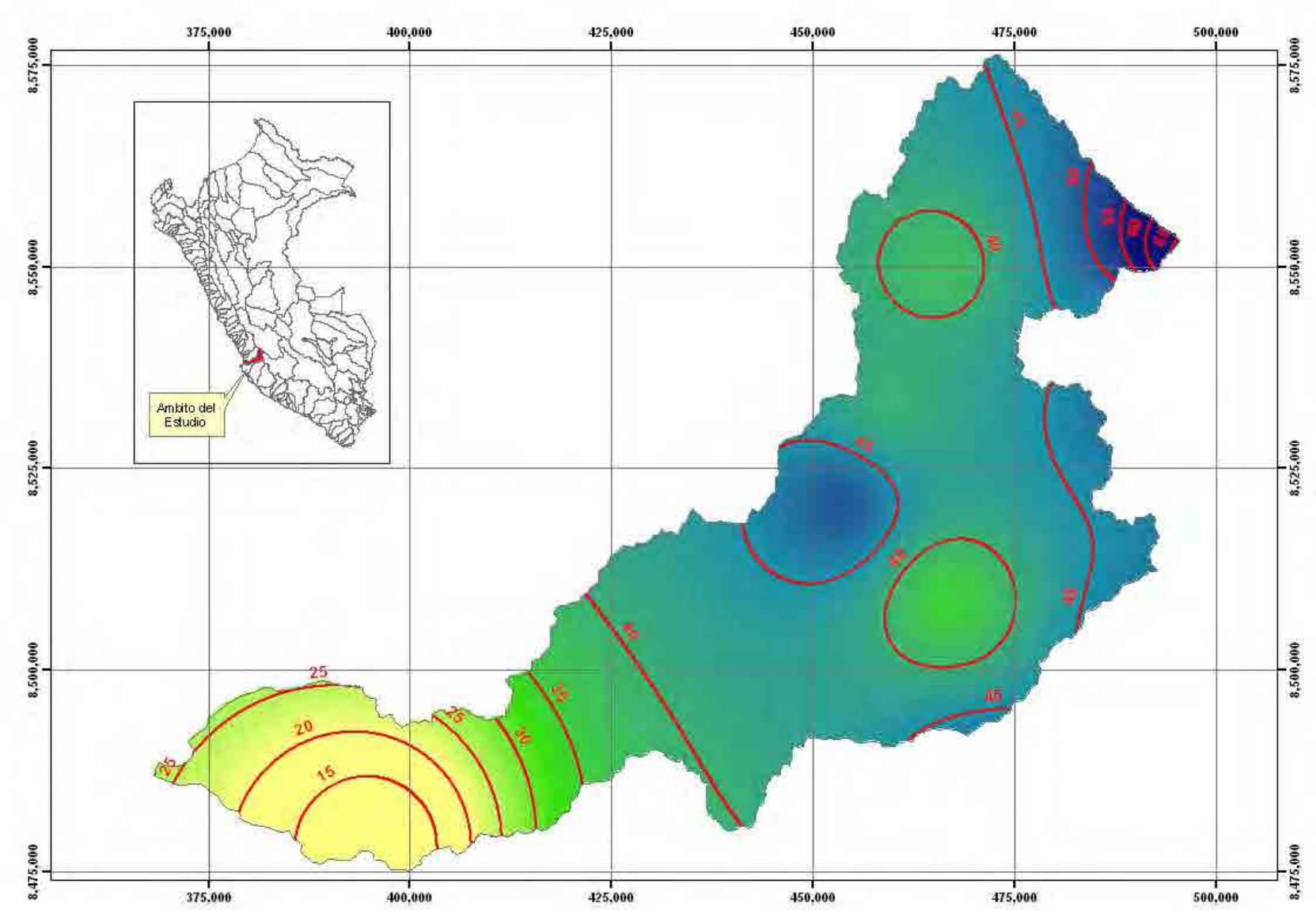


Figura Nº 4.6. Isoyetas de la Precipitación Máxima en 24 Horas para un Periodo de Retorno de 50 años en la cuenca del río Pisco

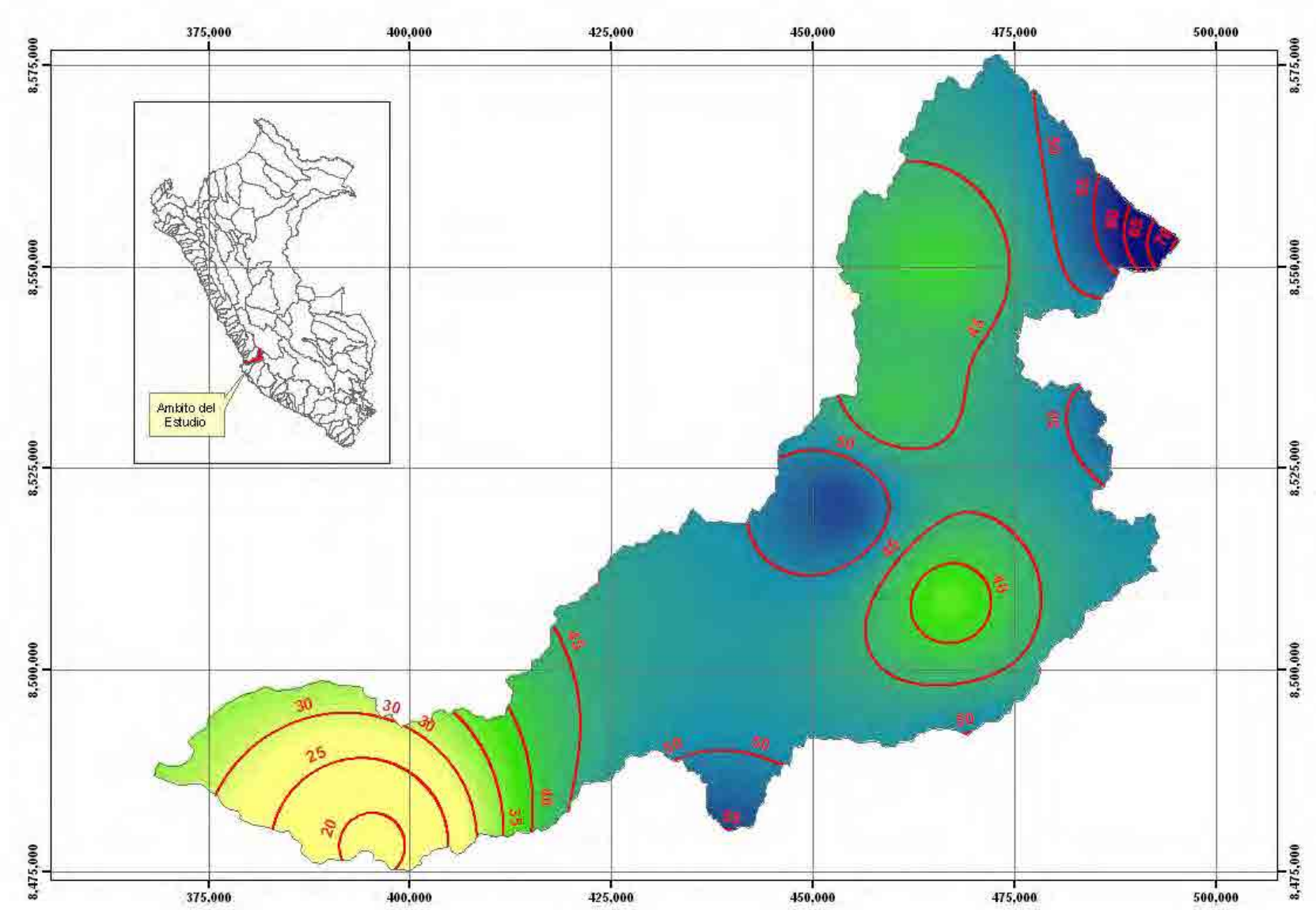


Figura Nº 4.7. Isoyetas de la Precipitación Máxima en 24 Horas para un Periodo de Retorno de 100 años en la cuenca del río Pisco

4.2.2.4 Determinación de Precipitaciones Máximas en 24 Horas para Diferentes Periodos de Retorno en el Punto Base

A partir de los mapas de isoyetas para cada periodo de retorno (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años) y con la herramienta Zonal Statistics del modulo Spatial Analyst del software ArcGIS se ha calculado la precipitación areal máxima de 24 horas en el punto base (estación Letrayoc) para cada periodo de retorno, los resultados se muestran en el Cuadro Nº 4.5.

Cuadro Nº 4.5. Precipitaciones Areales Máximas en 24 Horas en el Punto Base (Estación Letrayoc) para cada Periodo de Retorno

Periodo de Retorno "T" [Años]	Pp Areal Max 24 Horas [mm]
2	25.00
5	28.90
10	33.23
25	38.78
50	42.59
100	46.92

4.2.2.5 Determinación de Precipitaciones Máximas en 24 Horas para Diferentes Periodos de Retorno en las Subcuencas del río Pisco

Adicionalmente al estudio hidrológico de los caudales máximos del río Pisco se requiere estimar las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno en las subcuencas del río Pisco. Esta ha sido estimada en base a los mapas de isoyetas mostrados en las Figuras Nº 4.2. a 4.7 y a la metodología descrita brevemente en el ítem 4.2.2.4.

En la Figura Nº 4.8, se muestra las subcuencas del río Pisco a las que se ha estimado las precipitaciones máximas para cada periodo de retorno y para cada subcuenca cuyos resultados se muestra en el Cuadro Nº 4.6.

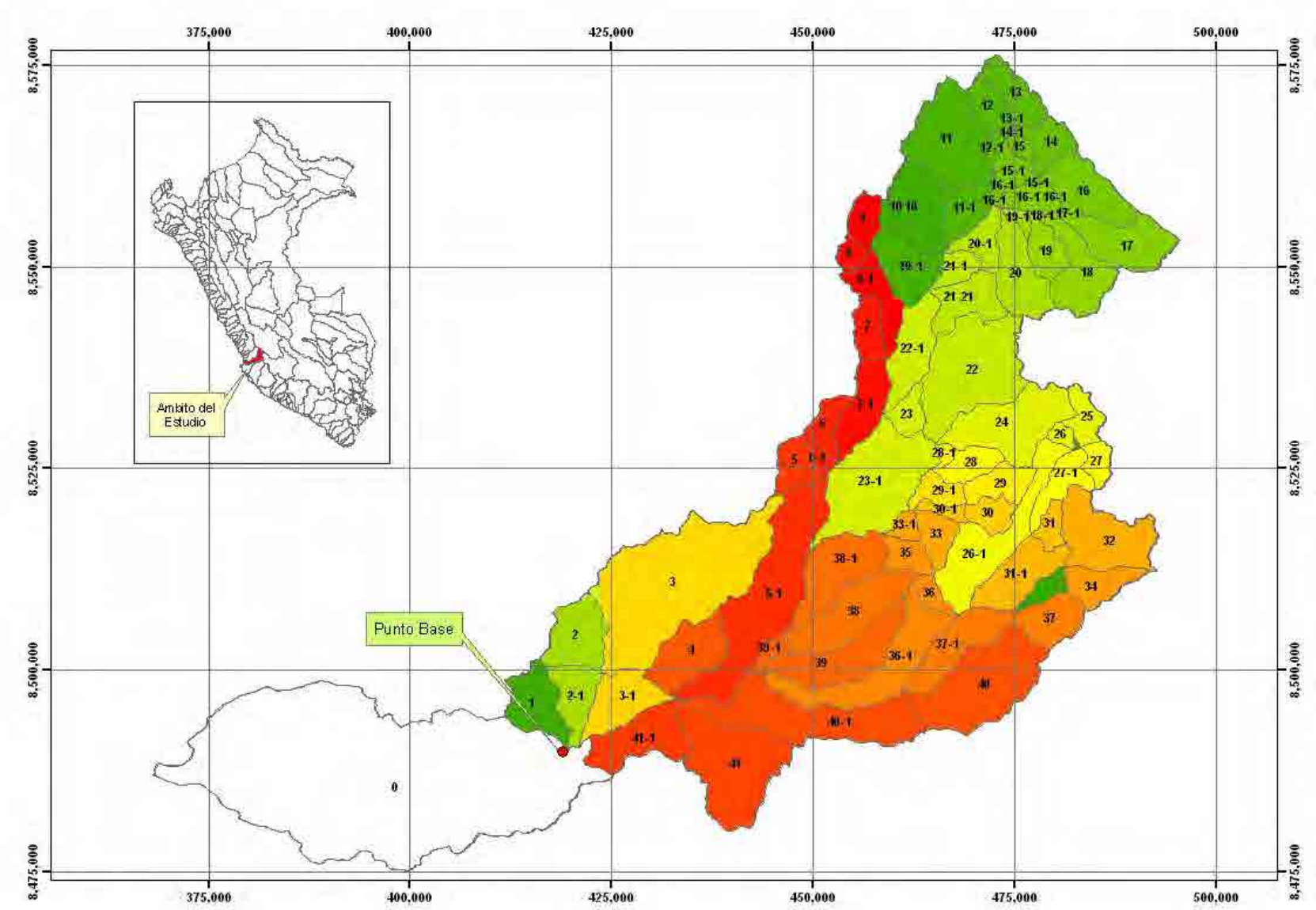


Figura Nº 4.8. Subcuenca del río Pisco

Cuadro Nº 4.6. Precipitaciones para Diferentes Periodos de Retorno en cada Subcuenca del río Pisco

SUBCUENCA	AREA [m²]	PERIODO DE RETORNO T [AÑOS]					
		PT_2	PT_5	PT_10	PT_25	PT_50	PT_100
0	774,360,000	5.4	8.3	11.2	15.6	21.2	29.5
1	48,731,800	12.5	17.9	22.0	28.1	34.0	42.3
10	69,819,600	23.8	29.7	33.2	37.7	40.2	42.9
10-1	48,920,900	23.8	29.3	32.6	36.8	39.1	41.4
11	95,251,900	24.1	30.7	34.8	39.8	43.0	46.3
11-1	32,178,400	24.2	30.1	33.6	38.2	40.8	43.4
12	24,316,700	24.5	31.6	35.9	41.2	44.7	48.2
12-1	7,599,270	24.6	31.4	35.6	40.8	44.1	47.4
13	34,377,100	24.8	32.1	36.6	42.1	45.7	49.3
13-1	528,564	24.8	32.0	36.4	41.7	45.2	48.7
14	28,835,500	25.5	33.0	37.6	43.2	46.9	50.5
14-1	736,281	24.9	32.0	36.4	41.7	45.2	48.7
15	6,629,310	25.0	32.2	36.5	41.9	45.3	48.8
15-1	23,888,300	24.9	31.7	36.0	41.1	44.4	47.7
16	58,145,800	26.7	35.1	40.3	46.5	50.5	54.4
16-1	22,568,800	25.2	32.3	36.6	41.8	45.1	48.5
17	62,232,400	28.1	37.9	44.0	51.0	55.7	59.9
17-1	969,962	25.8	33.2	37.8	43.2	46.8	50.3
18	56,833,600	26.7	33.8	38.3	43.7	47.3	50.8
18-1	1,282,460	25.4	32.5	36.8	42.0	45.4	48.7
19	26,733,300	25.7	32.6	36.9	42.1	45.4	48.8
19-1	6,671,040	24.9	31.6	35.6	40.6	43.7	46.8
2	52,919,500	16.1	22.5	27.0	33.2	38.6	45.6
20	56,155,800	25.0	31.3	35.2	40.0	43.0	46.1
20-1	26,253,900	24.2	30.0	33.5	37.9	40.4	43.0
21	43,743,800	24.0	29.9	33.3	37.7	40.1	42.7
2-1	38,110,400	14.0	19.9	24.3	30.7	36.6	44.8
21-1	17,536,300	24.0	29.2	32.3	36.5	38.6	40.7
22	133,682,000	23.5	30.6	34.6	39.3	42.1	45.0
22-1	54,257,600	22.8	29.9	33.7	38.0	40.4	42.8
23	19,208,200	22.0	30.0	34.1	38.3	40.5	42.7
23-1	133,886,000	20.9	30.3	35.4	41.8	45.7	49.6
24	92,053,600	24.5	31.5	35.6	40.6	43.9	47.3
25	21,774,100	27.0	33.4	37.4	42.7	46.6	51.0
26	7,607,610	26.1	32.7	36.8	41.9	45.6	49.6
26-1	92,540,400	21.8	29.0	32.6	37.3	40.1	43.0
27	14,973,200	26.7	33.3	37.4	42.7	46.5	50.7
27-1	30,506,500	25.3	32.2	36.3	41.3	44.8	48.5
28	25,073,400	22.8	30.4	34.6	39.7	42.8	46.1
28-1	5,232,780	22.3	30.2	34.4	39.4	42.4	45.5
29	30,528,800	23.3	30.7	34.8	39.9	43.1	46.5
29-1	20,459,100	21.8	29.9	34.2	39.6	42.9	46.3
3	256,335,000	18.8	26.4	31.3	37.6	42.4	48.1
30	21,035,900	22.5	30.0	33.9	38.9	42.0	45.2
30-1	8,745,420	21.5	29.5	33.8	39.1	42.3	45.6
31	15,308,000	24.5	31.7	35.6	40.4	43.6	46.9
3-1	52,396,500	15.0	21.3	25.9	32.5	38.5	46.8
31-1	56,037,100	22.3	29.6	33.2	37.8	40.5	43.3
32	81,067,800	26.6	33.7	37.5	42.2	45.3	48.5
33	25,244,000	20.8	28.7	32.6	37.7	40.7	43.9
33-1	10,375,600	20.8	29.5	34.1	40.0	43.6	47.3
34	32,336,100	27.7	34.8	38.4	42.6	45.4	47.9
35	21,253,800	20.4	28.5	32.6	37.9	41.1	44.4
36	13,088,900	19.4	26.5	29.7	33.9	36.1	38.3
36-1	95,476,300	20.3	27.9	31.8	37.0	40.4	44.1
37	39,443,900	24.9	32.2	35.9	40.3	43.1	45.8
37-1	58,919,100	20.6	28.0	31.5	36.1	38.7	41.4
38	78,763,500	20.4	28.5	32.8	38.5	42.1	46.0
38-1	73,087,400	20.4	29.6	34.6	41.2	45.4	49.7
39	73,029,900	20.3	28.1	32.3	38.0	41.7	45.9
39-1	10,934,800	19.6	27.4	32.1	38.3	42.8	48.1
4	59,721,300	18.0	25.2	29.9	36.4	41.5	48.0
40	124,547,000	23.0	30.7	34.7	39.8	42.8	45.9
40-1	128,130,000	19.7	27.2	31.8	38.0	42.6	48.3
41	122,639,000	14.5	21.1	26.0	33.6	40.7	50.7
41-1	63,616,900	13.8	20.0	24.6	31.8	38.5	48.0
5	28,398,700	20.5	30.0	35.3	42.1	46.5	51.0
5-1	168,315,000	19.6	28.3	33.3	40.0	44.6	49.8
6	21,153,700	21.3	29.9	34.6	40.3	43.8	47.4
6-1	8,745,420	20.7	30.1	35.4	42.0	46.2	50.5
7	24,532,800	22.6	29.7	33.7	38.3	41.0	43.9
7-1	47,267,500	21.8	30.0	34.3	39.0	41.7	44.4
8	10,938,500	23.0	29.4	33.2	38.0	40.9	44.0
8-1	37,025,500	23.1	29.5	33.3	37.9	40.5	43.3
9	20,817,100	23.3	29.5	33.3	38.0	40.9	43.9

4.2.3 Análisis de Descargas Máximas Diarias

Para el análisis de máximas descargas diarias del río Pisco se empleó la información de la estación hidrométrica Letrayoc. Esta estación tiene un área de contribución de 3096 km^2. En la Figura 3.21 se muestra su ubicación en el ámbito de la cuenca del río Pisco.

La Dirección General de Infraestructura Hidráulica (DGIH) del Ministerio de Agricultura ha proporcionado la información de descargas máximas diarias anuales de la estación Letrayoc cuyos valores se muestran en el Cuadro Nº 4.7.

Cuadro Nº 4.7. Descargas Máximas Diarias de la estación Letrayoc, rio Pisco (m^3/s)

Nº	Año	Caudal Maximo Diario (m3/s)	Nº	Año	Caudal Maximo Diario (m3/s)
1	1933	227.50	39	1971	194.45
2	1934	264.50	40	1972	509.87
3	1935	311.00	41	1973	293.62
4	1936	360.50	42	1974	194.68
5	1937	956.03	43	1975	141.88
6	1938	253.70	44	1976	237.62
7	1939	328.67	45	1977	231.26
8	1940	155.34	46	1978	80.33
9	1941	212.25	47	1979	213.13
10	1942	326.79	48	1980	91.23
11	1943	301.93	49	1981	252.00
12	1944	295.05	50	1982	274.00
13	1945	250.01	51	1983	273.00
14	1946	528.14	52	1984	485.65
15	1947	144.09	53	1985	200.50
16	1948	765.10	54	1986	355.00
17	1949	148.26	55	1987	146.20
18	1950	156.33	56	1988	369.50
19	1951	289.09	57	1989	272.50
20	1952	208.05	58	1990	49.38
21	1953	427.20	59	1991	325.00
22	1954	536.64	60	1992	47.75
23	1955	403.42	61	1993	118.00
24	1956	330.99	62	1994	312.50
25	1957	256.19	63	1995	354.37
26	1958	169.35	64	1996	190.00
27	1959	378.26	65	1997	150.00
28	1960	312.85	66	1998	800.00
29	1961	272.04	67	1999	355.00
30	1962	423.06	68	2000	215.00
31	1963	255.85	69	2001	240.00
32	1964	238.45	70	2002	300.00
33	1965	162.44	71	2003	176.25
34	1966	710.02	72	2004	215.00
35	1967	521.91	73	2005	137.50
36	1968	189.11	74	2006	350.00
37	1969	314.07	75	2007	250.00
38	1970	454.31	76	2008	300.00

Estos valores han sido analizados con las distintas funciones de distribución que se describe en el ítem 4.2.1.1. y mediante la prueba de Kolmogorov –

Smirnov se ajusta mejor a la distribución Log – Pearson de 3 parámetros cuyos resultados se muestran en el Cuadro Nº 4.8.

Cuadro Nº 4.8. Descargas Máximas para cada Periodo de Retorno, en la estación Letrayoc, rio Pisco (m^3/s)

Periodo de Retorno (Años)	Caudal Máximo
2	268.91
5	398.42
10	500.18
25	648.41
50	774.26
100	914.06

4.2.4 Modelo de Simulación, Aplicación del Software HEC-HMS

4.2.4.1 Modelo Hidrológico

<u>Tiempo de Concentración y Tiempo de Viaje</u>

Se ha empleado el modelo del Hidrograma Unitario Sintético del USDA/SCS, se calcularon los parámetros siguientes:

Tiempo de Concentración (Tc) con la fórmula de Bransby – Williams:

$$Tc = 0{,}95*(L^3/H)^{0{,}385}$$

Donde:

L = El Mayor Recorrido de la gota de lluvia en el cauce principal (Km)

H = Desnivel (m)

Tc = Tiempo de Concentración (Hr)

Tiempo de Viaje (Tv)= 0,6*Tc

Cuadro Nº 4.9. Tiempo de Concentración y de Viaje para el Punto Base (estación Letrayoc)

L =	113.40	Km
H =	4,128.00	Mts
Tc =	**9.09**	Hrs
Tv =	**5.46**	Hrs

Duración de la Lluvia de Diseño

Debido a que la información de precipitación proporcionada por SENAMHI se encuentra a nivel diario, no es posible saber la duración de las tormentas correspondientes. Por este motivo, basado en información de duración de tormentas en Perú mencionadas en el "Estudio de la Hidrología del Perú" (Referencia "d"), se adoptó una duración de tormenta de 10 horas.

Este valor supera el tiempo de concentración de 9.09 horas calculado en el ítem previo, esto indica que los valores pico de las descargas estimadas en la estación hidrométrica Letrayoc corresponderán a la contribución simultánea de la escorrentía de la cuenca completa del río Pisco hasta la ubicación de la estación hidrométrica Letrayoc.

Magnitud de la Lluvia de Diseño

La magnitud de las lluvias de diseño para una duración de 10 horas fue calculada usando la ecuación de Dick y Peschke (Referencia "c") que permite estimar la magnitud de la lluvia para una determinada duración de tormenta a partir de la magnitud de la lluvia correspondiente a una duración de 24 horas. Los cálculos de la magnitud de las lluvias de diseño utilizaron los valores de precipitaciones máximas en 24 horas mostrados en la Tabla 4.5 que corresponden a lluvias medias areales de la cuenca hasta la estación Letrayoc.

Ecuación de Dick y Peschke:

$$Pd = Pd_{24}*(Tc/1440)^{0,25}$$

Donde:

Pd = Precipitación máxima para una duración d

Pd_{24}= Precipitación máxima de 24 horas

Tc= Tiempo de Concentración (minutos)

Cuadro Nº 4.10. Precipitaciones Máximas, según la ecuación de Dick - Peschke

Periodo de Retorno "T" [Años]	Pp Areal Max 24 Horas [mm]	Pp Max, [mm]
2	25.00	19.56
5	28.90	22.62
10	33.23	26.00
25	38.78	30.35
50	42.59	33.33
100	46.92	36.72

Las precipitaciones máximas diarias para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años son de 25, 29, 33, 39, 43 y 47 mm respectivamente, y para una duración de tormenta de 10 horas le corresponden precipitaciones de 20, 23, 26, 30, 33 y 37 mm respectivamente.

En el estudio citado en párrafos anteriores (Estudio de la Hidrología del Perú, 1982), para una frecuencia de intervalos de 1 hora en una duración de tormenta máxima para 10 horas, se tiene la distribución de intensidades, ver Cuadro Nº 4.11.

Cuadro Nº 4.11. Hietograma para diferentes Periodos de Retorno

Periodo de Retorno "T" [Años]	Hora										PP total [mm]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	1	2	3	4	3	2	2	2	1	1	19.56
5	1	2	3	4	3	3	2	2	1	1	22.62
10	1	2	3	5	4	3	3	2	2	1	26.00
25	2	3	4	6	4	4	3	2	2	1	30.35
50	2	3	4	6	5	4	3	3	2	1	33.33
100	2	3	5	7	5	4	4	3	2	1	36.72

Elección del Número de Curva

Cuando se tiene registros de hidrogramas de máximas avenidas y hietogramas de tormentas que ocurrieron en el mmismo periodo de tiempo, los números de curva pueden ser estimados mediante calibración.

Típicamente, la selección del número de curva (CN) se realiza basandose en grupo hidrológico del suelo y en la descripción del uso de terreno. Los grupos hidrológicos que considera la metodología son:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con alto contenido de arcilla.

Grupo D: Suelos expansivos, arcillas altamente plásticas.

En el Cuadro Nº 4.12 se presentan los números de curva (CN) en función del grupo hidrológico del suelo y el uso de la tierra..

Cuadro Nº 4.12. Numero de Curva (CN) en Función del Grupo Hidrológico del Suelo y del Uso de la Tierra

Uso del Suelo			Grupo hidrológico del suelo			
			A	B	C	D
Tierras cultivadas	sin tratamiento de conservación		72	81	88	91
	con tratamiento de conservación		62	71	78	81
Pastizales	condiciones pobres		68	79	86	89
	condiciones óptimas		39	61	74	80
Praderas (Vegas de ríos: condiciones óptimas)			30	58	71	78
Bosques	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas		45	66	77	83
	cubierta buena		25	55	70	77
Espácios abiertos, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más		39	61	74	80
	condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)			89	92	94	95
Zonas industriales (72% impermeables)			81	88	91	93
	Tamaño lote (m^2)	% impermeable				
Zonas residenciales	500	65	77	85	90	92
	1000	38	61	75	83	87
	1350	30	57	72	81	86
	2000	25	54	70	80	85
	4000	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.			98	98	98	98
Calles y carreteras	pavimentados con cunetas y alcantarillados		98	98	98	98
	grava		76	85	89	91
	tierra		72	82	87	89

Según el uso de la tierra y adoptando el Grupo C Hidrológico del suelo para toda la cuenca, inicialmente se adoptó número de curva medio areal de 82.4 para la Cuenca de Pisco. En el Cuadro 4.13 se muestran los porcentajes estimados del uso de suelo con sus respectivos valores de números de curva para el río Pisco.

Cuadro Nº 4.13. Estimación del Valor del Numero de Curva (CN) inicial para la calibración del Modelo HEC-HMS

Uso del Suelo		%	CN
Tierras Cultivadas	Sin Tratamiento de Consevacion	35.00	88.0
	Con Tratamiento de Consevacion	10.00	78.0
Pastizales	Condicones Pobres	20.00	86.0
	Condicones Optimas	10.00	74.0
Praderas		5.00	71.0
Bosques	Troncos delgados	10.00	77.0
	Cubierta Buena	5.00	70.0
Area comerciales		0.50	94.0
Zonas Industriales		0.50	91.0
Zonas residensiales		0.50	81.0
Calles y carreteras	Pavimentadas con cunetas	0.50	98.0
	Grava	1.00	89.0
	Tierra	2.00	87.0
Curva de Numero de la Cuenca		100.00	**82.4**

Después del proceso de calibración el modelo HEC-HMS, este valor fue ajustado a 84

4.2.4.2 Modelamiento en el HEC – HMS

El centro de Ingeniería Hidrológica, del Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los EEUU, diseñó el programa de computación ***Sistema de Modelamiento Hidrológico*** **(HEC-HMS),** este provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación – escurrimiento y también transito de caudales entre otros (US Army, 2000).

El HEC-HMS comprende una interfaz gráfica para el usuario (GUI), componentes de análisis hidrológicos, capacidades para manejo y almacenamiento de datos, y facilidades para expresar los resultados mediante gráficas y reportes tabulados. La Guía provee los medios necesarios para especificar los componentes de la cuenca, para introducir los respectivos datos de estos componentes y para visualizar los resultados (Referencia "e").

Modelo de cuenca Letrayoc.- Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, para la transformación de la precipitación efectiva en caudal se utilizo el método del Hidrograma Unitario de la SCS, adicionalmente como información básica para el modelo se considera el área de la cuenca de 3096 Km². Debido a las pequeñas descargas promedio generalmente observadas en el río Pisco

se asumió que aquí no hay flujo base previo a la ocurrencia de máximas avenidas.

Modelo Metereológico.- De acuerdo a lo calculado en el ítem. Nº 3.2 Análisis de la Información Pluviométrica y Ley de Frecuencias, en el modelo meteorológico se ingresan los hietogramas para la avenida de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, para una duración de tormenta de 10 horas.

Especificaciones de Control.- Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para este caso la fecha de inicio es el 02 de febrero del 2010 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de febrero del 2010 a las 12:00 pm. Según las recomendaciones del Manual de Referencias Técnicas del modelo HEC-HMS, el mínimo intervalo de tiempo computacional se calcula como 0.29 veces el tiempo de retardo de la cuenca. Aproximando el tiempo de retardo como 0.6 veces el tiempo de concentración, se obtiene un tiempo de retardo de 5.45 horas y un mínimo intervalo de tiempo computacional de 1.68 horas. Con un criterio conservador se ha empleado un intervalo de tiempo computacional de 1 hora.

Calibración del Modelo. Dado que no existían registros simultaneos de hietogramas de tormentas e hidrogramas de caudales que permitirían calibrar los parámetros del modelo para efectuar predicciones, el modelo fue calibrado basado en información de las máximas descargas diarias estimadas.

El concepto de la calibración fue ajustar un número de curva que produzca valores de descargas pico similares a las máximas descargas diarias estimadas. Siguiendo este procedimiento se obtuvo un número de curva de 84 para la cuenca.

En la Figura Nº 4.9 se muestra la cuenca considerada por el modelo HEC-HMS para la simulación. En las Figuras Nº 4.10 al 4.21. se muestran los resultados de las simulaciones para las avenidas de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de periodo de retorno

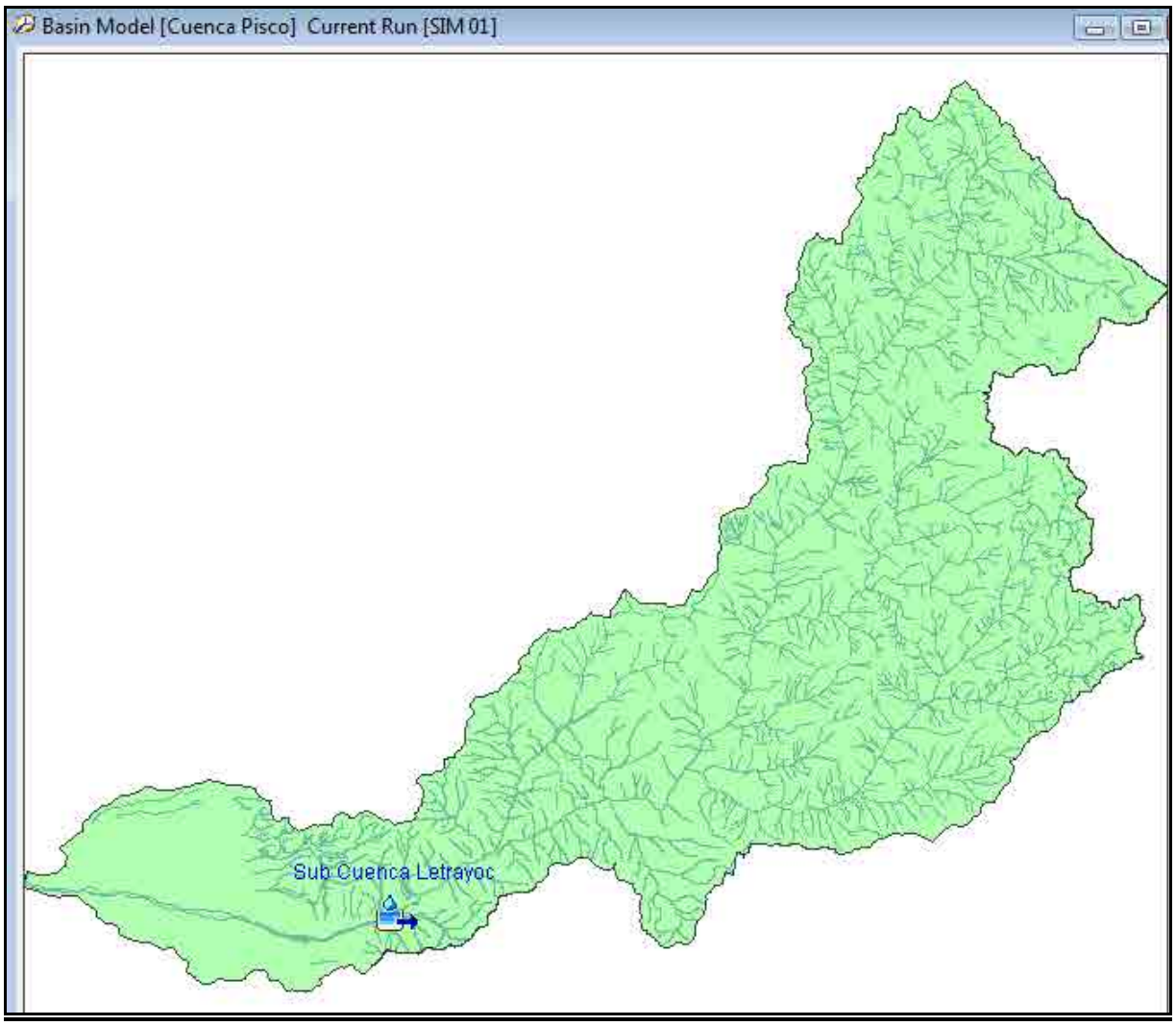


Figura Nº 4.9. Modelo de Cuenca del río Pisco en el Software HEC-HMS

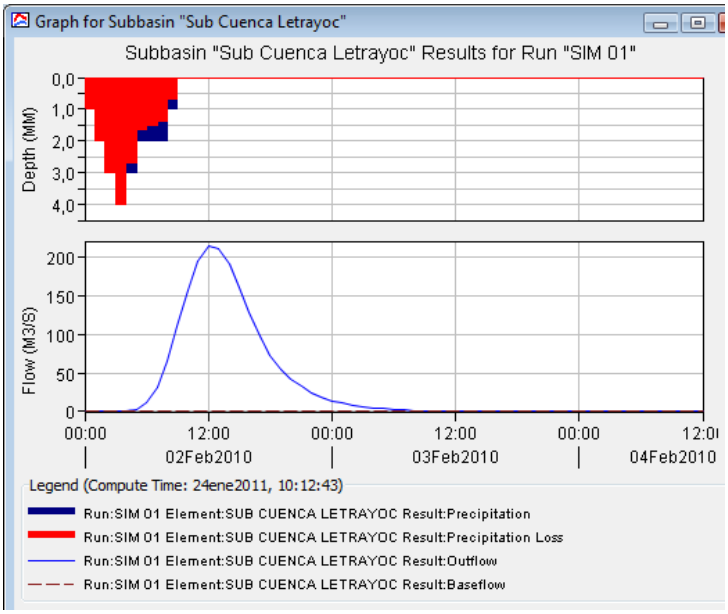


Figura Nº 4.10. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 2 años

En la parte superior de la Figura 4.10 se muestra el hietograma de diseño, la porción en rojo corresponde a la lluvia infiltrada, la porción en azul corresponde a la lluvia efectiva. La infiltración ha sido calculada con el programa HEC-HMS empleando el método del Número de la Curva de antiguo Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.

La tormenta analizada como precipitación luego de un proceso de infiltración se traslada como escorrentía y termina su escurrimiento luego de casi 24 horas de su inicio.

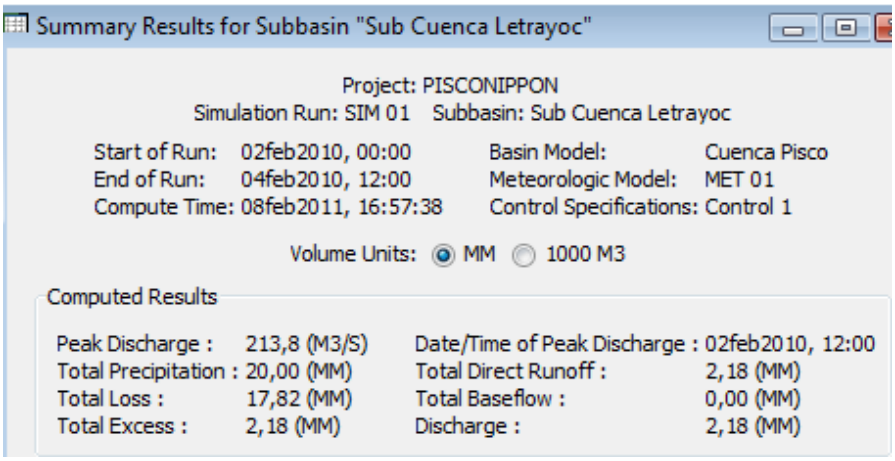


Figura Nº 4.11. Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 2 años

En la Figura Nº 4.11 se tiene el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 2 años de 213.8 m^3/s. La descarga máxima pasa aproximadamente a las 12 horas después de iniciada la tormenta en el tributario (para las condiciones extremas antes definidas).

En el Cuadro Nº 4.14 se presenta los valores del hidrograma de la avenida de un periodo de retorno de 2 años.

Cuadro Nº 4.14. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 2 Años

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Perdida (mm)	Exceso (mm)	Escorrentia (m^3/s)
02-Feb-10	01:00	1,00	1,00	0,00	0,0
02-Feb-10	02:00	2,00	2,00	0,00	0,0
02-Feb-10	03:00	3,00	3,00	0,00	0,0
02-Feb-10	04:00	4,00	3,98	0,02	0,2
02-Feb-10	05:00	3,00	2,69	0,31	3,1

02-Feb-10	06:00	2,00	1,62	0,38	12,0
02-Feb-10	07:00	2,00	1,49	0,51	31,2
02-Feb-10	08:00	2,00	1,39	0,61	64,8
02-Feb-10	09:00	1,00	0,66	0,34	109,2
02-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	155,8
02-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	194,3
02-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	213,8
02-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	210,8
02-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	190,2
02-Feb-10	15:00	0,00	0,00	0,00	160,3
02-Feb-10	16:00	0,00	0,00	0,00	127,5
02-Feb-10	17:00	0,00	0,00	0,00	97,0
02-Feb-10	18:00	0,00	0,00	0,00	72,7
02-Feb-10	19:00	0,00	0,00	0,00	55,4
02-Feb-10	20:00	0,00	0,00	0,00	42,5
02-Feb-10	21:00	0,00	0,00	0,00	32,6
02-Feb-10	22:00	0,00	0,00	0,00	24,8
02-Feb-10	23:00	0,00	0,00	0,00	18,8
03-Feb-10	00:00	0,00	0,00	0,00	14,3
03-Feb-10	01:00	0,00	0,00	0,00	10,9
03-Feb-10	02:00	0,00	0,00	0,00	8,3
03-Feb-10	03:00	0,00	0,00	0,00	6,4
03-Feb-10	04:00	0,00	0,00	0,00	4,9
03-Feb-10	05:00	0,00	0,00	0,00	3,7
03-Feb-10	06:00	0,00	0,00	0,00	2,9
03-Feb-10	07:00	0,00	0,00	0,00	2,2
03-Feb-10	08:00	0,00	0,00	0,00	1,7
03-Feb-10	09:00	0,00	0,00	0,00	1,3
03-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	0,8
03-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	0,5
03-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	0,2
03-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	0,1
03-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	0,0

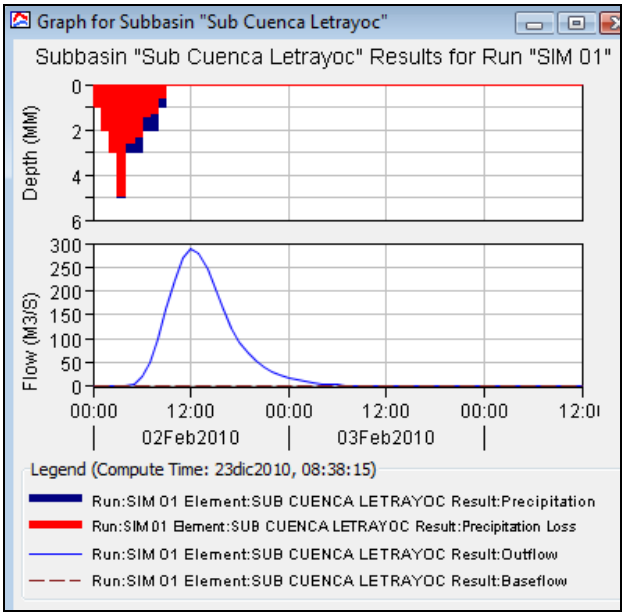


Figura Nº 4.12. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 5 años

La tormenta analizada como precipitación luego de un proceso de infiltración se traslada como escorrentía y termina su escurrimiento luego de casi 24 horas de su inicio.

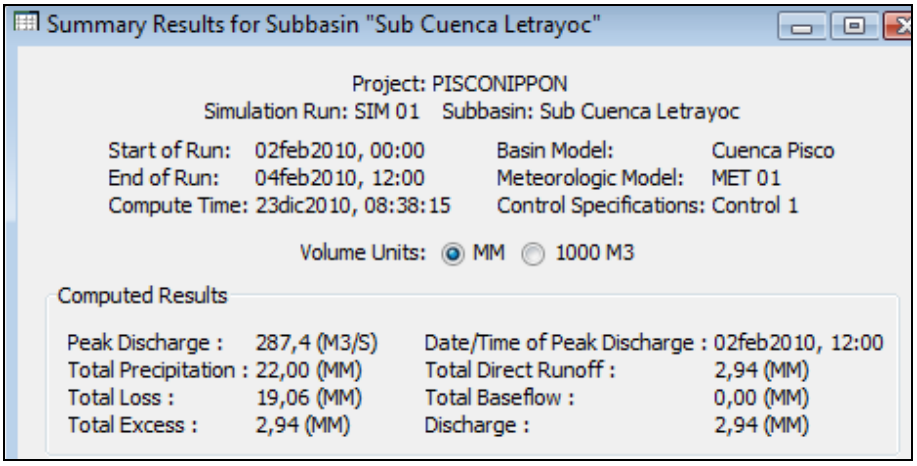


Figura Nº 4.13. Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 5 años

En la Figura Nº 4.13 se tiene el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 5 años de 287.4 m^3/s. La descarga máxima pasa aproximadamente a las 12 horas después de iniciada la tormenta en el tributario (para las condiciones extremas antes definidas).

En el Cuadro Nº 4.15 se presenta los valores del hidrograma de la avenida de un periodo de retorno de 5 años.

Cuadro Nº 4.15. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 5 Años

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Perdida (mm)	Exceso (mm)	Escorrentia (m^3/s)
02-Feb-10	01:00	1,00	1,00	0,00	0,0
02-Feb-10	02:00	2,00	2,00	0,00	0,0
02-Feb-10	03:00	3,00	3,00	0,00	0,0
02-Feb-10	04:00	5,00	4,91	0,09	0,7
02-Feb-10	05:00	3,00	2,58	0,42	5,6
02-Feb-10	06:00	3,00	2,29	0,71	20,7
02-Feb-10	07:00	2,00	1,39	0,61	51,1
02-Feb-10	08:00	2,00	1,29	0,71	100,6
02-Feb-10	09:00	1,00	0,61	0,39	162,8
02-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	223,0
02-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	268,2
02-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	287,4
02-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	278,0
02-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	247,2
02-Feb-10	15:00	0,00	0,00	0,00	205,4
02-Feb-10	16:00	0,00	0,00	0,00	162,4

02-Feb-10	17:00	0,00	0,00	0,00	123,4
02-Feb-10	18:00	0,00	0,00	0,00	92,9
02-Feb-10	19:00	0,00	0,00	0,00	70,8
02-Feb-10	20:00	0,00	0,00	0,00	54,3
02-Feb-10	21:00	0,00	0,00	0,00	41,6
02-Feb-10	22:00	0,00	0,00	0,00	31,6
02-Feb-10	23:00	0,00	0,00	0,00	24,0
03-Feb-10	00:00	0,00	0,00	0,00	18,3
03-Feb-10	01:00	0,00	0,00	0,00	13,9
03-Feb-10	02:00	0,00	0,00	0,00	10,6
03-Feb-10	03:00	0,00	0,00	0,00	8,1
03-Feb-10	04:00	0,00	0,00	0,00	6,2
03-Feb-10	05:00	0,00	0,00	0,00	4,8
03-Feb-10	06:00	0,00	0,00	0,00	3,7
03-Feb-10	07:00	0,00	0,00	0,00	2,8
03-Feb-10	08:00	0,00	0,00	0,00	2,2
03-Feb-10	09:00	0,00	0,00	0,00	1,6
03-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	1,0
03-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	0,6
03-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	0,3

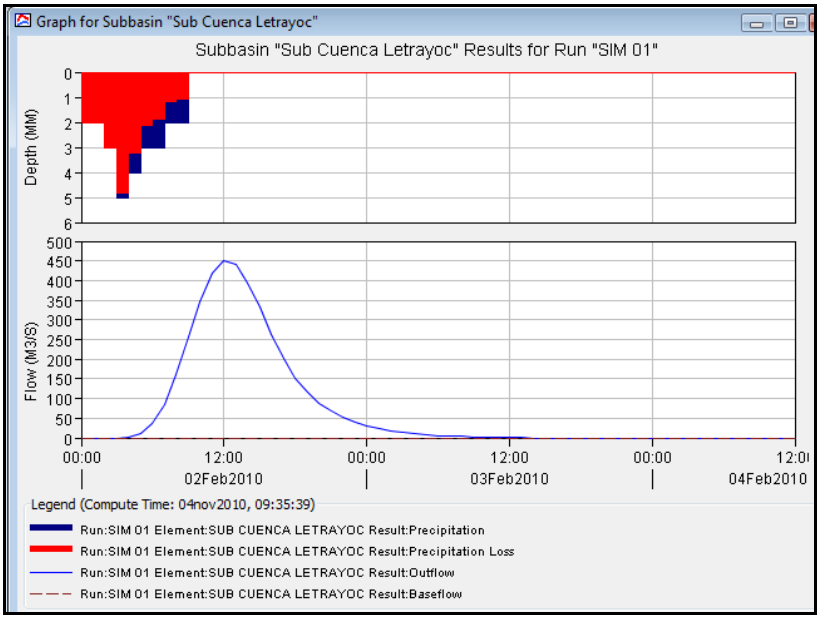


Figura Nº 4.14. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 10 años

La tormenta analizada como precipitación luego de un proceso de infiltración se traslada como escorrentía y termina su escurrimiento luego de casi 24 horas de su inicio.

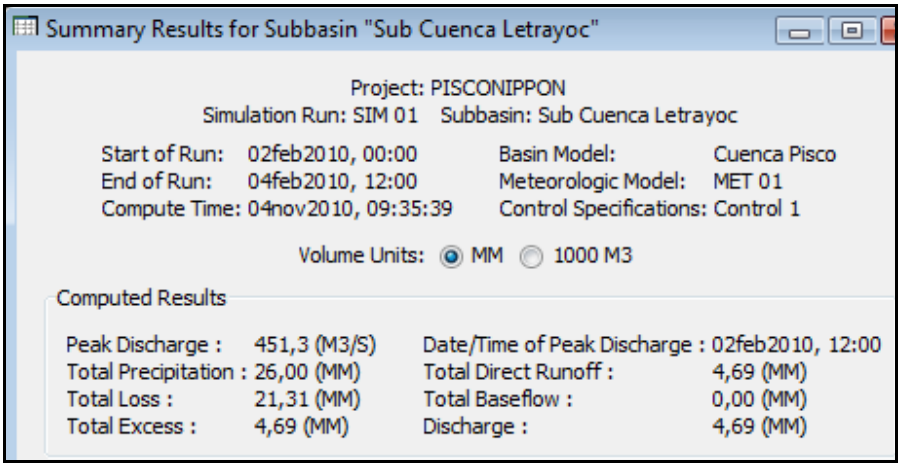


Figura Nº 4.15.Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 10 años

En la Figura Nº 4.15 se tiene el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 10 años de 451.3 m^3/s. La descarga máxima pasa aproximadamente a las 12 horas después de iniciada la tormenta en el tributario (para las condiciones extremas antes definidas).

En el Cuadro Nº 4.16 se presenta los valores del hidrograma de la avenida de un periodo de retorno de 10 años.

Cuadro Nº 4.16. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 10 Años

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Perdida (mm)	Exceso (mm)	Escorrentia (m^3/s)
02-Feb-10	00:00				0,0
02-Feb-10	01:00	2,00	2,00	0,00	0,0
02-Feb-10	02:00	2,00	2,00	0,00	0,0
02-Feb-10	03:00	3,00	3,00	0,00	0,0
02-Feb-10	04:00	5,00	4,81	0,19	1,6
02-Feb-10	05:00	4,00	3,24	0,76	11,0
02-Feb-10	06:00	3,00	2,12	0,88	35,8
02-Feb-10	07:00	3,00	1,90	1,10	85,1
02-Feb-10	08:00	2,00	1,16	0,84	160,9
02-Feb-10	09:00	2,00	1,09	0,91	254,8
02-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	347,0
02-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	417,2
02-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	451,3
02-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	440,5

02-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	394,8
02-Feb-10	15:00	0,00	0,00	0,00	331,6
02-Feb-10	16:00	0,00	0,00	0,00	264,0
02-Feb-10	17:00	0,00	0,00	0,00	202,9
02-Feb-10	18:00	0,00	0,00	0,00	152,0
02-Feb-10	19:00	0,00	0,00	0,00	115,7
02-Feb-10	20:00	0,00	0,00	0,00	88,5
02-Feb-10	21:00	0,00	0,00	0,00	67,9
02-Feb-10	22:00	0,00	0,00	0,00	51,6
02-Feb-10	23:00	0,00	0,00	0,00	39,2
03-Feb-10	00:00	0,00	0,00	0,00	29,9
03-Feb-10	01:00	0,00	0,00	0,00	22,7
03-Feb-10	02:00	0,00	0,00	0,00	17,3
03-Feb-10	03:00	0,00	0,00	0,00	13,3
03-Feb-10	04:00	0,00	0,00	0,00	10,2
03-Feb-10	05:00	0,00	0,00	0,00	7,8
03-Feb-10	06:00	0,00	0,00	0,00	6,0
03-Feb-10	07:00	0,00	0,00	0,00	4,6
03-Feb-10	08:00	0,00	0,00	0,00	3,5
03-Feb-10	09:00	0,00	0,00	0,00	2,6
03-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	1,7
03-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	1,0
03-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	0,5
03-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	0,2
03-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	0,0

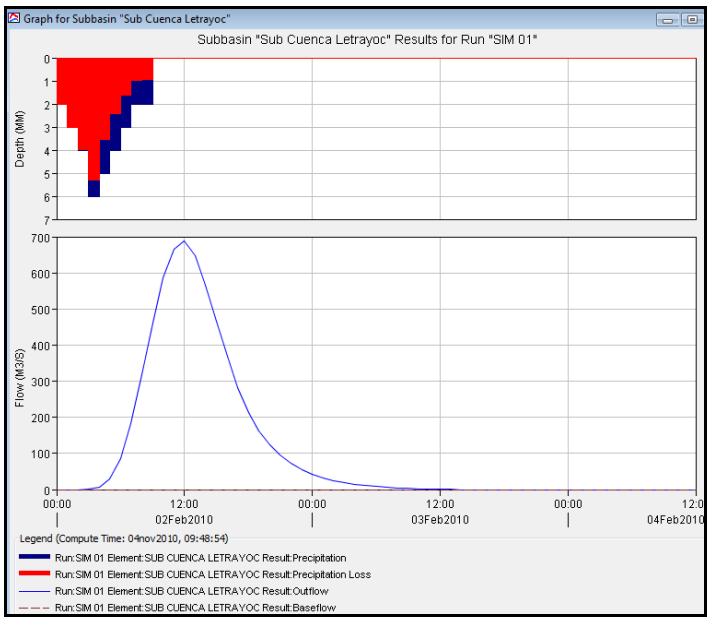


Figura Nº 4.16. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 25 años

La tormenta analizada como precipitación luego de un proceso de infiltración se traslada como escorrentía y termina su escurrimiento luego de casi 24 horas de su inicio.

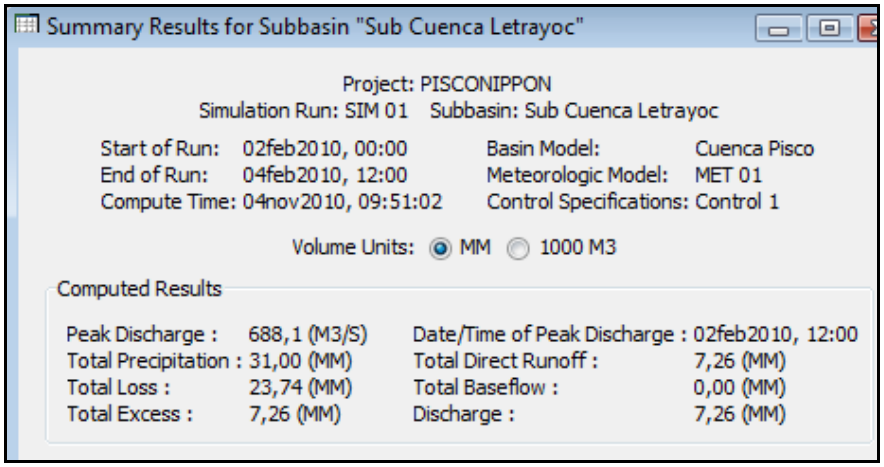


Figura Nº 4.17.Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 25 años

En la Figura Nº 4.17 se tiene el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 25 años de 688.1 m^3/s. La descarga máxima pasa aproximadamente a las 12 horas después de iniciada la tormenta en el tributario (para las condiciones extremas antes definidas.).

En el Cuadro Nº 4.17 se presenta los valores del hidrograma de la avenida de un periodo de retorno de 25 años.

Cuadro Nº 4.17. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 25 Años

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Perdida (mm)	Exceso (mm)	Escorrentia (m^3/s)
02-Feb-10	00:00				0,0
02-Feb-10	01:00	2,00	2,00	0,00	0,0
02-Feb-10	02:00	3,00	3,00	0,00	0,0
02-Feb-10	03:00	4,00	4,00	0,00	0,0
02-Feb-10	04:00	6,00	5,28	0,72	5,9
02-Feb-10	05:00	5,00	3,54	1,46	29,7
02-Feb-10	06:00	4,00	2,40	1,60	85,4
02-Feb-10	07:00	3,00	1,60	1,40	183,8
02-Feb-10	08:00	2,00	0,99	1,01	317,0
02-Feb-10	09:00	2,00	0,93	1,07	462,1
02-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	585,9
02-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	665,1
02-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	688,1
02-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	648,7
02-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	566,4
02-Feb-10	15:00	0,00	0,00	0,00	466,6
02-Feb-10	16:00	0,00	0,00	0,00	368,5
02-Feb-10	17:00	0,00	0,00	0,00	282,9
02-Feb-10	18:00	0,00	0,00	0,00	212,8
02-Feb-10	19:00	0,00	0,00	0,00	162,1
02-Feb-10	20:00	0,00	0,00	0,00	123,9
02-Feb-10	21:00	0,00	0,00	0,00	94,9
02-Feb-10	22:00	0,00	0,00	0,00	72,1
02-Feb-10	23:00	0,00	0,00	0,00	54,8
03-Feb-10	00:00	0,00	0,00	0,00	41,8
03-Feb-10	01:00	0,00	0,00	0,00	31,8
03-Feb-10	02:00	0,00	0,00	0,00	24,2
03-Feb-10	03:00	0,00	0,00	0,00	18,6
03-Feb-10	04:00	0,00	0,00	0,00	14,2
03-Feb-10	05:00	0,00	0,00	0,00	10,9
03-Feb-10	06:00	0,00	0,00	0,00	8,4
03-Feb-10	07:00	0,00	0,00	0,00	6,4
03-Feb-10	08:00	0,00	0,00	0,00	4,8
03-Feb-10	09:00	0,00	0,00	0,00	3,4
03-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	2,1
03-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	1,2
03-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	0,6
03-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	0,2
03-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	0,0

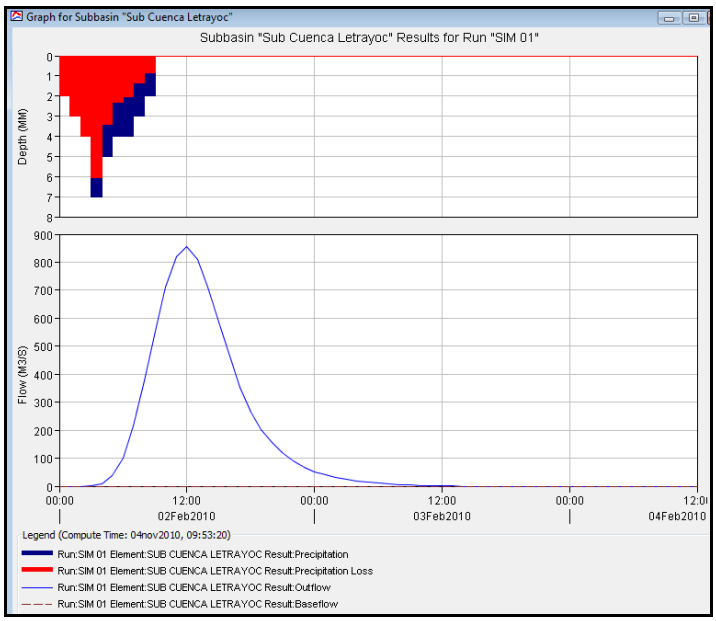


Figura Nº 4.18. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 50 años

La tormenta analizada como precipitación luego de un proceso de infiltración se traslada como escorrentía y termina su escurrimiento luego de casi 25 horas de su inicio.

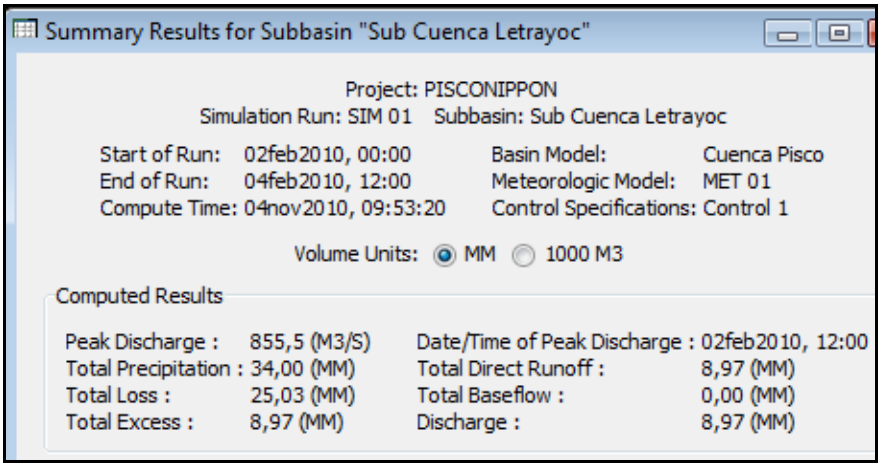


Figura Nº 4.19.Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 50 años

En la Figura Nº 4.19 se tiene el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 50 años de 855.5 m^3/s. La descarga máxima pasa aproximadamente a las 12 horas después de iniciada la tormenta en el tributario (para las condiciones extremas antes definidas.).

En el Cuadro Nº 4.18 se presenta los valores del hidrograma de la avenida de un periodo de retorno de 50 años.

Cuadro Nº 4.18. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 50 Años

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Perdida (mm)	Exceso (mm)	Escorrentia (m^3/s)
02-Feb-10	00:00				0,0
02-Feb-10	01:00	2,00	2,00	0,00	0,0
02-Feb-10	02:00	3,00	3,00	0,00	0,0
02-Feb-10	03:00	4,00	4,00	0,00	0,0
02-Feb-10	04:00	7,00	6,05	0,95	7,9
02-Feb-10	05:00	5,00	3,41	1,59	36,7
02-Feb-10	06:00	4,00	2,32	1,68	101,3
02-Feb-10	07:00	4,00	2,04	1,96	216,6
02-Feb-10	08:00	3,00	1,37	1,63	375,1
02-Feb-10	09:00	2,00	0,85	1,15	552,0
02-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	712,0
02-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	820,8
02-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	855,5
02-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	810,0
02-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	710,6
02-Feb-10	15:00	0,00	0,00	0,00	587,7
02-Feb-10	16:00	0,00	0,00	0,00	463,2
02-Feb-10	17:00	0,00	0,00	0,00	353,6
02-Feb-10	18:00	0,00	0,00	0,00	265,9
02-Feb-10	19:00	0,00	0,00	0,00	202,8
02-Feb-10	20:00	0,00	0,00	0,00	155,2
02-Feb-10	21:00	0,00	0,00	0,00	118,8
02-Feb-10	22:00	0,00	0,00	0,00	90,3
02-Feb-10	23:00	0,00	0,00	0,00	68,7
03-Feb-10	00:00	0,00	0,00	0,00	52,2
03-Feb-10	01:00	0,00	0,00	0,00	39,8
03-Feb-10	02:00	0,00	0,00	0,00	30,4
03-Feb-10	03:00	0,00	0,00	0,00	23,3
03-Feb-10	04:00	0,00	0,00	0,00	17,8
03-Feb-10	05:00	0,00	0,00	0,00	13,7
03-Feb-10	06:00	0,00	0,00	0,00	10,5
03-Feb-10	07:00	0,00	0,00	0,00	8,1
03-Feb-10	08:00	0,00	0,00	0,00	6,1
03-Feb-10	09:00	0,00	0,00	0,00	4,3
03-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	2,7
03-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	1,6
03-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	0,7
03-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	0,2
03-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	0,0

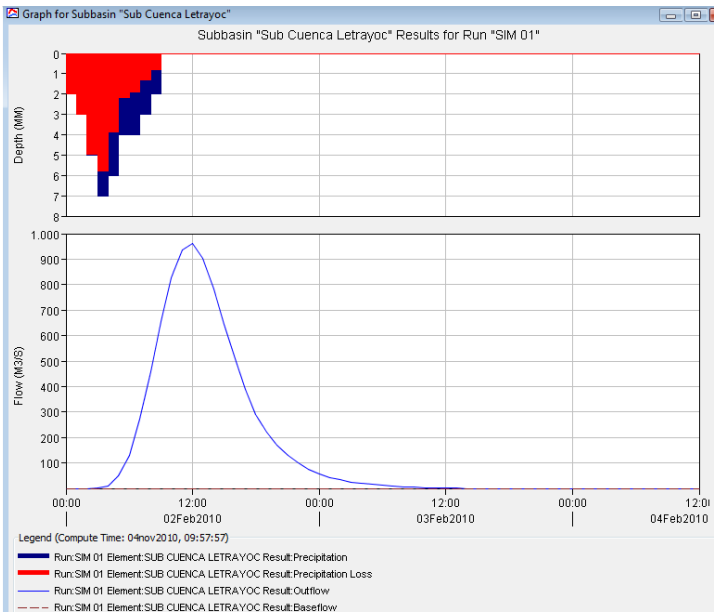


Figura Nº 4.20. Hidrograma de Avenida del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 100 años

La tormenta analizada como precipitación luego de un proceso de infiltración se traslada como escorrentía y termina su escurrimiento luego de casi 25 horas de su inicio.

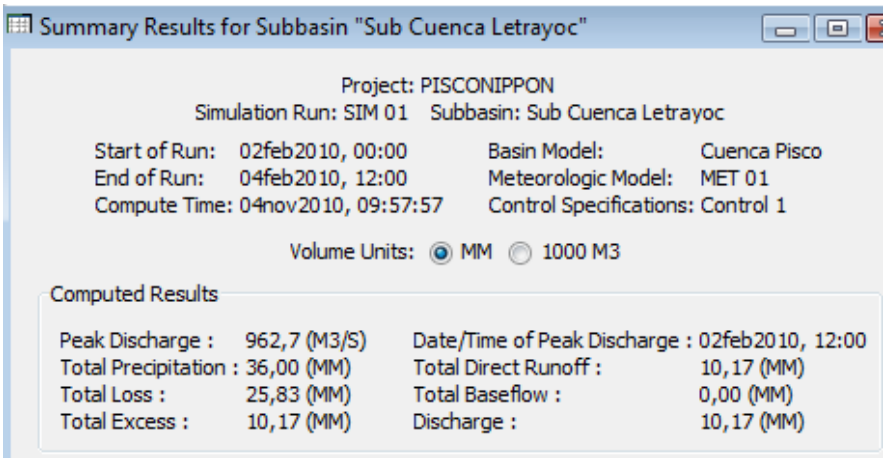


Figura Nº 4.21.Resultado de la Simulación del Modelo Precipitación – Escorrentía de la Cuenca del río Pisco, Periodo de Retorno de 100 años

En la Figura Nº 4.21 se tiene el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 100 años de 962.7 m^3/s. La descarga máxima pasa aproximadamente a las 12 horas después de iniciada la tormenta en el tributario (para las condiciones extremas antes definidas.).

En el Cuadro Nº 4.19 se presenta los valores del hidrograma de la avenida de un periodo de retorno de 100 años.

Cuadro Nº 4.19. Hidrograma de Avenidas Generado con el Modelo HEC-HMS para un Periodo de Retorno de 100 Años

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Perdida (mm)	Exceso (mm)	Escorrentia (m^3/s)
02-Feb-10	00:00				0,0
02-Feb-10	01:00	2,00	2,00	0,00	0,0
02-Feb-10	02:00	3,00	3,00	0,00	0,0
02-Feb-10	03:00	5,00	4,98	0,02	0,2
02-Feb-10	04:00	7,00	5,80	1,20	10,4
02-Feb-10	05:00	6,00	3,87	2,13	48,3
02-Feb-10	06:00	4,00	2,17	1,83	129,9
02-Feb-10	07:00	4,00	1,91	2,09	270,6
02-Feb-10	08:00	3,00	1,29	1,71	457,6
02-Feb-10	09:00	2,00	0,80	1,20	655,8
02-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	826,8
02-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	936,2
02-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	962,7
02-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	902,0
02-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	784,4
02-Feb-10	15:00	0,00	0,00	0,00	645,6
02-Feb-10	16:00	0,00	0,00	0,00	507,9
02-Feb-10	17:00	0,00	0,00	0,00	387,9
02-Feb-10	18:00	0,00	0,00	0,00	291,9
02-Feb-10	19:00	0,00	0,00	0,00	222,6
02-Feb-10	20:00	0,00	0,00	0,00	170,4
02-Feb-10	21:00	0,00	0,00	0,00	130,3
02-Feb-10	22:00	0,00	0,00	0,00	99,1
02-Feb-10	23:00	0,00	0,00	0,00	75,4
03-Feb-10	00:00	0,00	0,00	0,00	57,3
03-Feb-10	01:00	0,00	0,00	0,00	43,7
03-Feb-10	02:00	0,00	0,00	0,00	33,3
03-Feb-10	03:00	0,00	0,00	0,00	25,5
03-Feb-10	04:00	0,00	0,00	0,00	19,6
03-Feb-10	05:00	0,00	0,00	0,00	15,0
03-Feb-10	06:00	0,00	0,00	0,00	11,6
03-Feb-10	07:00	0,00	0,00	0,00	8,8
03-Feb-10	08:00	0,00	0,00	0,00	6,6
03-Feb-10	09:00	0,00	0,00	0,00	4,6
03-Feb-10	10:00	0,00	0,00	0,00	2,9
03-Feb-10	11:00	0,00	0,00	0,00	1,6
03-Feb-10	12:00	0,00	0,00	0,00	0,7
03-Feb-10	13:00	0,00	0,00	0,00	0,2
03-Feb-10	14:00	0,00	0,00	0,00	0,0

4.3 Resultados de la Simulación, Caudales Máximos en el Punto Base

La Tabla 4.20 resume los caudales pico para diferentes periodo de retorno obtenidos con la aplicación del software HEC-HMS para la cuenca del río Pisco hasta la ubicación de la estación hidrométrica Letrayoc.

Cuadro Nº 4.20. Resumen de los Caudales Máximos en el Punto Base para cada Periodo de Retorno

T [Años]	Q [m³/s]
2	213.0
5	287.4
10	451.3
25	688.1
50	855.5
100	962.7

Los caudales máximos en el punto base obtenidos con el modelo HEC-HMS para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años han sido estimados a partir de las precipitaciones máximas generadas para estos periodos de retorno, un numero de curva y parámetros geomorfológicos de la cuenca. Estos caudales máximos han sido obtenidos con un mismo número de curva (igual a 84).

Tal como se consideró en el proceso de calibración, se observa que las descargas pico obtenidas con el modelo HEC-HMS para avenidas de bajo periodo de retorno son similares a las máximas descargas diarias mostradas en la Tabla 4.8.

V. REFERENCIAS

a) Asociación BCEOM-SOFI CONSULT S.A., “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”, 1999.

b) Chow, Maidment and Mays, “Hidrología Aplicada”,1994.

c) Guevara, “Hidrología Ambiental”, 1991.

d) IILA-SENAMHI-UNI, “Estudio de la Hidrología del Perú”, 1982.

U.S. Corp of Engineers, “Manual de Referencias Técnicas del Modelo HEC-HMS”, 2000.

Agencia de Cooperación Internacional
Del Japón

PROGRAMA DE PROTECCION DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPUBLICA DEL PERU

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO PISCO

Apéndice-4

ANEXOS

Diciembre de 2012

Yachiyo Engineering Co., Ltd.

NIPPON KOEI CO.,LTD.

LATIN AMERICA - CARIBBEAN

NIPPON KOEI LAC CO., LTD.

Ingenieros Consultores

Agencia de Cooperación Internacional
Del Japón

PROGRAMA DE PROTECCION DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPUBLICA DEL PERU

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO CHIRA

Apéndice-5

Diciembre de 2012

Yachiyo Engineering Co., Ltd.
NIPPON KOEI CO.,LTD.
LATIN AMERICA - CARIBBEAN
NIPPON KOEI LAC CO., LTD.
Ingenieros Consultores

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO CHIRA

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ASPECTOS GENERALES 1

2.1 Ubicación 1

2.1.1 Ubicación Política 1

2.1.2 Ubicación Geográfica 2

2.2 Antecedentes 2

2.3 Justificación del Proyecto 2

2.4 Objetivos del Estudio 3

III. DESCRIPCION DEL PROYECTO 3

3.1 Sistema Hidrográfico del río Chira 3

3.1.1 Descripción General de la Cuenca 3

3.1.2 Hidrografía de la Cuenca del Río Chira 4

3.2 Climatología 5

3.2.1 Precipitación 5

3.2.2 Temperatura 25

3.3 Hidrometría 26

3.4 Comentarios sobre la red de estaciones hidrológicas e hidrométricas de la Cuenca del Río Chira 28

3.4.1 Sobre las Estaciones Pluviométricas 28

3.4.2 Sobre las Estaciones Hidrométricas 29

3.4.3 Recomendaciones 30

IV. HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS 31

4.1 Consideraciones Previas 31

4.2 Modelamiento Hidrológico 33

4.2.1 Delimitación de Cuenca 33

4.2.2 Precipitación de Diseño 34

4.2.2.1 Funciones de Distribución 34

4.2.2.2 Cálculo de la Precipitación Máxima en 24 Horas para Diferentes Periodos de Retorno 37

4.2.2.3 Mapas de Isoyetas 38

4.2.2.4 Determinación de la Precipitación Máxima en 24 Horas para Diferentes Periodos de Retorno en las subcuencas de la cuenca del rio Chira *41*

4.2.2.5 Distribución de Tormentas *43*

4.2.3 Análisis de Maximas Descargas Diarias 45

4.2.4 Aplicación del Modelo HEC-HMS 47

4.2.4.1 Modelo Hidrológico *47*

4.2.4.2 Modelamiento con el Programa HEC – HMS *50*

4.2.4.3 Resultados de la Simulación, Caudales Máximos en el Punto Base *53*

V. REFERENCIAS **53**

ANEXOS **54**

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO CHIRA

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro Nº 3.1. Características de las Estaciones Pluviométricas de la cuenca del río Chira y cuencas vecinas 7

Cuadro Nº 3.2. Características de las Estaciones Pluviométricas de la cuenca del río Chira y cuencas vecinas 9

Cuadro Nº 3.3. Resultados del ajuste linela de las estaciones de Montero, Pananga y Santo Domingo 10

Cuadro Nº 3.4. Principales Características de las Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del río Chira y cuencas vecinas. 27

Cuadro Nº 4.1. Principales Subcuencas Identificadas 34

Cuadro Nº 4.2a. Precipitaciones Máximas en 24 Horas (mm) para Diferentes Periodos de Retorno 37

Cuadro Nº 4.2b. Precipitación para Diferentes Periodos de Retorno en cada SubCuenca del río Chira 42

Cuadro Nº 4.3. Comparación de la Distribución en el Tiempo de la Precipitación Extrema de 24 Horas Registrada en la Estación El Tigre con las Distribuciones Características del SCS. 45

Cuadro Nº 4.4. Descargas Máximas Diarias de la estación Ardillas y Puente Sullana, río Chira (m3/s) 46

Cuadro Nº 4.5. Descargas Máximas para cada Periodo de Retorno, en la estación Ardillas y Puente Sullana, río Chira (m^3/s) 47

Cuadro Nº 4.6. Características Topográficas de las Subcuencas de la Cuenca del Chira. 48

Cuadro Nº 4.7. Subcuencas de la Cuenca del Bajo Chira 48

Cuadro Nº 4.8. Precipitaciones Máximas en 24 Horas (mm) adoptadas para las subcuencas que conforman la Cuenca del Río Chira. 49

Cuadro Nº 4.9. Números de Curva para Subcuencas Principales 50

Cuadro Nº 4.10. Flujos Base Adoptados par a las subcuencas Principales. 51

Cuadro Nº 4.11. Resumen de los Caudales Máximos en el Punto Base para cada Periodo de Retorno 53

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO CHIRA

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura Nº 3.1. Mapa de Ubicación de la cuenca del río Chira 4

Figura Nº 3.2. Periodo y Longitud de la información disponible de las Estaciones Pluviométricas 7

Figura Nº 3.3. Ubicación de las Estaciones Pluviométricas en la Cuenca del río Chira y Cuencas Vecinas 8

Figura Nº 3.4. Histograma Mensual de las Estaciones Pluviométricas consideradas en el Ámbito del Estudio 9

Figura Nº 3.5. Tendencia de la Precipitación Anual de las Estaciones Consideradas en el Ámbito del Estudio 11

Figura Nº 3.6. Isoyeta del mes de Enero de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 12

Figura Nº 3.7. Isoyeta del mes de Febrero de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 13

Figura Nº 3.8. Isoyeta del mes de Marzo de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 14

Figura Nº 3.9. Isoyeta del mes de Abril de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 15

Figura Nº 3.10. Isoyeta del mes de Mayo de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 16

Figura Nº 3.11. Isoyeta del mes de Junio de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 17

Figura Nº 3.12. Isoyeta del mes de Julio de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 18

Figura Nº 3.13. Isoyeta del mes de Agosto de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 19

Figura N° 3.14 Isoyeta del mes de Septiembre de de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 20

Figura Nº 3.15. Isoyeta del mes de Octubre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 21

Figura Nº 3.16. Isoyeta del mes de Noviembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 22

Figura Nº 3.17. Isoyeta del mes de Diciembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 23

Figura Nº 3.18. Isoyeta Anual de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira 24

Figura Nº 3.19. Temperatura medias de las estaciones de La Esperanza, Chilaco y Mallares 25

Figura Nº 3.20. Temperatura medias de las estaciones de La Toma Catamayo, Vilcabamba, Malacatos y Quinara 26

Figura Nº 3.21. Temperatura medias de las estaciones de Zapotillo, Macara y Sausal de Culucan 26

Figura Nº 3.22. Periodo y longitud de la información disponible en las Estaciones Hidrométricas 27

Figura Nº 3.23. Ubicación de la estación hidrométrica Ardilla en la Cuenca del Río Chira 28

Figura Nº 4.1. Posiciones relativas de la Estaciones Hydrológicas en el área de estudio 33

Figura Nº 4.2a. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 2 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira. 38

Figura Nº 4.2b. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 5 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira. 39

Figura Nº 4.2c. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 10 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira. 39

Figura Nº 4.2d. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 25 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira. 40

Figura Nº 4.2e. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 50 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira. 40

Figura Nº 4.2f. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 100 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira. 41

Figura Nº 4.3. Subcuencas de la Cuenca del Río Chira 42

Figura Nº 4.4. Comparación de la Distribución en el Tiempo de la Precipitación Extrema de 24 Horas Registrada en la Estación El Tigre con las Distribuciones Características del SCS. 45

Figura Nº 4.5. Subcuencas consideradas por el modelo HEC-HMS para la simulación. 52

HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO CHIRA

I. INTRODUCCIÓN

En los dos últimos eventos extraordinarios (Fenómeno del Niño) ocurridos en los años 1983 y 1998, se presentaron lluvias de gran intensidad en la zona de estudio, que trajo como consecuencia la activación de una serie de ríos y quebradas adyacentes al río Chira, ocasionando severos daños en centros poblados, infraestructura de riego y drenaje, predios agrícolas, así mismo, inundaciones con daños de carácter catastrófico en las zonas de Sullana, Ignacio Escudero, Marcavelica, Querecotillo, Salitral, Amopate, Colan, La Huaca y Tamarindo.

El Fenómeno del Niño es definido como la presencia de aguas anormalmente más calidas en la costa occidental de Sudamérica por un periodo mayor a 4 meses consecutivos, tiene su origen en el Pacifico Central Ecuatorial. El fenómeno esta asociado a las condiciones anormales de la circulación atmosférica en la región Ecuatorial del Pacifico. Considerándose como condiciones anormales cuando el esquema de circulación ecuatorial toma las siguientes tres posibilidades: puede intensificarse, debilitarse o cambiar de orientación.

El presente estudio contiene un diagnostico del problema, con el objetivo de explicar las causas del evento y orientar las acciones que se han de ejecutar para proveer mayor seguridad a la población, infraestructura de riego, zonas agrícolas, etc. El informe contiene el análisis hidrológico que permite caracterizar en términos técnicos el acontecimiento. Con estos análisis ha sido posible delinear alternativas de soluciones estructurales y medidas no estructurales.

II. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación

2.1.1 Ubicación Política

El ámbito de estudio se localiza en la provincia de Sullana y Paita del departamento de Piura.

2.1.2 Ubicación Geográfica

La zona de estudio se localiza aproximadamente en las coordenadas UTM 482,480 y 708,883 en Coordenadas Este y 9'421,040 y 9'492,030 en Coordenadas Norte (Zona 17).

2.2 Antecedentes

Como parte del proyecto: "Protección de Valles y Poblaciones Rurales y Vulnerables ante Inundaciones", se requiere un documento técnico sustentatorio de las máximas avenidas del río Chira, que permita definir las propuestas del planeamiento hidrológico e hidráulico del sistema fluvial del río Chira.

La ocurrencia de eventos extremos como el Fenómeno del Niño en la costa norte y sur del Perú trae como consecuencia la presencia de lluvias torrenciales, el incremento de los ríos y la activación de quebradas aportantes al curso principal, tal como los ocurridos en los dos últimos eventos de 1983 y 1998, en que los desbordes del río Chira, produjeron la inundación de extensas zonas de cultivo y ciudades como Sullana, Ignacio Escudero, Marcavelica, Querecotillo, Salitral, Amopate, Colan, La Huaca y Tamarindo, ocasionando daños a la agricultura, infraestructura vial, vivienda e infraestructura de riego y drenaje. En la actualidad existen zonas vulnerables en tramos del río que requieren la aplicación de medidas estructurales para mitigar los efectos de avenidas.

Se ha efectuado una evaluación de las avenidas máximas en base a los datos de las estaciones hidrométricas Ardillas y Puente Sullana. Con los resultados obtenidos, se procederá a dimensionar la caja hidráulica del río en función al periodo de retorno escogido, en zonas específicas y el dimensionamiento de las estructuras de protección.

2.3 Justificación del Proyecto

El río Chira permite el drenaje de las avenidas producto de las precipitaciones y aportes de los diversos cursos que conforman la cuenca.

Con la aparición de eventos hidrológicos normales, ocasionan ciertos daños en zonas agrícolas, infraestructura de riego y drenaje, caminos de servicio y centros poblados,

por dicho motivo, se requiere contar con medidas estructurales que permitan la atenuación de los eventos extremos hasta cierto grado de magnitud.

2.4 Objetivos del Estudio

Determinar los caudales máximos instantáneos del río Chira para diversos periodos de retorno; que permitan dimensionar adecuadamente la sección hidráulica de encauzamiento de río y diseño de las obras de protección, atenuando los daños por posibles eventos hidrológicos extremos.

III. DESCRIPCION DEL PROYECTO

3.1 Sistema Hidrográfico del río Chira

3.1.1 Descripción General de la Cuenca

La cuenca de este río, geográficamente está situada entre los paralelos 03º40’28” y 05º07’06” de la latitud sur, y los meridianos 80º46’11” y 79º07’52” de longitud oeste

Limita por el Norte con la cuenca del río Puyango, por el Sur con las cuencas de los ríos Piura y Huancabamba, por el Este con las cuencas de Zamora y Chinchipe (Ecuador) y por el Oeste con el Océano Pacífico.

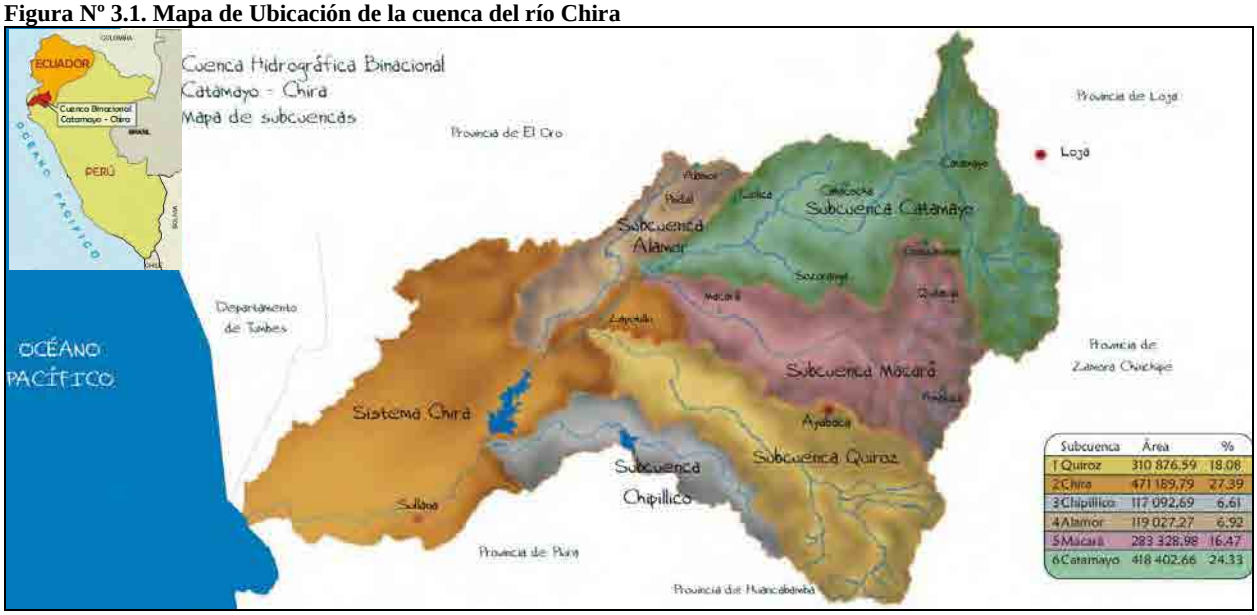
El Chira es un río internacional, y su cuenca tiene un área de drenaje superficial de 19,095 km^2 hasta su desembocadura en el mar; de los cuales 7,162 km^2 están dentro de territorio Ecuatoriano y 11,933 km^2 dentro del territorio Peruano. Su cuenca húmeda es de aproximadamente 9,500 km^2.

El río nace en la Cordillera Occidental de los Andes a más de 3,000 m.s.n.m. con el nombre de Catamayo, y después de recorrer 150 km se une con el río Macará donde toma el nombre de río Chira, recorre 50 km. sirviendo de límite entre Perú y Ecuador hasta encontrarse con el río Alamor continuando en la dirección Sur-Oeste en territorio peruano hasta su desembocadura en el mar después de haber recorrido 300 km aproximadamente.

Sus principales afluentes son: por la margen izquierda los ríos Macará, Quiroz y Chipillico y por la margen derecha el río Alamor y varias quebradas como Hawai, Venados y Samán.

En la Figura Nº 3.1 se muestra la ubicación y el ámbito de la cuenca del río Chira.

Figura Nº 3.1. Mapa de Ubicación de la cuenca del río Chira



3.1.2 Hidrografía de la Cuenca del Río Chira

La Cordillera de los Andes divide hidrográficamente al país en dos vertientes principales que drenan sus aguas hacia los Océanos Pacifico y Atlántico, respectivamente, constituyendo así la divisoria continental de las aguas. Existe, también, una tercera vertiente en la región sur-oriental del país, constituida por una alta cuenca interandina cuyas aguas drenan al Lago Titicaca.

La vertiente del Pacifico u Occidental tiene una extensión aproximada de 290,000 Km², equivalente al 22% del área total del país y da origen, como consecuencia de las precipitaciones y del deshielo de los nevados y glaciares en su parte alta, a 52 ríos de cierta importancia que discurren al Océano Pacifico siguiendo una dirección predominante hacia el suroeste. El río Chira es uno de ellos, encontrándose situado en la región central de esta vertiente.

El río Chira, pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico, tiene sus nacientes en la República de Ecuador, alimentando sus cursos de agua primordialmente con las precipitaciones estacionales que ocurren en su cuenca alta. Esta cuenca Internacional abarca una extensión de 19,095 km², de la cual 7,162 km² (37.51%) se halla en territorio Ecuatoriano y 11,933 km² se halla en territorio

Peruano. La porción Peruana toma parte de las provincias de Paita, Talara, Piura y Ayabaca, todas ubicadas en el Departamento de Piura.

Desde sus nacientes y en territorio Ecuatoriano, el río Chira adopta el nombre de Catamayo, nombre que conserva hasta la frontera y hasta la confluencia con el río Macará con una longitud de aproximadamente 130 km; al ingresar a territorio Peruano cambia de nombre adoptando el de río Chira, contando en este último tramo con una longitud de 170 km., al final del cual desemboca en el Océano Pacífico, cerca de la Bocana Vieja.

El curso del río Chira, desde sus nacientes hasta su desembocadura es sinuoso, ya que en un primer tramo, desde sus nacientes hasta la altura de la localidad de Sullana, corre de Noreste a Sureste, después adoptar una dirección final de Este a Oeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

Los afluentes principales del río Chira, en territorio Peruano, son por su margen derecha, Quebrada Honda, Peroles, La Tina, Poechos y Cóndor, por su margen izquierda los ríos Quiroz y Chipillico. Son afluentes de gran importancia también, el río Pilares por su margen derecha y Macará por su margen izquierda, que constituyen líneas fronterizas contando con parte de sus cuencas de drenaje en territorio ecuatoriano.

3.2 Climatología

3.2.1 Precipitación

El régimen de lluvias en la cuenca del río Chira se puede clasificarse en tres tipos: el primero, corresponde la zona baja entre las curvas de nivel 0.0 y 80 m.s.n.m. Esta franja bastante extensa, cubre precipitaciones escasas del orden de 10 a 80 mm anuales, concentrándose en el período de Enero a Abril., y siendo seco en los meses restantes del año. Las lluvias en esta zona son muy irregulares, y parecen estar fuertemente relacionadas por la ocurrencia aleatoria de fenómenos meteorológicos intensos ocasionados por el fenómeno de El Niño, que hacen producir lluvias de gran intensidad, llegando a superar en 20 veces los valores normales.

El segundo tipo, corresponde a la franja ubicada entre los 80 y 500 m.s.n.m., donde las lluvias registradas son del orden de los 100 y 600 mm. Su período de ocurrencia es generalmente de Diciembre a Mayo con características de variabilidad menor que el primer grupo, y siendo en el resto del año significativamente baja llegando inclusive en algunos años a cero.

El tercer tipo corresponde a la franja ubicada desde los 500 msnm hasta la línea divisoria de agua, esta zona alta obedece a un régimen pluvial amazónico caracterizado por baja variabilidad de lluvias promedios anuales que varían entre 700 y 1,100 mm., las máximas precipitaciones se registran en los meses de Enero a Mayo siendo en el resto del año de baja intensidad, pero no llegando sus registros a cero. Se puede observar en esta zona, que la incidencia de fenómenos intensos de El Niño (ocurrencia aleatoria) es casi nula.

La precipitación, como parámetro principal de la generación de la escorrentía, es analizada en base a la información disponible de estaciones ubicadas tanto en el interior de la cuenca del río Chira, como en las cuencas vecinas.

Se dispone de información pluviométrica de 13 estaciones pluviométricas ubicadas en la cuenca del río Chira y en las cuencas vecinas. Estas estaciones son operadas y mantenidas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). En el Cuadro Nº 3.1, se muestra la relación de las estaciones consideradas en el presente estudio con sus respectivas características de código, nombre y ubicación. Los registros históricos de la precipitación total diaria, precipitación total mensual y sus respectivos histogramas se presentan en los Anexos. En la Figura Nº 3.2, se muestra el periodo y la longitud de la información disponible de las estaciones pluviométricas y en la Figura Nº 3.3, se muestra su ubicación en la cuenca del río Chiray en las cuencas vecinas.

Cuadro Nº 3.1. Características de las Estaciones Pluviométricas de la cuenca del río Chira y cuencas vecinas

CODIGO	ESTACION	DEPARTAMENTO	LONGITUD	LATITUD	OPERADOR
152202	ARDILLA (SOLANA BAJA)	PIURA	80° 26'1	04° 31'1	SENAMHI
150003	EL CIRUELO	PIURA	80° 09'1	04° 18'1	SENAMHI
152108	FRIAS	PIURA	79° 51'1	04° 56'1	SENAMHI
230	LA ESPERANZA	PIURA	81° 04'4	04° 55'55	SENAMHI
152125	LAGUNA SECA	PIURA	79° 29'1	04° 53'1	SENAMHI
152104	LAS LOMAS 1	PIURA	80° 15'1	04° 38'1	SENAMHI
140	LAS LOMAS 2	PIURA	80° 15'1	04° 38'1	SENAMHI
208	MALLARES	PIURA	80° 44'44	04° 51'51	SENAMHI
152144	MONTERO	PIURA	79° 50'1	04° 38'1	SENAMHI
152101	PANANGA	PIURA	80° 53'53	04° 33'33	SENAMHI
152135	SAN JUAN DE LOS ALISOS	PIURA	79° 32'1	04° 58'1	SENAMHI
203	SALALA	PIURA	79° 27'27	05° 06'6	SENAMHI
152110	SANTO DOMINGO	PIURA	79° 53'1	05° 02'1	SENAMHI

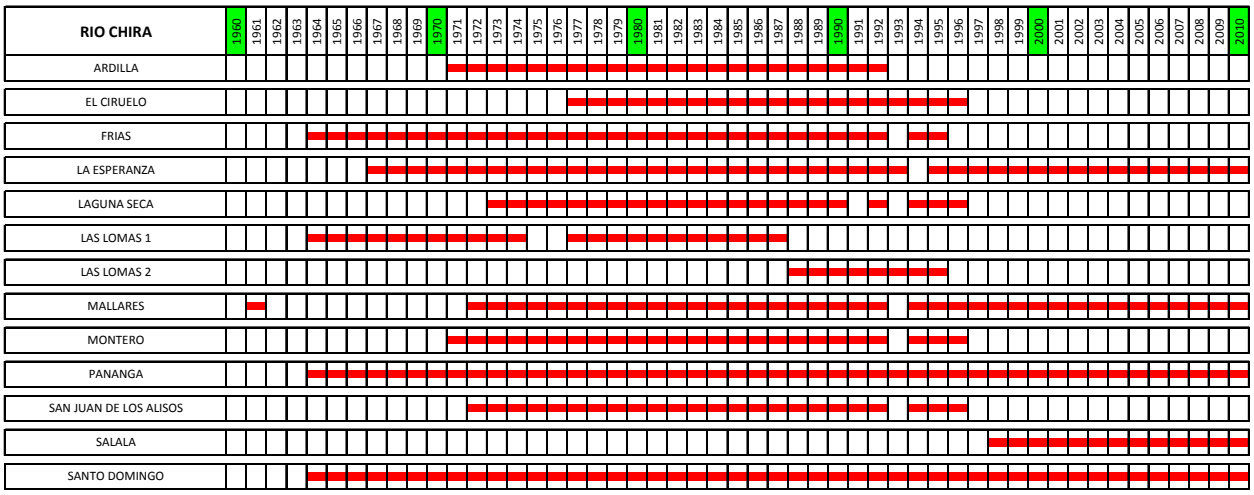


Figura Nº 3.2. Periodo y Longitud de la información disponible de las Estaciones Pluviométricas

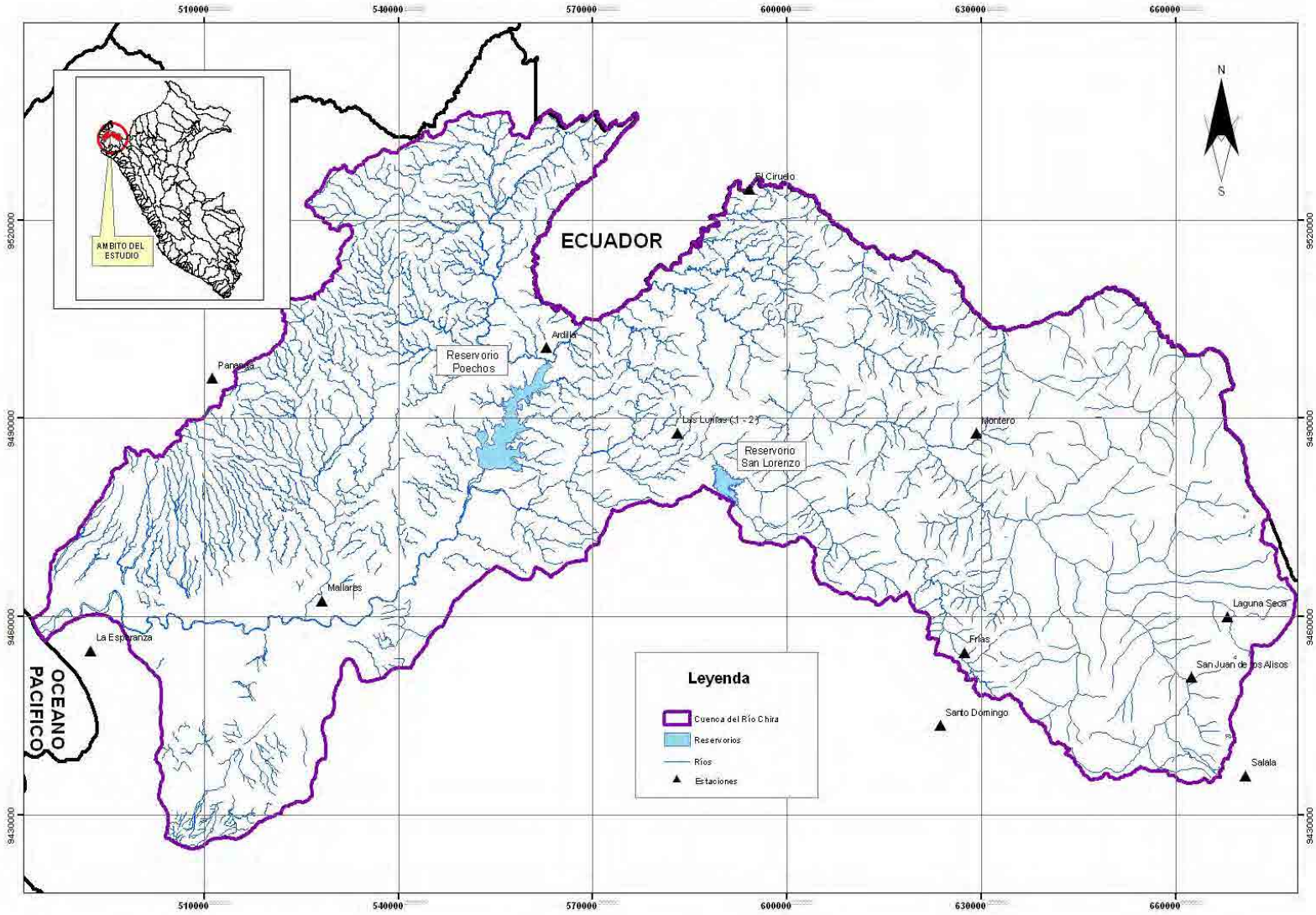


Figura Nº 3.3. Ubicación de las Estaciones Pluviométricas en la Cuenca del río Chira y Cuencas Vecinas

En el Cuadro Nº 3.2 se muestra los valores medios mensuales de las estaciones consideradas en el estudio y en la Figura Nº 3.4 se muestra la variación media mensual de la precipitación de cada estación; en el Anexo se muestran las series históricas de cada estación, así como también se muestra las graficas de las variaciones mensuales y anuales de cada estación.

Cuadro Nº 3.2. Características de las Estaciones Pluviométricas de la cuenca del río Chira y cuencas vecinas

ESTACION	Mes												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
ARDILLA	58.0	114.2	184.1	92.4	26.8	21.5	0.0	0.4	0.1	2.6	1.5	6.9	594.1
EL CIRUELO	102.2	161.0	231.1	141.0	22.1	8.1	1.3	0.2	0.6	2.6	4.4	30.3	680.3
FRIAS	180.3	251.8	308.4	155.7	54.1	12.6	4.0	5.3	10.3	19.2	19.2	74.1	1145.9
LA ESPERANZA	14.7	17.7	28.1	17.3	12.8	7.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	3.1	100.8
LAGUNA SECA	240.2	278.2	261.0	236.0	124.1	45.0	39.7	33.8	33.8	104.7	99.2	195.5	1584.1
LAS LOMAS 1	36.8	59.7	136.9	70.6	48.9	11.0	0.1	0.1	0.5	2.5	1.5	10.1	380.0
LAS LOMAS 2	8.3	86.9	123.0	53.0	5.7	0.6	0.1	0.1	0.0	0.2	2.2	5.9	287.6
MALLARES	30.2	46.3	69.6	37.5	15.0	0.4	0.2	0.2	0.3	1.0	0.9	8.2	221.5
MONTERO	123.7	181.2	296.1	191.1	79.9	29.3	5.5	5.8	7.8	17.6	15.1	45.7	987.4
PANANGA	39.3	59.9	95.2	43.8	14.3	3.9	0.1	0.0	0.2	0.8	0.9	11.4	272.5
SAN JUAN DE LOS ALISOS	186.7	222.7	229.5	184.7	68.9	33.9	18.3	18.8	22.1	67.2	72.7	145.4	1291.0
SALALA	104.4	138.9	128.0	114.7	82.4	58.4	51.4	27.1	33.3	81.1	84.0	104.0	1029.3
SANTO DOMINGO	169.0	263.7	370.6	217.4	74.5	12.7	2.8	4.3	10.7	16.6	28.6	76.7	1233.1

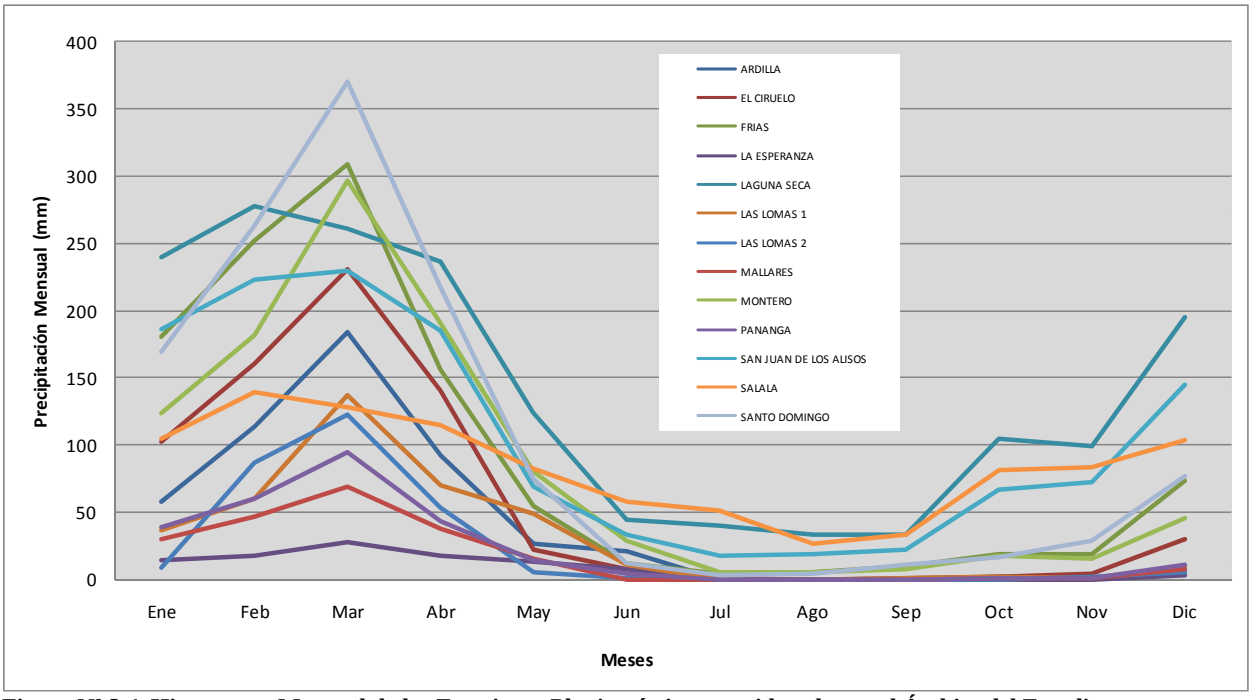


Figura Nº 3.4. Histograma Mensual de las Estaciones Pluviométricas consideradas en el Ámbito del Estudio

En el Cuadro Nº 3.2 y Figura Nº 3.4 observamos que del mes de octubre a abril se presentan las mayores precipitaciones y en los meses de mayo a septiembre se presentan las menores precipitaciones, así mismo observamos que la precipitación anual en la cuenca del río Chira varia de 1,584 mm (estación de Laguna Seca) a 100 mm (estación La Esperanza).

En la Figura Nº 3.5 se presenta la variación de la precipitación total anual de las estaciones consideradas en el estudio con sus respectivas tendencias. Tomando en consideración sólo las estaciones Montero, Panga y Santo Domingo que son las estaciones con mayor uniformidad en los registros, se estableció una ecuación lineal de tipo P = mt + b en donde P es la precipitación anual y t es el tiempo en años. Las variables m y b son las variables que proporcionan el mejor ajuste en una ecuación lineal. Los resultados se presentan en el cuadro 3.3, arrojando los siguientes valores de tendencias:

Cuadro Nº 3.3. Resultados del ajuste linela de las estaciones de Montero, Pananga y Santo Domingo

Estación	m	b	R^2
Montero	-20.42	1256	0.072
Pananga	7.25	93.39	0.035
Santo Domingo	21.75	710.4	0.142

El valor de los coeficientes de regresión R^2 es muy bajo. En el caso de la estación Montero habría una gradual tendencia decreciente y en las estaciones de Pananga y Santo Domingo una gradual tendencia creciente. Los valores de R^2 indican que las tendencias no son significativas y se puede afirmar que en las estaciones que cuentan con mayor número de datos no existe una tendencia clara al aumento o disminución de la precipitación.

Con la información mostrada en el Cuadro Nº 3.2 y con el apoyo del software ArcGIS se ha generado los mapas de isoyetas mensual (de enero a diciembre) y anual que se muestra en las Figuras Nº 3.6 a 3.17 y 3.18 respectivamente.

De las Isoyetas mostradas, observamos que las mayores precipitaciones en la cuenca se presentan en el mes de marzo y varían de 50 mm a 300 mm; y las menores precipitaciones se presentan en el mes de Agosto y varía de 5 mm a 25 mm.

La precipitación total anual en la cuenca del río Chira varía de 1,400 mm a 200 mm, tal como se puede observar en la Figura Nº 3.18.

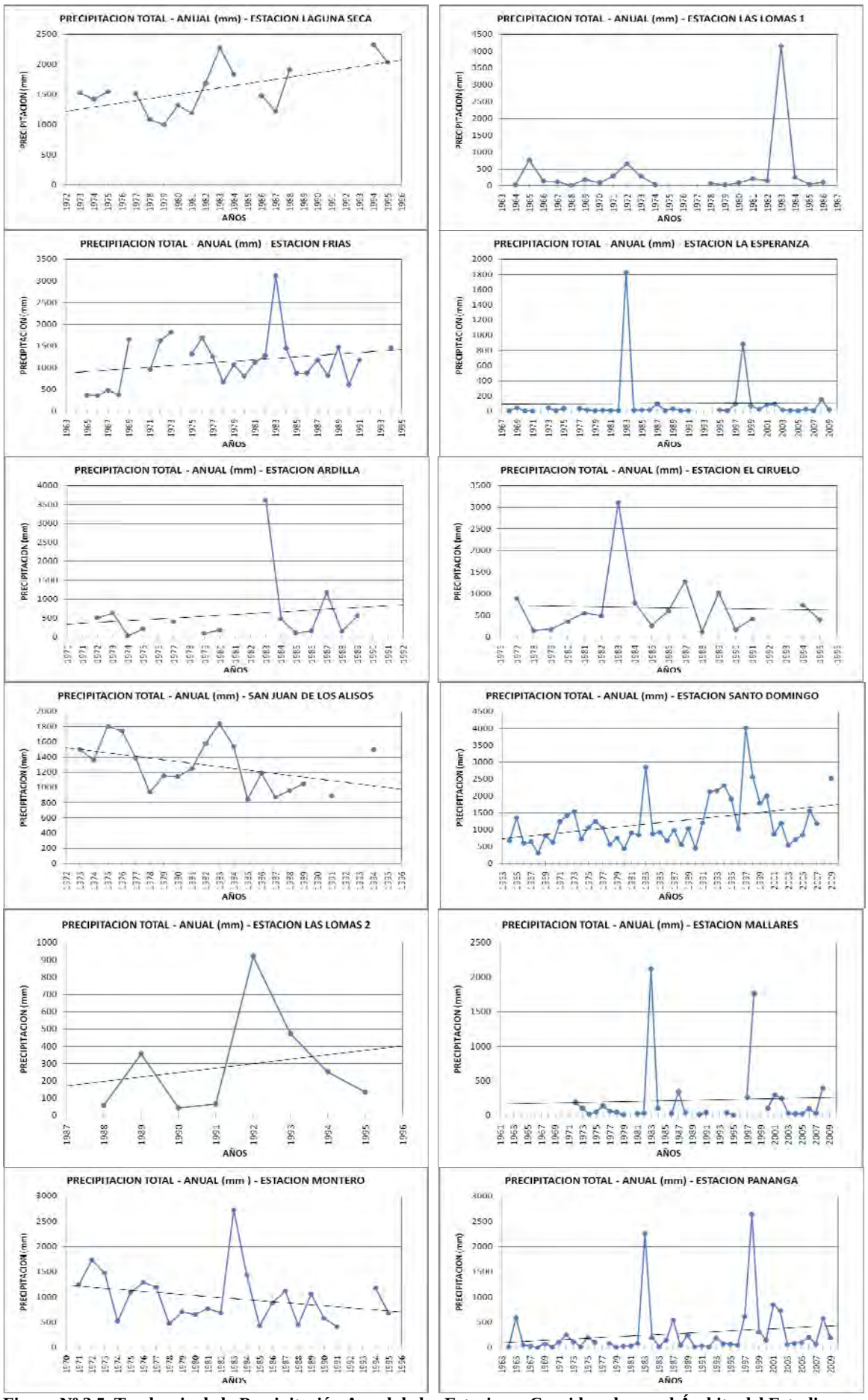


Figura Nº 3.5. Tendencia de la Precipitación Anual de las Estaciones Consideradas en el Ámbito del Estudio

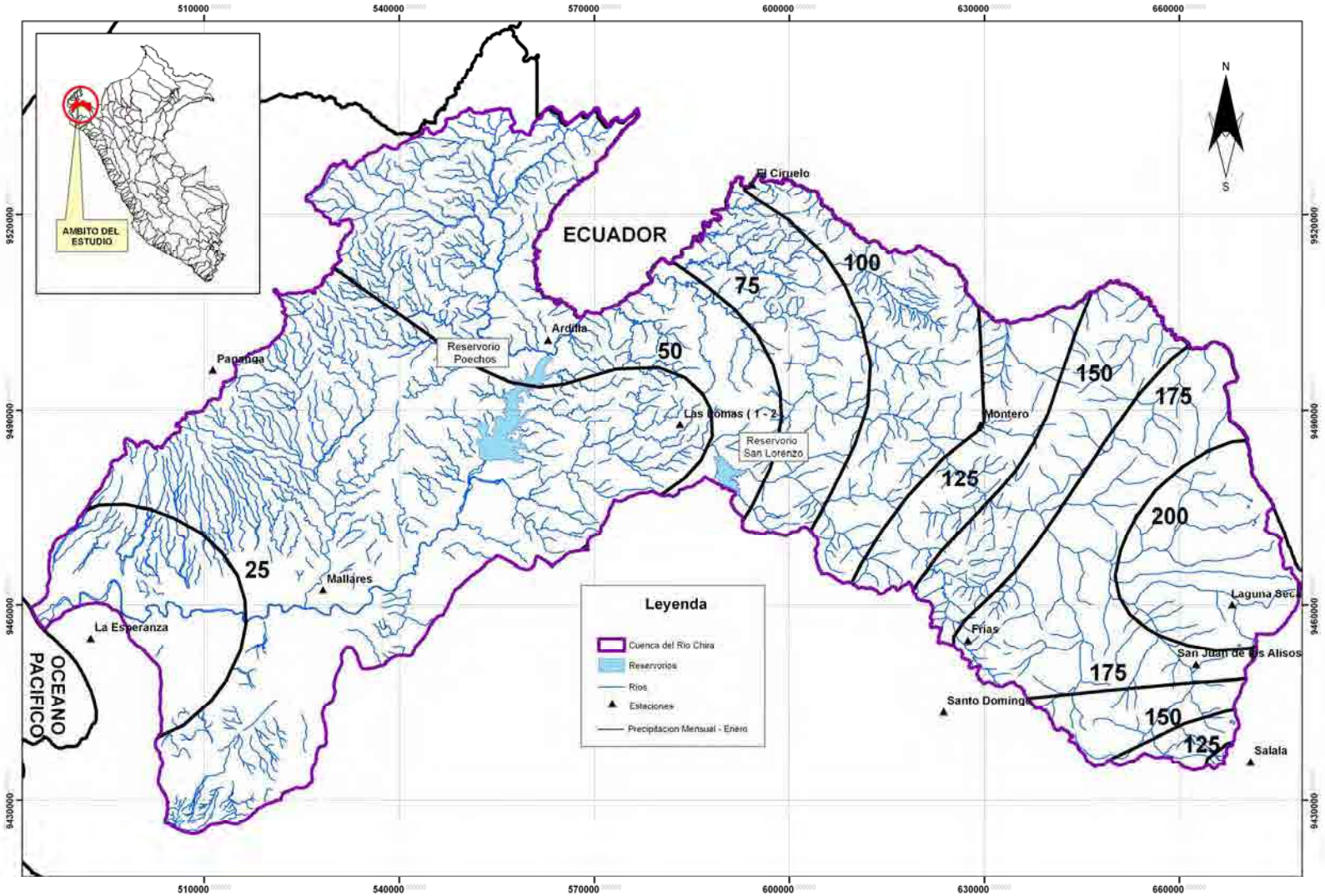


Figura Nº 3.6. Isoyeta del mes de Enero de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

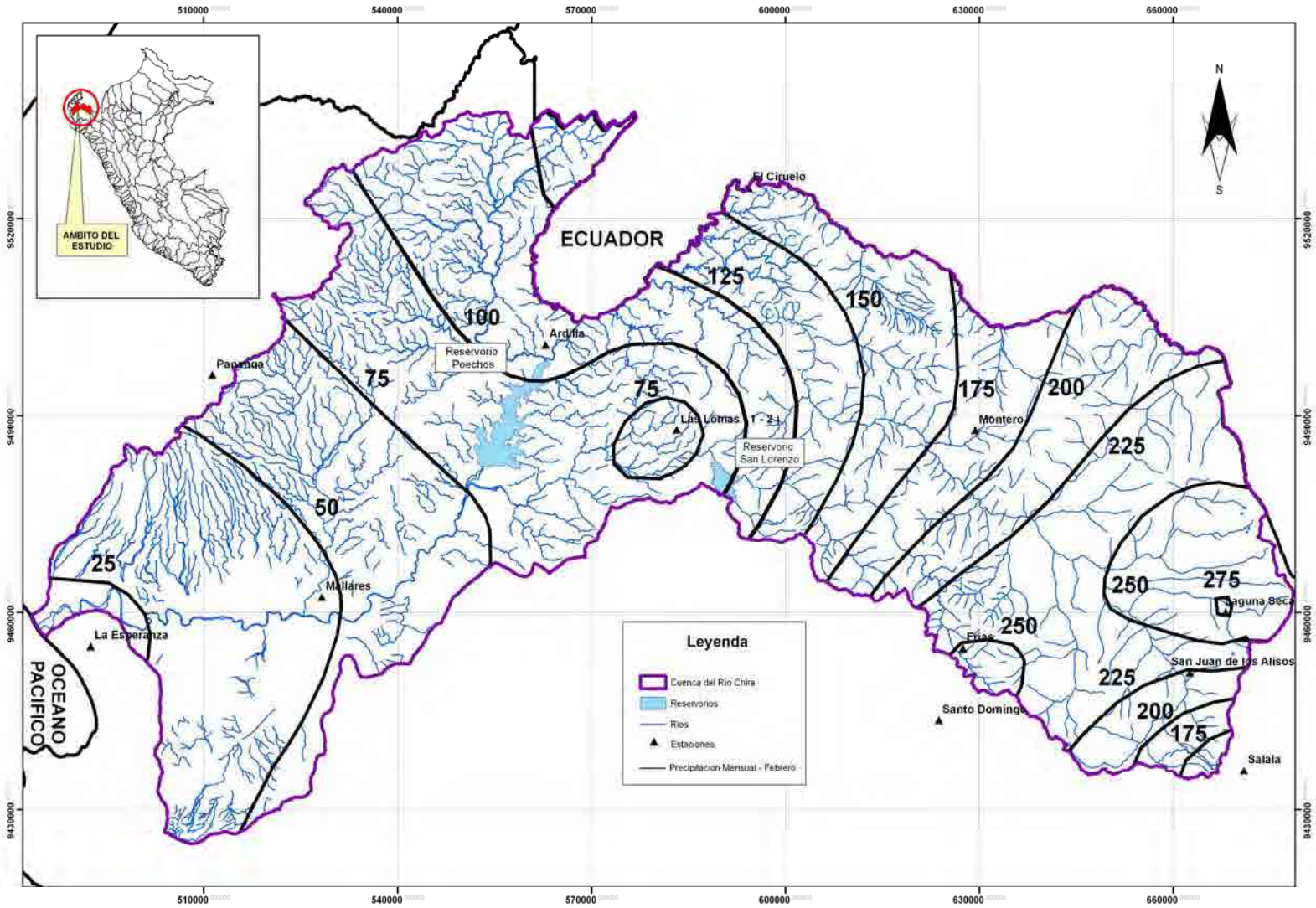


Figura Nº 3.7. Isoyeta del mes de Febrero de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

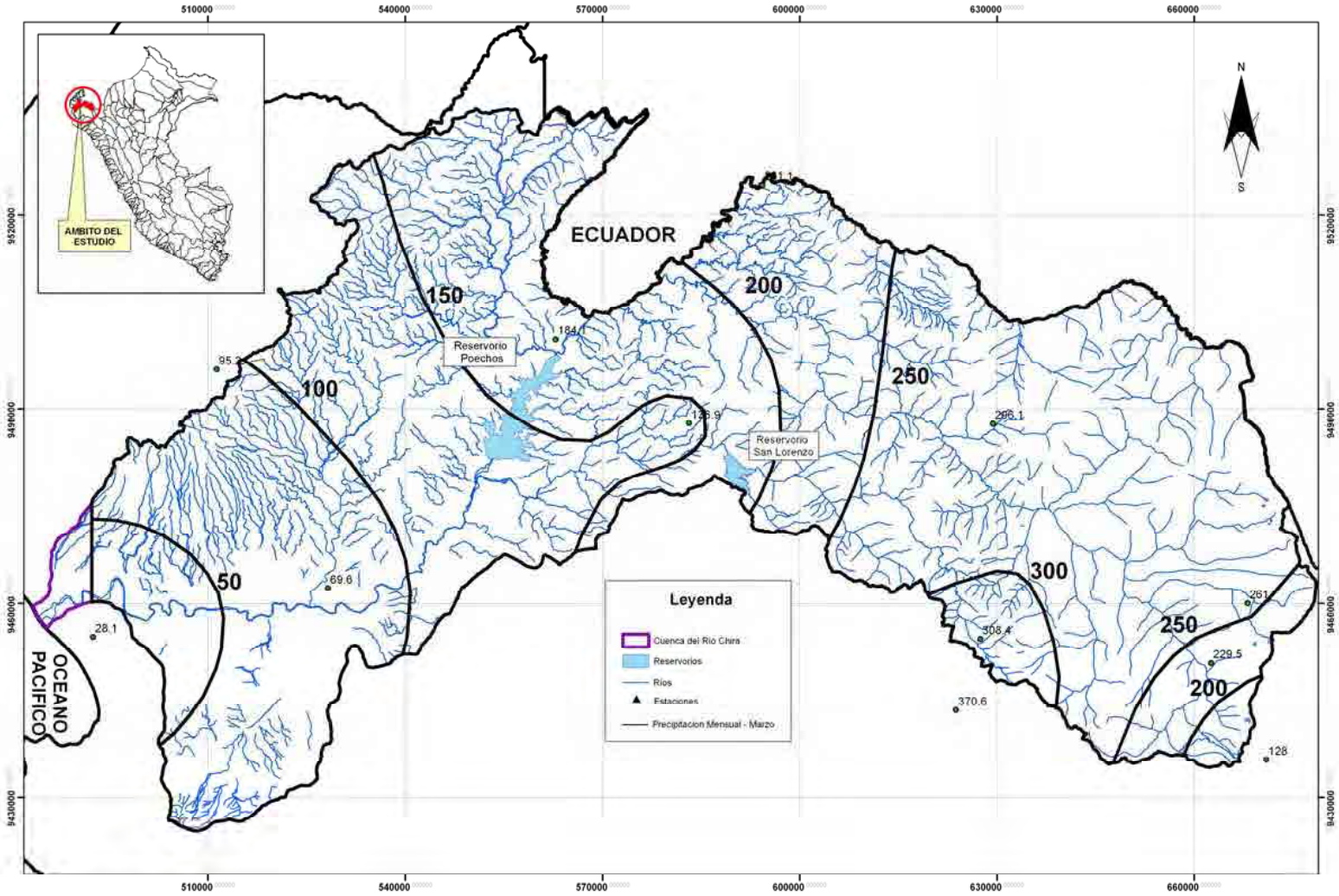


Figura Nº 3.8. Isoyeta del mes de Marzo de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

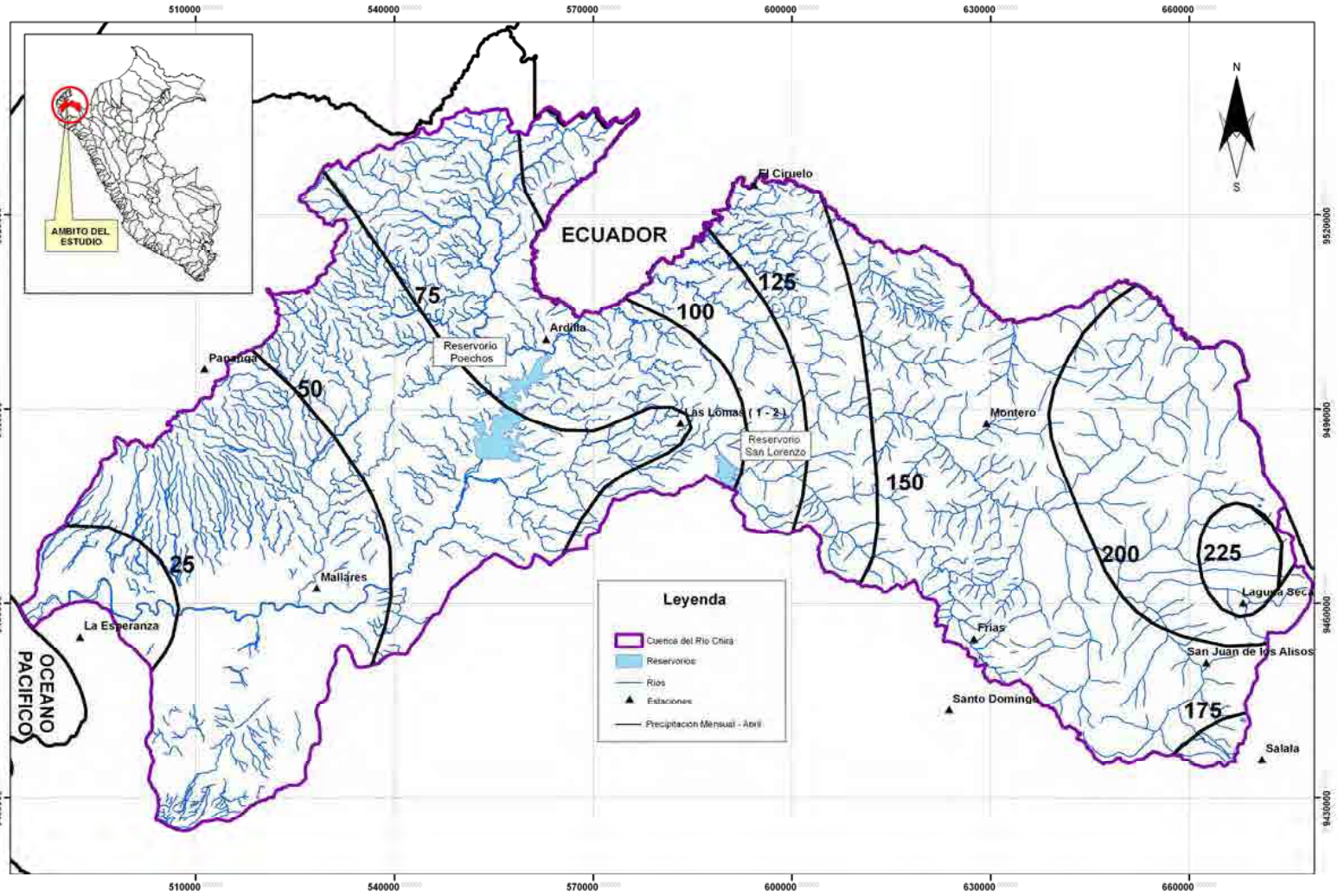


Figura Nº 3.9. Isoyeta del mes de Abril de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

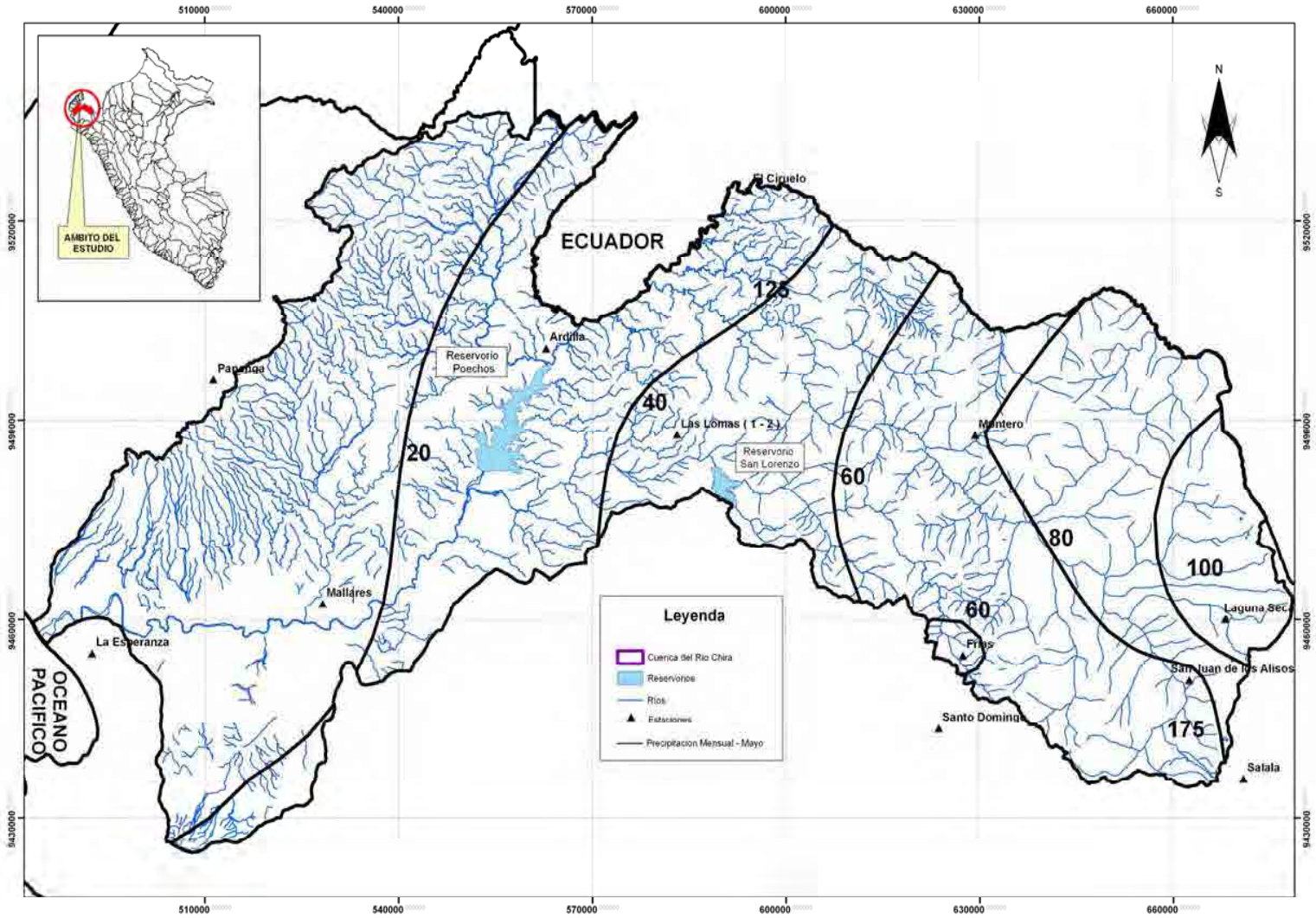


Figura Nº 3.10. Isoyeta del mes de Mayo de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

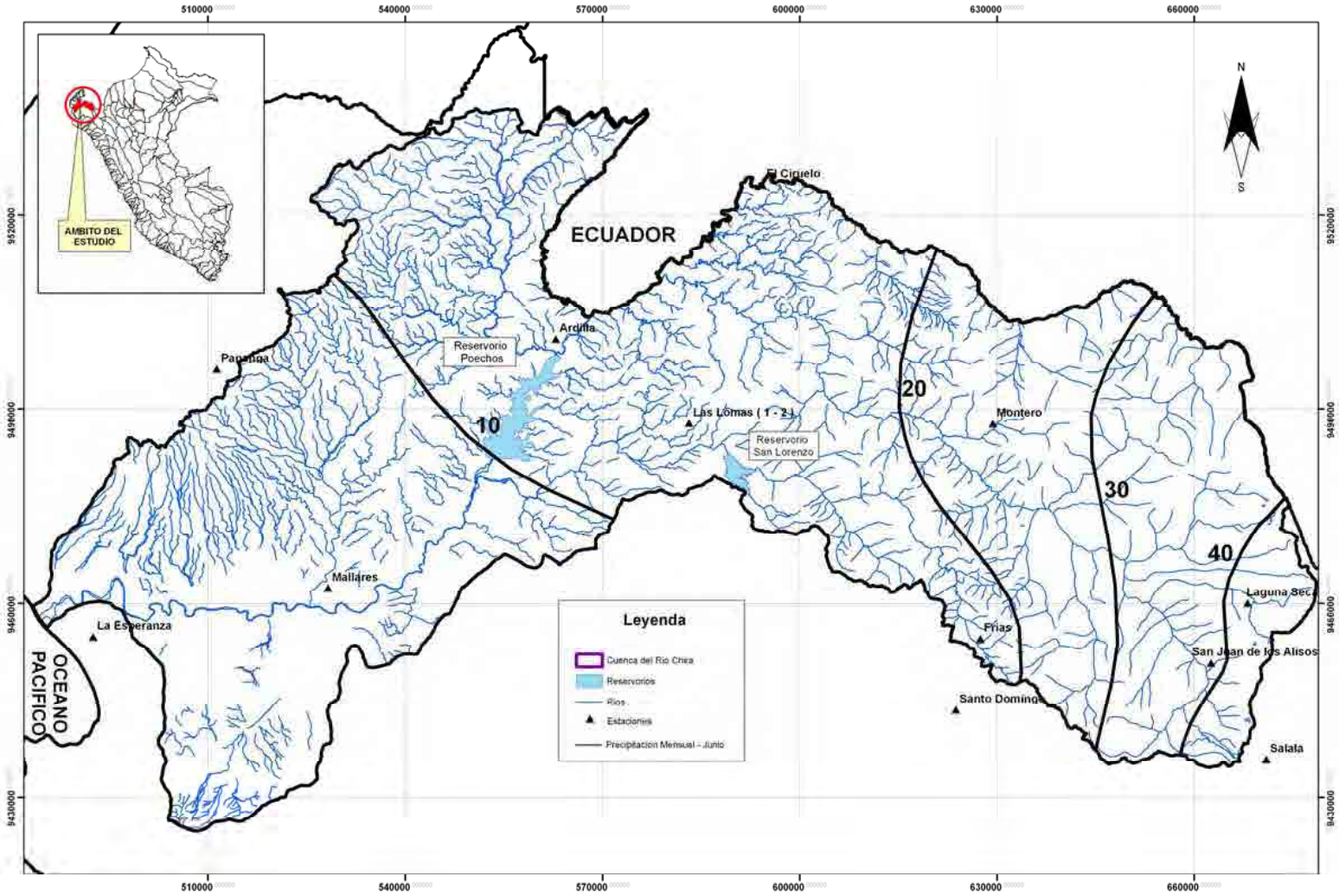


Figura Nº 3.11. Isoyeta del mes de Junio de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

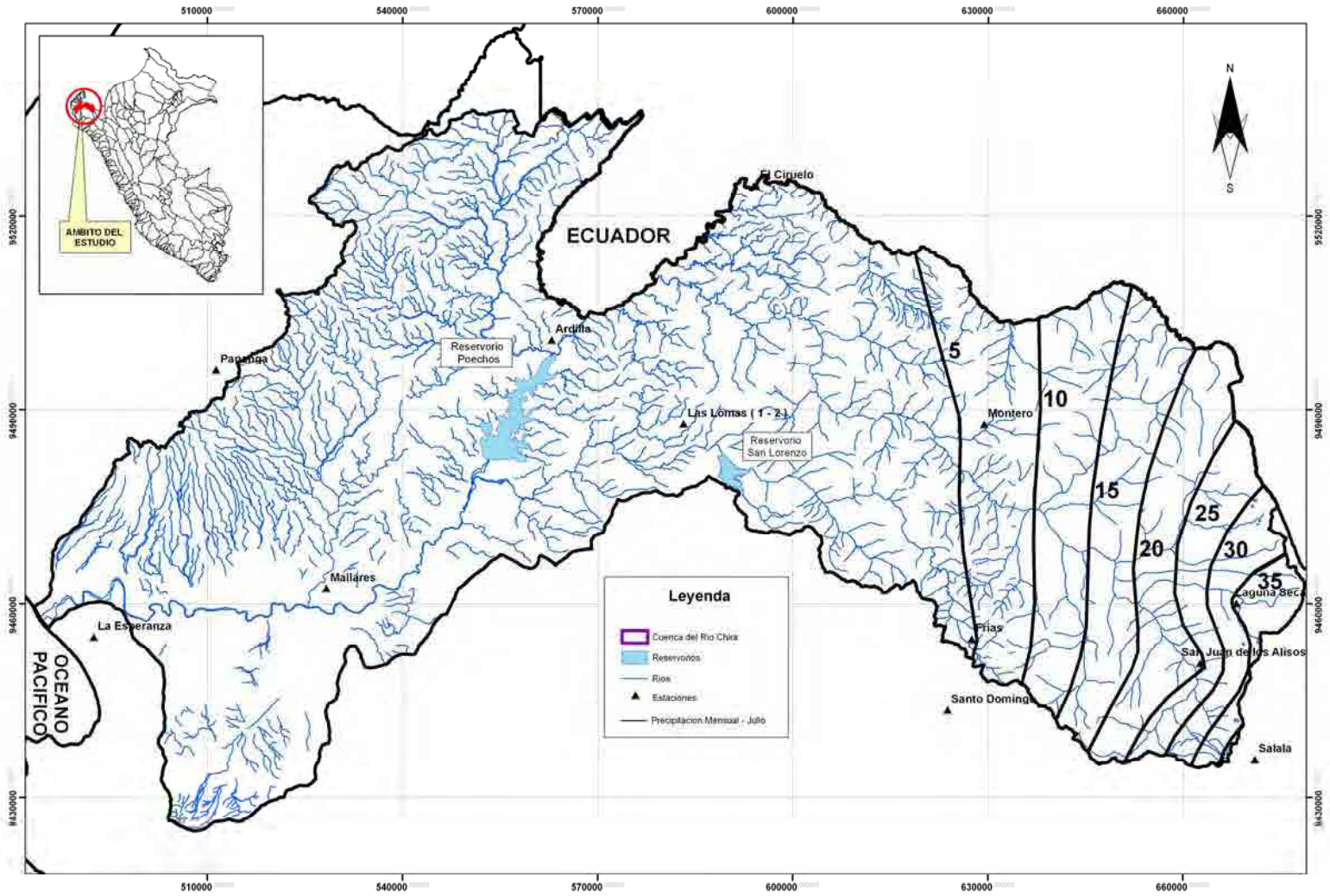


Figura Nº 3.12. Isoyeta del mes de Julio de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

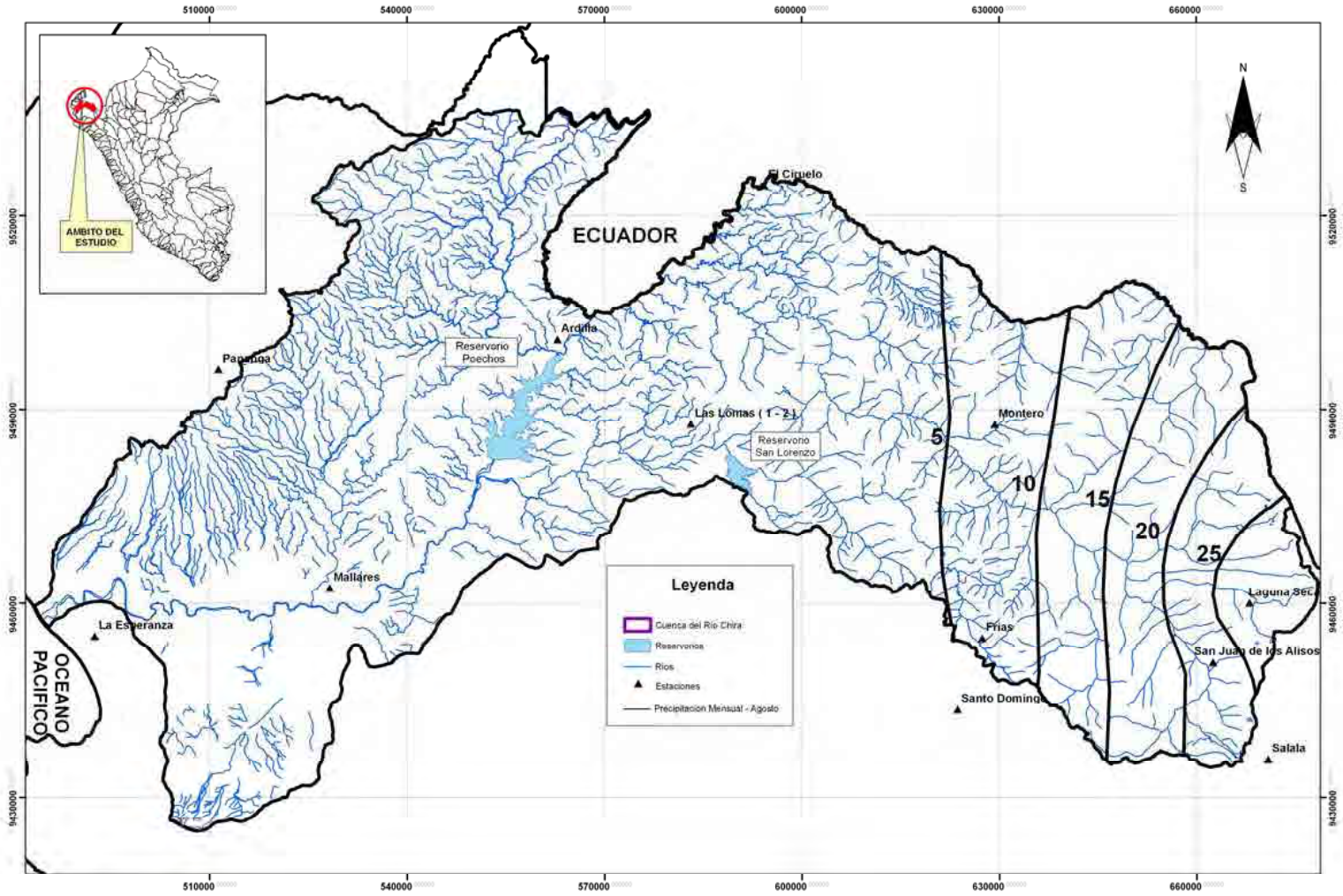


Figura Nº 3.13. Isoyeta del mes de Agosto de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

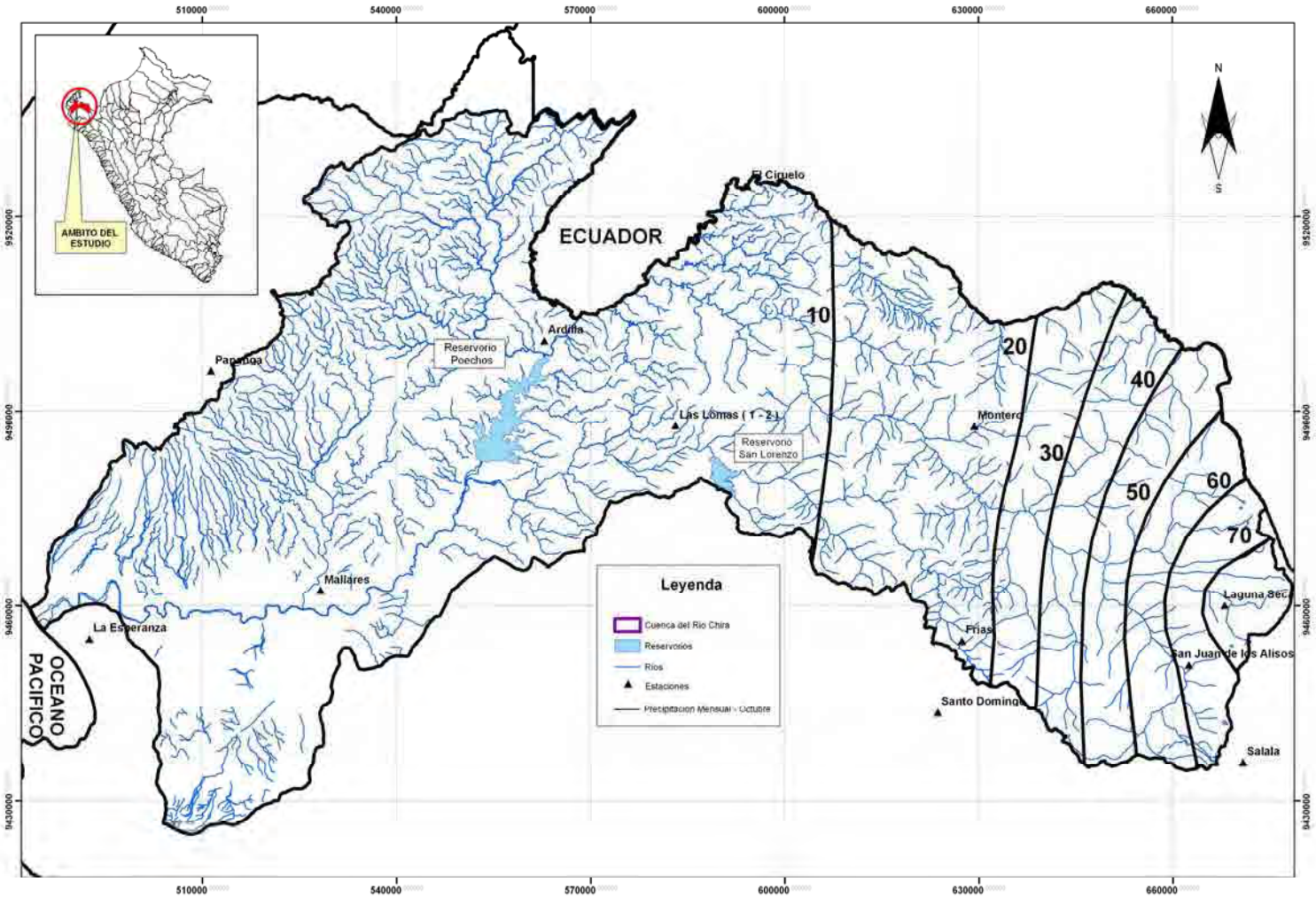


Figura N° 3.14 Isoyeta del mes de Septiembre de de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

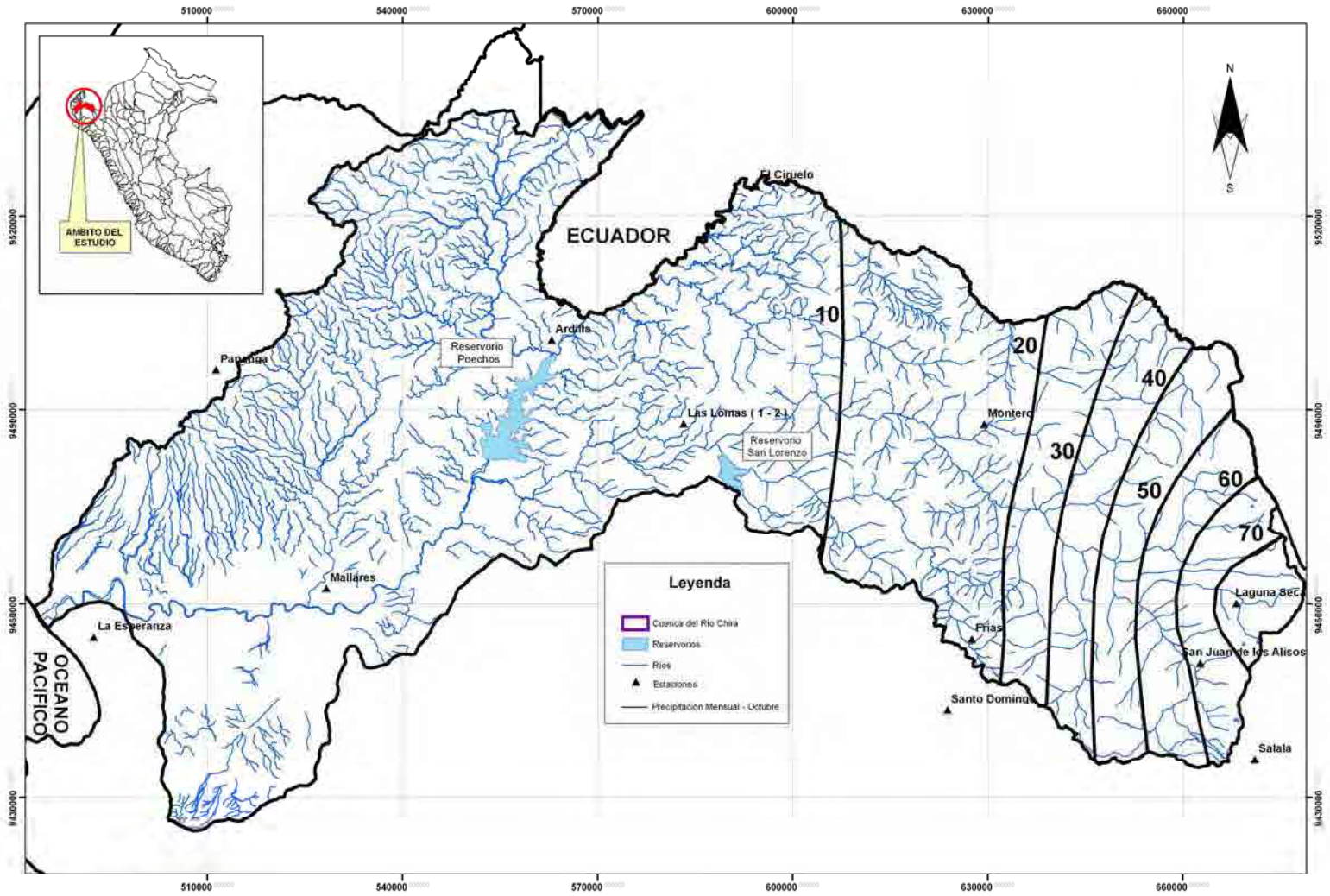


Figura Nº 3.15. Isoyeta del mes de Octubre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

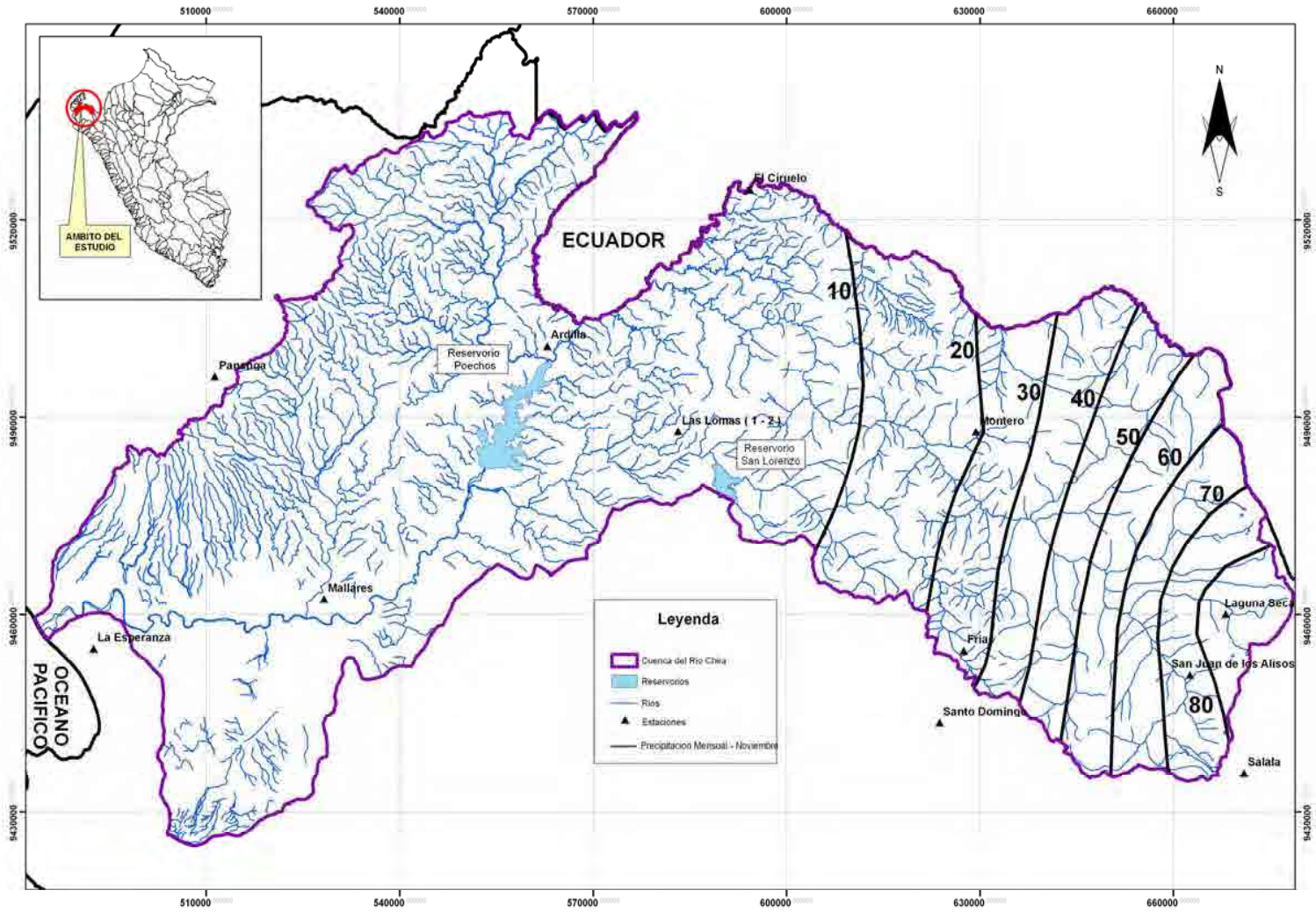


Figura Nº 3.16. Isoyeta del mes de Noviembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

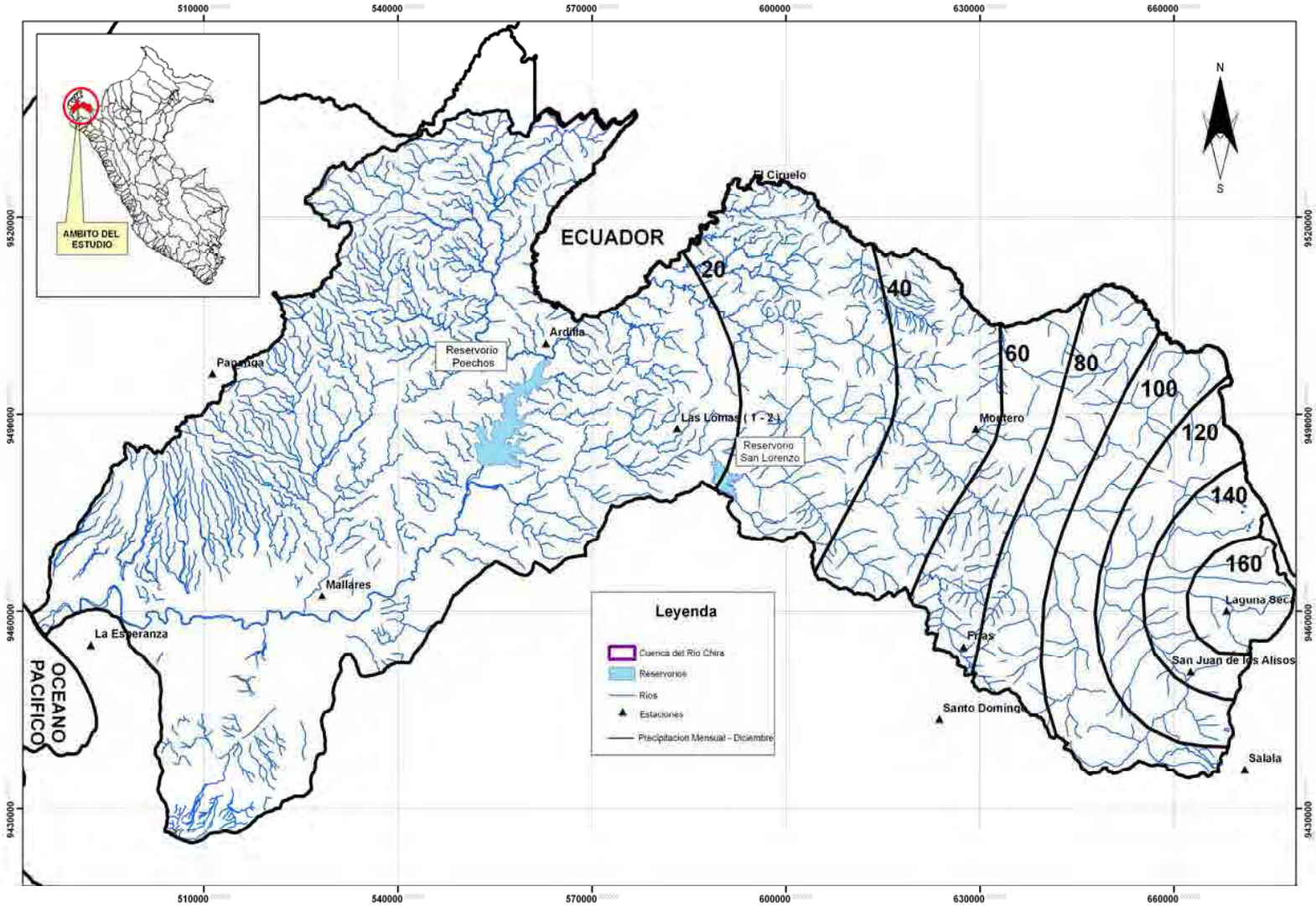


Figura Nº 3.17. Isoyeta del mes de Diciembre de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

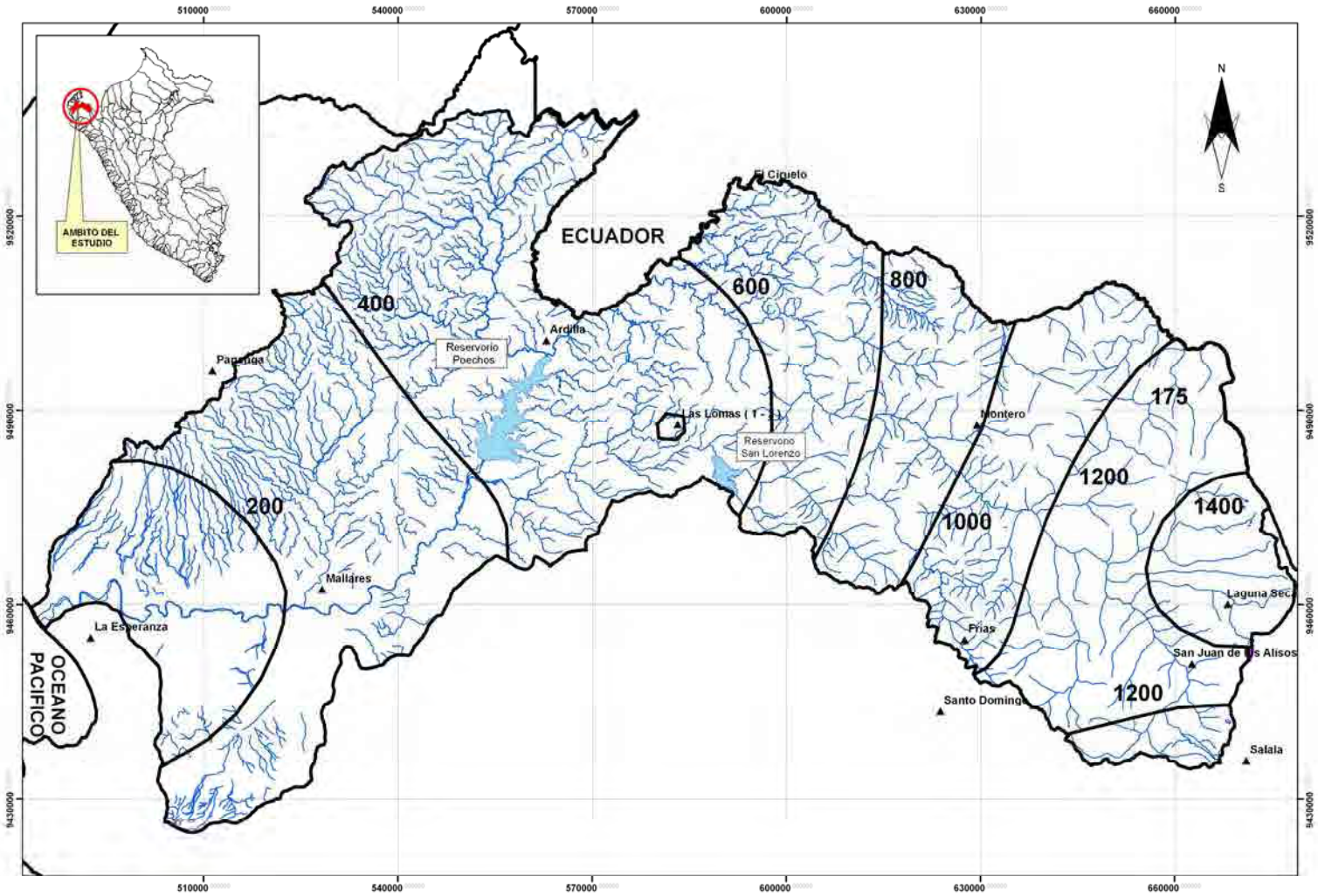


Figura Nº 3.18. Isoyeta Anual de la Precipitación Media Mensual en la cuenca del río Chira

3.2.2 Temperatura

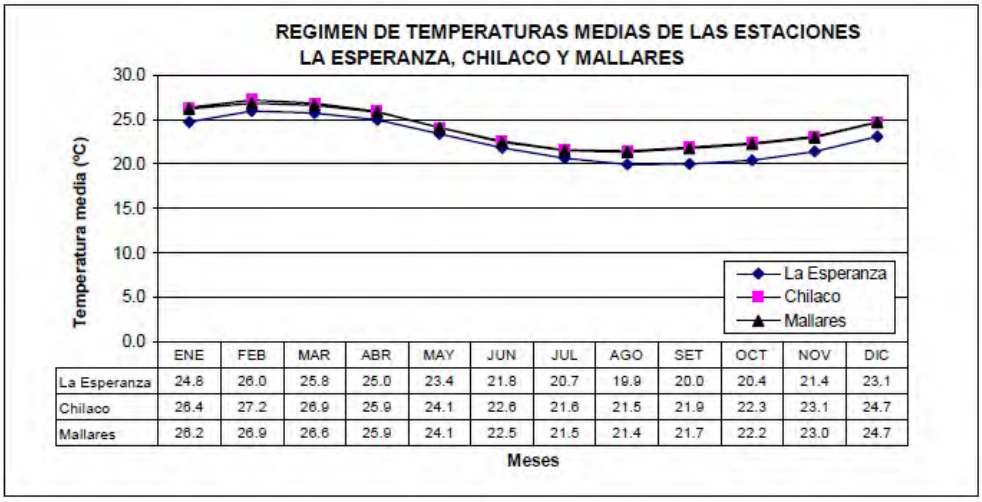
La temperatura del aire y sus variaciones diarias y estaciónales son muy importantes para el desarrollo de las plantas, constituyendo uno de los factores primordiales que influyen directamente en la velocidad de su crecimiento, longitud de su ciclo vegetativo y en las fases de desarrollo de plantas perennes.

La temperatura media anual en la cuenca para las zonas baja y media tienen valores similares de 24ºC, luego decrece en la cuenca alta con registros hasta de 13ºC.

Los valores máximos puntuales se presentan entre las 13 y 15 horas, alcanzando 38ºC en las zonas bajas (Febrero ó Marzo) y de 27ºC en la zona alta.

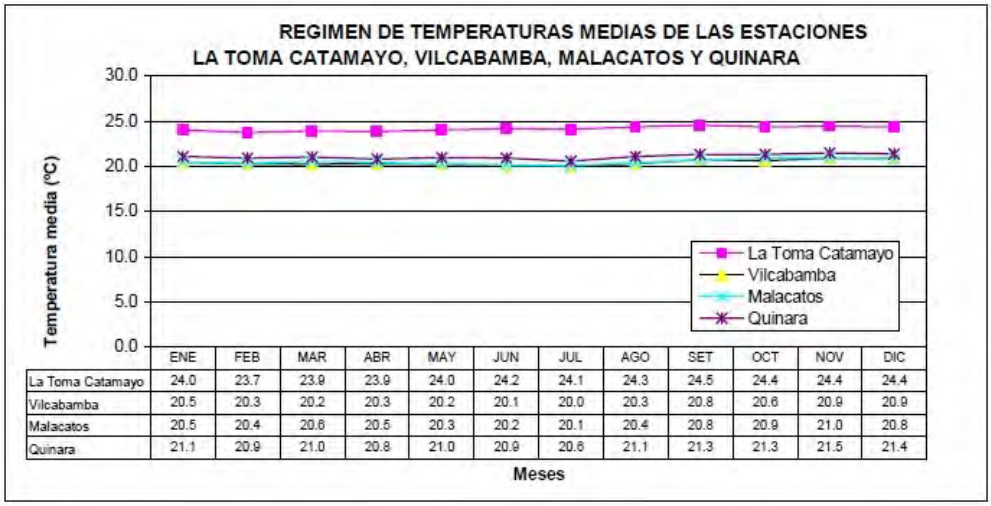
Los mínimos se producen en los meses de Junio a Agosto, alcanzando 15ºC en la Costa, bajando hasta 8ºC en los meses de Junio a Septiembre en la parte alta.

En las figuras 3.19 al 3.21 presentamos gráficos de temperatura media mensual correspondiente a estaciones ubicadas en el Ecuador.



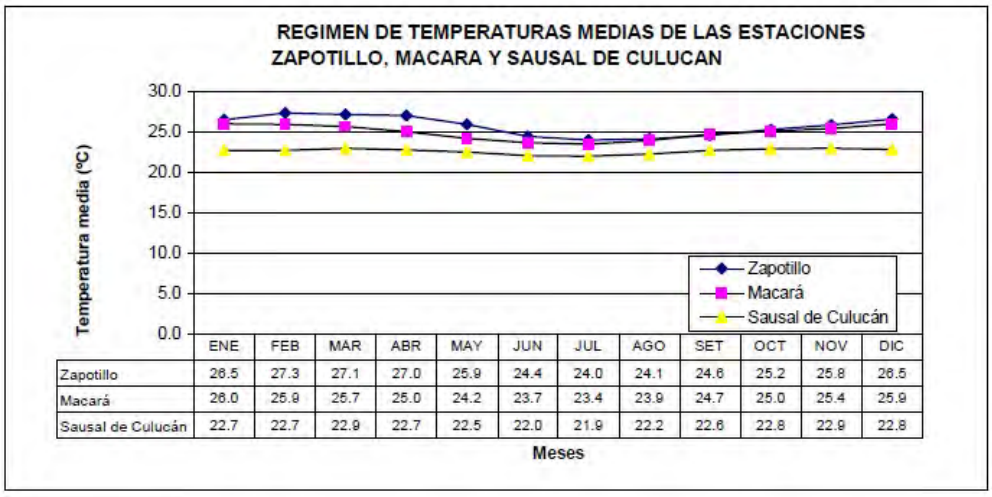
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
La Esperanza	24.8	26.0	25.8	25.0	23.4	21.8	20.7	19.9	20.0	20.4	21.4	23.1
Chilaco	26.4	27.2	26.9	25.9	24.1	22.6	21.6	21.5	21.9	22.3	23.1	24.7
Mallares	26.2	26.9	26.6	25.9	24.1	22.5	21.5	21.4	21.7	22.2	23.0	24.7

Figura Nº 3.19. Temperatura medias de las estaciones de La Esperanza, Chilaco y Mallares
Fuente: Proyecto Binacional Catamayo - Chira



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
La Toma Catamayo	24.0	23.7	23.9	23.9	24.0	24.2	24.1	24.3	24.5	24.4	24.4	24.4
Vilcabamba	20.5	20.3	20.2	20.3	20.2	20.1	20.0	20.3	20.8	20.6	20.9	20.9
Malacatos	20.5	20.4	20.6	20.5	20.3	20.2	20.1	20.4	20.8	20.9	21.0	20.8
Quinara	21.1	20.9	21.0	20.8	21.0	20.9	20.6	21.1	21.3	21.3	21.5	21.4

Figura Nº 3.20. Temperatura medias de las estaciones de La Toma Catamayo, Vilcabamba, Malacatos y Quinara
Fuente: Proyecto Binacional Catamayo – Chira



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Zapotillo	26.5	27.3	27.1	27.0	25.9	24.4	24.0	24.1	24.6	25.2	25.8	26.5
Macará	26.0	25.9	25.7	25.0	24.2	23.7	23.4	23.9	24.7	25.0	25.4	25.9
Sausal de Culucán	22.7	22.7	22.9	22.7	22.5	22.0	21.9	22.2	22.6	22.8	22.9	22.8

Figura Nº 3.21. Temperatura medias de las estaciones de Zapotillo, Macara y Sausal de Culucan
Fuente: Proyecto Binacional Catamayo – Chira

3.3 Hidrometría

Existen 25 estaciones hidrométricas ubicadas a lo largo de la cuenca del río Chira y sus cuencas vecinas. Estas estaciones son operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

En la Tabla Nº 3.4 se muestra la lista de las estaciones incluidas en este estudio, indicándose sus respectivas características tales como código, nombre y ubicación. En el Anexo se presentan los registros históricos de la lluvia total mensual y sus histogramas correspondientes.

Cuadro Nº 3.4. Principales Características de las Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del río Chira y cuencas vecinas.

CODIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CATEGORIA	CUENCA	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (msnm)	CONDICION	Periodo de Operación	
											INICIO	FIN
200302	SOLANA BAJA	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	LANCONES	80° 25'1	04° 31'1	112	Cerrada	1969-01	1975-12
200303	ZAMBA	HLM	CHIRA	PIURA	AYABACA	PAIMAS	79° 54'1	04° 40'1	761	Cerrada	No Disponible	
200304	LAGARTERA	HLM	CHIRA	PIURA	AYABACA	SAPILLICA	80° 04'1	04° 44'1	472	Cerrada	No Disponible	
200305	PUENTE SULLANA	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	SALITRAL	80° 41'1	04° 53'1	25	Paralizada	1938-09	1984-12
200306	PARDO DE ZELA	HLM	CHIRA	PIURA	PIURA	LAS LOMAS	80° 14'1	04° 40'1	233	Cerrada	1966-01	1975-02
200307	ROSITA	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	LANCONES	80° 30'1	04° 36'1	102	Cerrada	No Disponible	
200308	CANAL MIGUEL CHECA	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	SULLANA	80° 31'1	04° 41'1	68	Paralizada	1991-03	1995-07
200309	ENTRADA ARDILLA R. POECHOS	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	LANCONES	80° 26'1	04° 31'1	120	Paralizada	1991-03	1997-08
200310	PUENTE INTERNACIONAL MACARA	HLM	CHIRA	PIURA	AYABACA	SUYO	79° 57'1	04° 24'1	415	Paralizada	1991-03	1997-08
200311	CANAL CHIPILLICO	HLM	CHIRA	PIURA	PIURA	LAS LOMAS	80° 10'1	04° 44'1	300	Cerrada	1969-09	2009-11
200312	PARAJE GRANDE QUIROZ	HLM	CHIRA	PIURA	AYABACA	MONTERO	79° 54'1	04° 37'1	1060	Paralizada	1935-08	1995-07
200313	EL CIRUELO	HLM	CHIRA	PIURA	AYABACA	SUYO	80° 09'1	04° 18'1	300	Paralizada	1992-04	1992-04
200314	LOS ENCUENTROS	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	LANCONES	80° 17'1	04° 26'1	150	Cerrada	1975-11	2009-12
200316	CANAL PELADOS	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	SULLANA	80° 30'1	04° 41'1	100	Cerrada	No Disponible	
200318	SOLANA BAJA	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	LANCONES	80° 25'1	04° 31'1	112	Paralizada	No Disponible	
200319	PUENTE SULLANA	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	SALITRAL	80° 41'1	04° 53'1	25	Paralizada	1991-03	1998-01
200320	LAGARTERA	HLM	CHIRA	PIURA	AYABACA	SAPILLICA	80° 04'1	04° 44'1	472	Paralizada	No Disponible	
200321	AYABACA	HLM	CHIRA	PIURA	AYABACA	AYABACA	79° 45'1	04° 40'1	2663	Paralizada	No Disponible	
200322	RESERV POECHOS(VOL)	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	MARCAVELICA	80° 41'1	04° 31'1	333	Paralizada	No Disponible	
200323	RESERVORIO SAN LORENZO	HLM	CHIRA	PIURA	PIURA	LAS LOMAS	80° 12'1	04° 40'1	230	Paralizada	No Disponible	
200324	ALAMOR	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	LANCONES	80° 23'56.9	04° 28'48.41	133	Operativa	1997-09	2005-01
200418	CANAL YUSCAY	HLM	CHIRA	PIURA	PIURA	LAS LOMAS	80° 12'1	04° 40'1	230	Paralizada	No Disponible	
200426	SALIDA RESERVORIO POECHOS	HLM	CHIRA	PIURA	SULLANA	MARCAVELICA	80° 41'1	04° 31'1	333	Paralizada	1991-03	1997-08
4724B080	EL CIRUELO	EHA	CHIRA	PIURA	AYABACA	SUYO	80° 09'1	04° 18'1	300	Operativa	2001-01	2012-06
472606O	AYABACA	EMA	CHIRA	PIURA	AYABACA	AYABACA	79° 43'1	04° 38'1	2757	Operativa	2000-12	2011-12

HLM = Estación Hidrométrica con mira limnimetrica. Se mide la altura de agua manualmente (06:00, 10:00, 14:00 y 1800 horas) para calcular caudales diarios.
HLG = Estación Hidrométrica con limnimetro y limnigrafo mecánico. Se mide la altura de agua en las horas de observación (06:00, 10:00, 14:00 y 1800 horas). Se registran además de manera continua (horaria) los niveles de agua en papel.
EHA= Estación Hidrométrica Automática (datos horarios de nivel de agua por medio de sensores)

En la Figura No 3.22 se muestra el periodo y longitud de la data disponible en las estaciones hidrométricas. En la Figura No. 3.23 se muestra su ubicación en el ámbito de la cuenca del río Chira y cuencas vecinas.

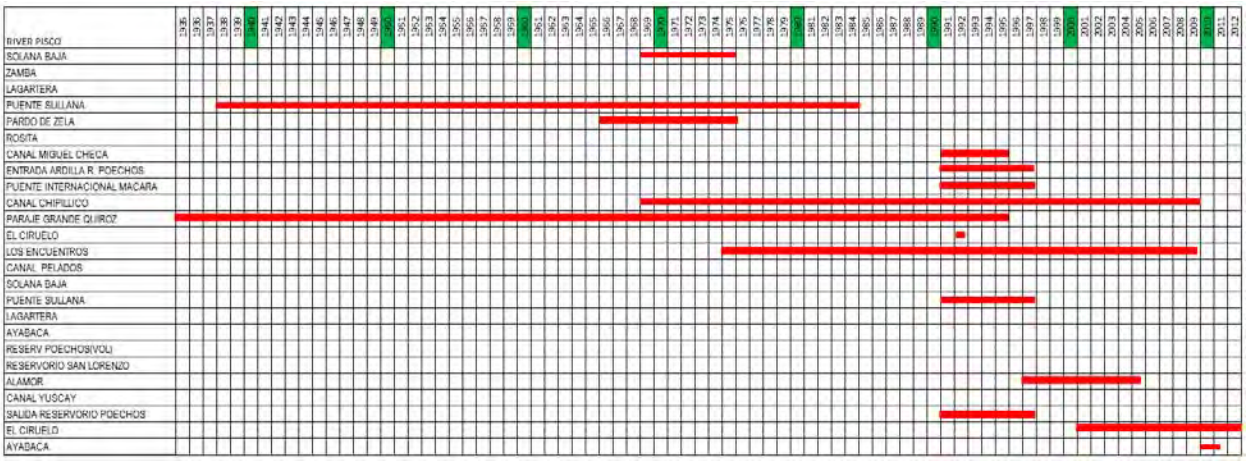


Figura Nº 3.22. Periodo y longitud de la información disponible en las Estaciones Hidrométricas

Se empleará la información de la estación hidrométrica Ardilla para la calibración del modelo hidrológico que será descrito en el ítem 4.2.4. Esta estación se ubica aguas abajo de la "porción húmeda" de la cuenca, por lo tanto los flujos registrados por esta estación son prácticamente los mismos que descargan hacia el Oceano Pacífico.

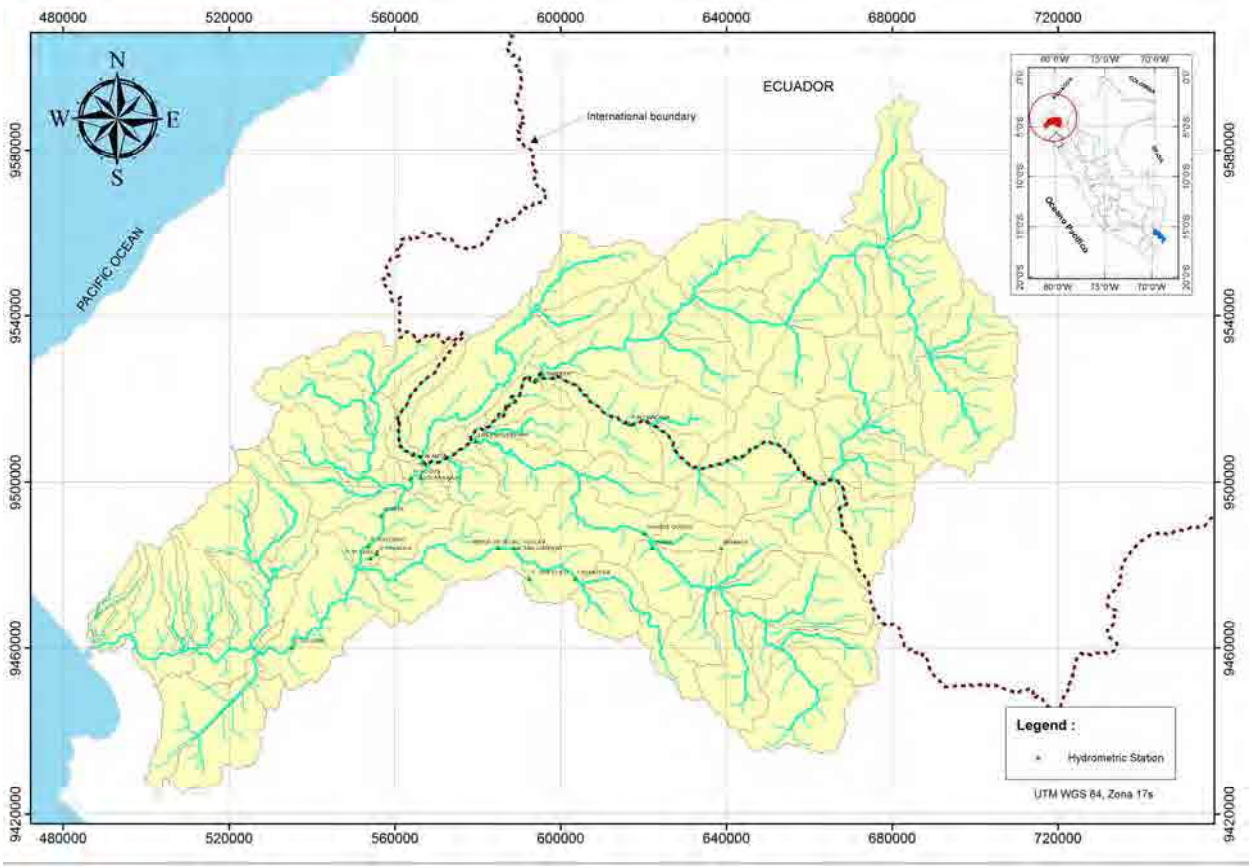


Figura Nº 3.23. Ubicación de la estación hidrométrica Ardilla en la Cuenca del Río Chira

3.4 Comentarios sobre la red de estaciones hidrológicas e hidrométricas de la Cuenca del Río Chira

3.4.1 Sobre las Estaciones Pluviométricas

Como se mencionó previamente la información pluviométrica empleada en el análisis fue proporcionada por el SENAMHI. De las 13 estaciones, 05 estaciones tienen información hasta el año 2010, 04 estaciones tienen información hasta el año 1996, 02 estaciones tienen información hasta el año 1995 y 01 estación tiene información hasta el año 1987.

Las estaciones con información anterior al año 2007 ya no están operativas, se presume que las estaciones restantes estan actualmente operativas. Si bien podría pensarse que la información correspondiente a estaciones que tienen información anterior a 1991 corresponde a información desfasada y no representativa, esta información ha sido utilizada debido a que la longitud de sus registros superan los 12 años y se ha considerado que aún pueden ser utilizadas para análisis estadísticos. De las 13 estaciones, 10 fueron utilzadas

para los análisis de descargas pico, las estaciones restantes no fueron utilizadas debido a su corto periodo de información y a la baja calidad de su información.

Las mediciones de lluvia se realizan empleando pluviómetros manuales, estos dispositivos acumulan la lluvia durante cierto periodo de tiempo luego del cual la lluvia acumulada es medida manualmente. En algunos casos, las lecturas se realizan una vez al día (a las 7 am); en otros casos, dos veces al día (a las 7 am y a las 7 pm), no se conoce el intervalo exacto de tiempo de las mediciones efectuadas en las estaciones usadas en el presente estudio.

3.4.2 Sobre las Estaciones Hidrométricas

Si bien las estaciones hidrométricas fueron operadas y mantenidas por SENAMHI, la información hidrométrica empleada en los análisis fue proporcionada por la Dirección General de Infraestructura Hidráulica (DGIH) del Ministerio de Agricultura.

De las 25 estaciones hidrométricas, 01 estación tiene información hasta el año 2012, 01 estación tiene información hasta el año 2011, 02 estaciones tienen información hasta el año 2009, 01 estación tiene información hasta el año 2005, 04 estaciones tienen información hasta el año 1997, 01 estación tiene información hasta el año 1995, 01 estación tiene información hasta el año 1992, 01 estación tiene información hasta el año 1984 y 02 estaciones tienen información hasta el año 1975.

Para los fines del presente estudio se empleó la información de las estaciones Ardilla y Puente Sullana. La estación Ardilla mide los flujos (sin Proyecto) aguas arriba del Reservorio de Poechos. La estación Puente Sullana mide los flujos aguas abajo del Reservorio de Poechos, sus corresponden a los flujos laminados por el reservorio Poechos.

En estas estaciones los niveles de agua se midieron leyendo el nivel en una regla graduada, las lecturas fueron transferidas a una libreta y las descargas fueron determinadas empleando una ecuación del tipo:

$$Q = aH^{b}$$

Donde Q es la descarga en m^3/s y H is la lectura en metros. Este tipo de estaciones no registran las descargas máximas instantáneas debido a que las lecturas no son continuas ni automáticas sino manuales. Se toma cuatro lecturas al día. Estas lecturas se realizan a las 6 am, 10 am, 14 pm y 18 pm. La mayor de estas lecturas es llamada máxima descarga diaria, sin embargo este valor no es la máxima descarga instantánea diaria.

3.4.3 Recomendaciones

Desde un punto de vista técnico se pueden dar las siguientes recomendaciones:
Sobre el Equipo:

- A fin de tomar en cuenta las variaciones climáticas a lo largo de la cuenca debido a efectos orográficos, se debe incrementar el número de estaciones climatológicas e hidrométricas.
- A fin de registrar los valores máximos instantáneos de lluvia y descargas, se debe automatizar la estaciones climatológicas e hidrométricas existentes.
- Se debe modernizar el equipo limnigráfico de las estaciones hidrométricas pasando de las bandas de papel convencional a las bandas de tipo digital.
- Sería deseable que la información recolectada este disponible en tiempo real.
- Se recomienda estudiar la posibilidad de establecer sistemas de alerta temprana basados en la mejora y el incremento de las estaciones hidrométricas y pluviométricas existentes.
- Para la realización de estudios complementarios se recomienda adquirir:

  - Equipo de muestreo de sedimentos.
  - Equipo para la medición de parámetros físicos de calidad de agua (pH, OD, turbidez y temperatura).

- Establecimiento de Bench Mark (BM) para estaciones climatológicas e hidrométricas usando GPS diferenciales. Esta información será útil para reponer la estación en caso de destrucción por vandalismo o desastres naturales.

Sobre la Operación y Mantenimiento del Equipo

- Las estaciones climatológicas e hidrometrícas en el área de estudio deben ser inspeccionadas frecuentemente.
- El mantenimiento del equipo debe estar a cargo de técnicos calificados certificados por los fabricantes.
- Se deben hacer calibraciones periodicas de los equipos en función del número de horas de uso.

Sobre la Calidad de los Datos Medidos

- Los datos tomados manualmente por los operadores de SENAMHI deben ser verificados independientemente.
- A fin de garantizar la calidad de la información recolectada en años previos, el gobierno debería implementar un programa de verificación de la información recolectada.
- Se debería instalar estaciones duplicadas en determinadas ubicaciones a fin de comparar las lecturas obtenidas en ambos equipos y verificar la calidad de la información obtenida.
- Cuando se tengan disponibles estaciones automáticas, se deberí a verificar la consistencia de sus lecturas instalando estaciones manuales y comparando las lecturas de ambas estaciones.

Es necesario mencionar que actualmente existe un acuerdo entre la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el SENAMHI a fin de proveer de equipamiento a las estaciones climatológicas operadas por SENAMHI mediante financiamiento externo. Se recomienda tomar acciones a fin de incluir a la cuenca del río Chira en este acuerdo.

IV. HIDROLOGIA DE MAXIMAS AVENIDAS

4.1 Consideraciones Previas

En este capitulo se describe la metodología de trabajo desarrollada para la generación de los caudales de avenida en los denominados Puntos Base (puntos de interés, estación Ardilla y estación Puente Sullana), para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

La estimación de las descargas máximas se ha realizado a partir de la información de precipitación máxima de 24 horas mediante un modelo precipitación – escorrentía, utilizando el Software HEC-HMS. El modelo ha sido calibrado mediante los registros históricos de caudales máximos diarios anuales de las estaciones Ardilla y Puente Sullana.

Reconocimiento de Campo:

El reconocimiento de campo ha comprendido una revisión de las características generales de la estación hidrométrica Puente Sullana y del punto base (punto de interés, en donde se estimara las descargas máximas), de las principales características topográficas y del uso de suelo de la cuenca vertiente a la zona de estudio, lo cual ha servido de apoyo para la definición de algunos parámetros a considerar para la generación de los caudales de avenida.

Metodología y Procedimiento:

La metodología y procedimiento empleado para la estimación de las descargas máximas, se resume a continuación:

- Identificación y delimitación de las subcuencas vertientes a los puntos base (puntos de interés, Estación Ardilla y Estación Puente Sullana), que han sido realizadan en base a las Cartas a escala 1:100000 y/ó 1:25000 e imágenes satelitales.

- Selección de estaciones pluviométricas existentes en el área del estudio y recopilación de registros históricos de precipitación máxima en 24 horas.

- Análisis de frecuencias de las precipitaciones máximas en 24 horas para cada estación y selección de la función de distribución con mejor ajuste.

- Cálculo de la precipitación areal de las cuencas vertientes a los puntos de interés a partir de los mapas de isoyetas elaborados para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

- Mediante el modelo precipitación escorrentía se generan los caudales de avenida para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, utilizando el software HEC – HMS.,

- Calibración del modelo basado en los caudales máximos diarios obtenido en el análisis de frecuencia realizado con los datos de la Estación Hidrométrica Ardilla.

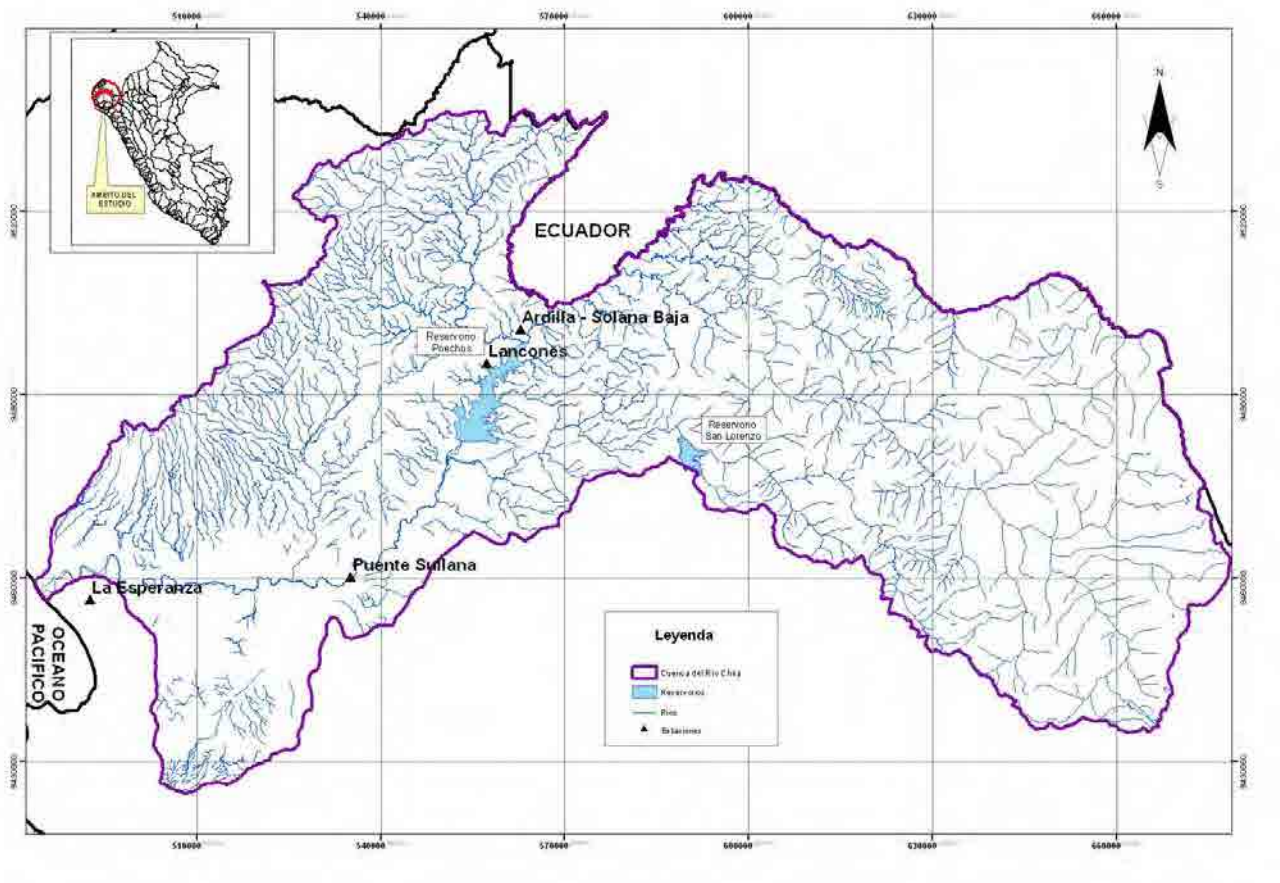


Figura Nº 4.1. Posiciones relativas de la Estaciones Hidrológicas en el área de estudio

4.2 Modelamiento Hidrológico

4.2.1 Delimitación de Cuenca

El área de la cuenca del río Chira, hasta el Puente Simón Rodríguez es 17059 Km^2., para fines del modelamiento se dividió en subcuencas. Como se trata de una cuenca bi-nacional se reunió información de las subcuencas del lado ecuatoriano (donde nace el río Catamayo-Piura) y del lado peruano, donde el río Chira finalmente descarga sus aguas al Océano Pacífico.

En el Cuadro 4.1 se muestran las subcuencas identificadas en un estudio del Sistema Catamayo-Piura y sus respectivas áreas de contribución.

Cuadro Nº 4.1. Principales Subcuencas Identificadas

Sub - Cuencas		Area (km^2)
Catamayo		4184
Macara		2833
Quiroz		3108
Alamor		1190
Chipillico		1170
Chira	C-1	878
	C-2	1301
	C-3	636
	C-4	921
	C-5	414
	C-6	99
	C-7	325
	Total	17059

4.2.2 Precipitación de Diseño

4.2.2.1 Funciones de Distribución

A continuación se describe las funciones de distribución:

1. Distribución Normal ó Gaussiana

Se dice que una variable aleatoria X, tiene una distribución normal, si su función densidad es,

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

Para $-\infty < x < \infty$

Donde:

f(x) = Función densidad normal de la variable x.

x = Variable independiente.

X = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

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

2. Distribución Log – Normal de Dos Parámetros

Cuando los logaritmos, ln(x), de una variable x están normalmente distribuidos, entonces se dice que la distribución de x sigue la distribución de probabilidad log – normal en que la función de probabilidad log – normal f(x) viene representado como:

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

Para 0<x<∞, se tiene que x~logN(μ_y, σ_y2)

Donde:

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

3. Distribución Log – Normal de Tres Parámetros

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

La función de densidad, de la distribución log – normal de tres parámetros, es:

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

Para $x_o \leq x < \infty$

Donde:

x_o = Parámetro de posición en el dominio x.

μ_y, = Parámetro de escala en el dominio x.

σ_y^2 = Parámetro de forma en el dominio x

4. Distribución Gamma de Dos Parámetros

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

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

Para

$0 \leq x < \infty$

$0 < y < \infty$

$0 < \beta < \infty$

Siendo:

γ = Parámetro de forma (+)

β = Parámetro de escala (+)

$\Gamma_{(\gamma)}$ = Función gamma completa, definida como:

$\Gamma_{(\gamma)} = \int x^{\gamma-1} e^{-x} dx$, que converge si $\gamma > 0$

5. Distribución Gamma de Tres Parámetros o Pearson Tipo III

La distribución Log Pearson tipo 3 (LP3) es un modelo muy importante dentro de la hidrología estadística, sobre todo, luego de las recomendaciones del Consejo de Recursos Hidráulicos de los Estados Unidos (Water Resources Council – WRC), para ajustar la distribución Pearson tipo 3 (LP3) a los logaritmos de las máximas avenidas. Pues, la distribución LP3, es una familia flexible de tres parámetros capaz de tomar muchas formas diferentes, por consiguiente es ampliamente utilizado en el modelamiento de series anuales de máximas avenidas de los datos no transformados.

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

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

Para

$x_o \leq x < \infty$

$-\infty < x_o < \infty$

$0 < \beta < \infty$

$0 < \gamma < \infty$

4.2.2.2 Cálculo de la Precipitación Máxima en 24 Horas para Diferentes Periodos de Retorno

Se realizaron análisis de frecuencias con los datos de precipitación máxima en 24 horas para cada estación pluviométrica usando las funciones de distribución de probabilidad Normal, Log Normal de 2 y 3 parámetros, Log Pearseon III, Gumbel y Log Gumbel.

Se adoptaron los resultados de la distribución que tenía mejor ajuste según la prueba de bondad de Smirnov-Kolmogorov. Se realizaron estimaciones para los eventos de 2, 5, 10, 25, 50, y 100 años de periodo de retorno.

En el Cuadro 4.2a se presentan los valores de precipitación máxima en 24 horas de la estación Mallares para los periodos de retorno de 10. 50, 100 y 500 años. Esta estación ha sido seleccionada como estación representativa para los fines del estudio.

Cuadro Nº 4.2a. Precipitaciones Máximas en 24 Horas (mm) para Diferentes Periodos de Retorno

Estación	Elevación (msnm)	Número de Años de Registro	Periodo de Retorno (años)			Distribución Adoptada
			50	100	500	
Mallares	45	39	251	344	643	Log Pearson II

4.2.2.3 Mapas de Isoyetas

Se generaron mapas de isoyetas de la cuenca del río Chira correspondientes a los eventos de tormenta de 2, 5, 10, 25, 50, y 100 años de periodo de retorno.

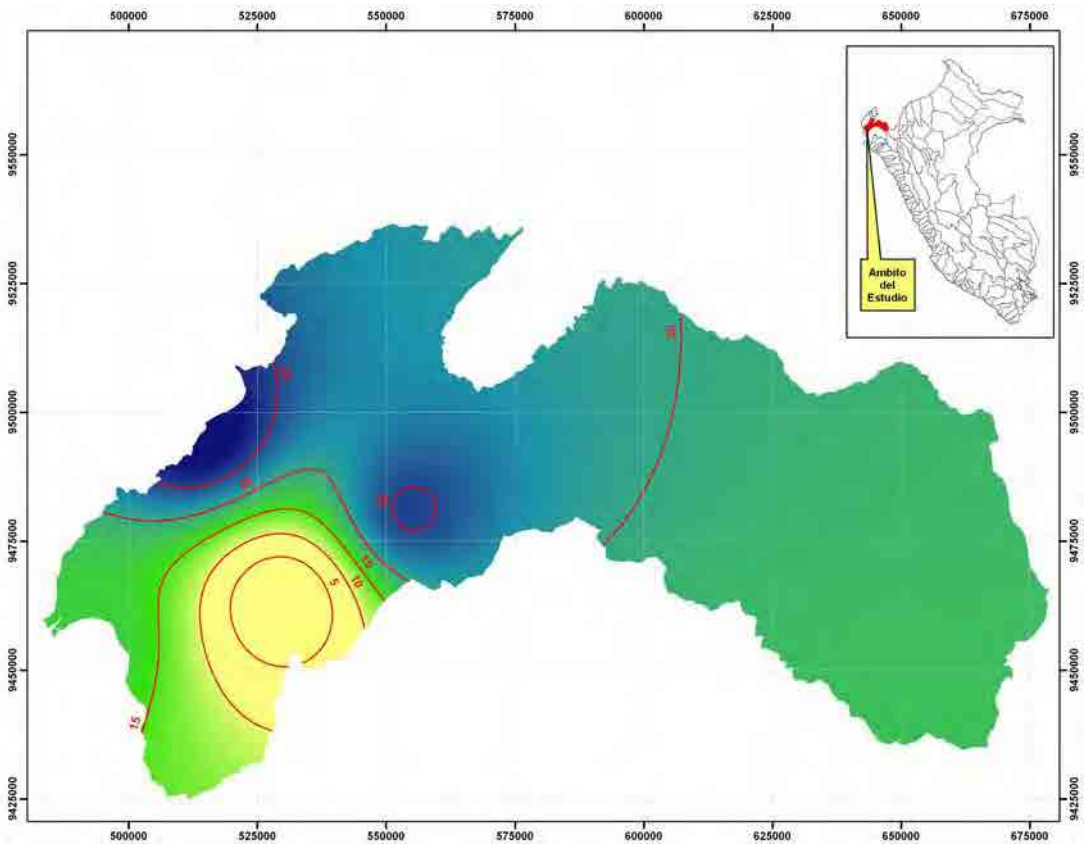


Figura Nº 4.2a. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 2 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira.

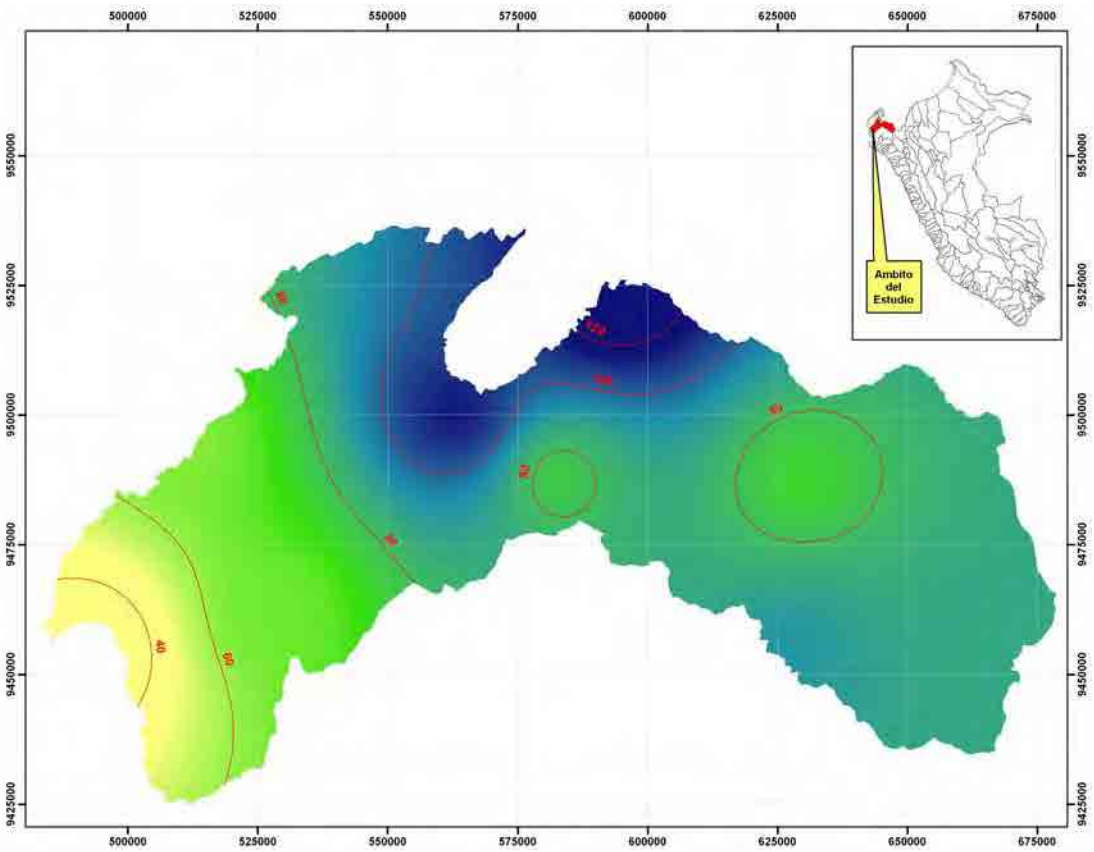


Figura Nº 4.2b. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 5 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira.

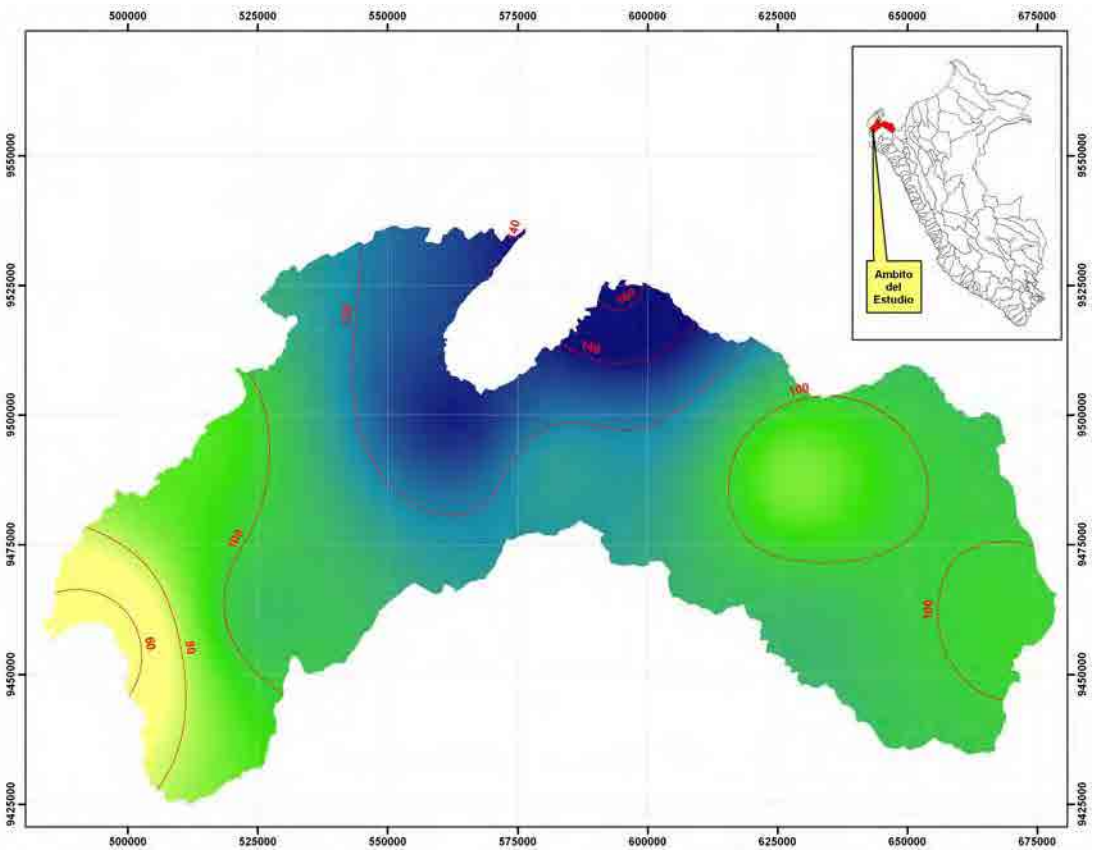


Figura Nº 4.2c. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 10 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira.

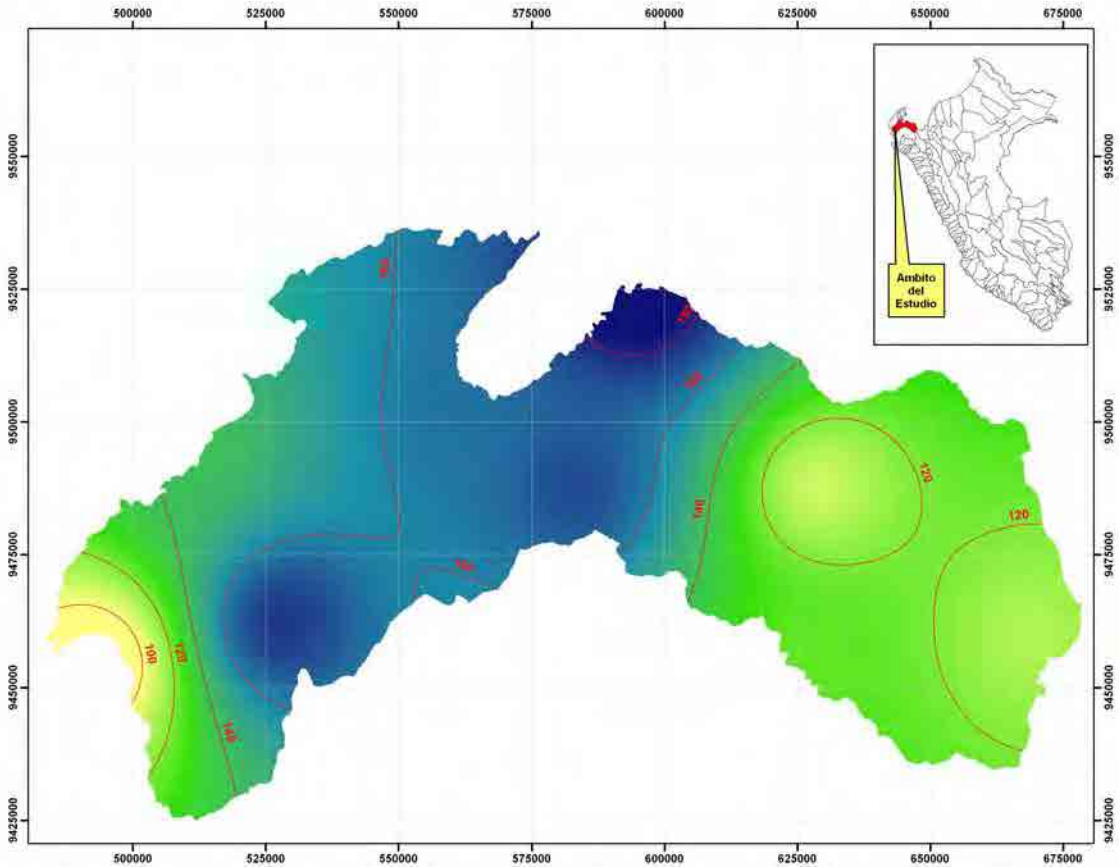


Figura Nº 4.2d. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 25 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira.

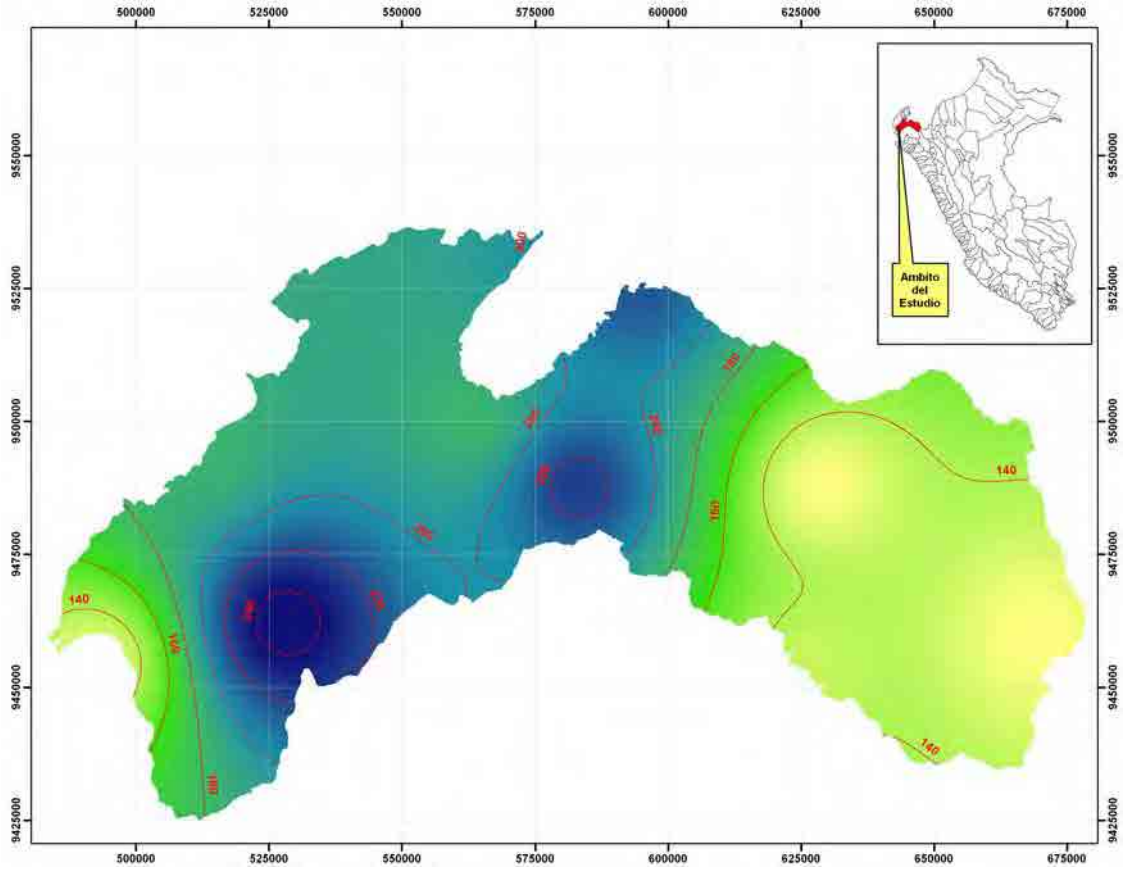


Figura Nº 4.2e. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 50 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira.

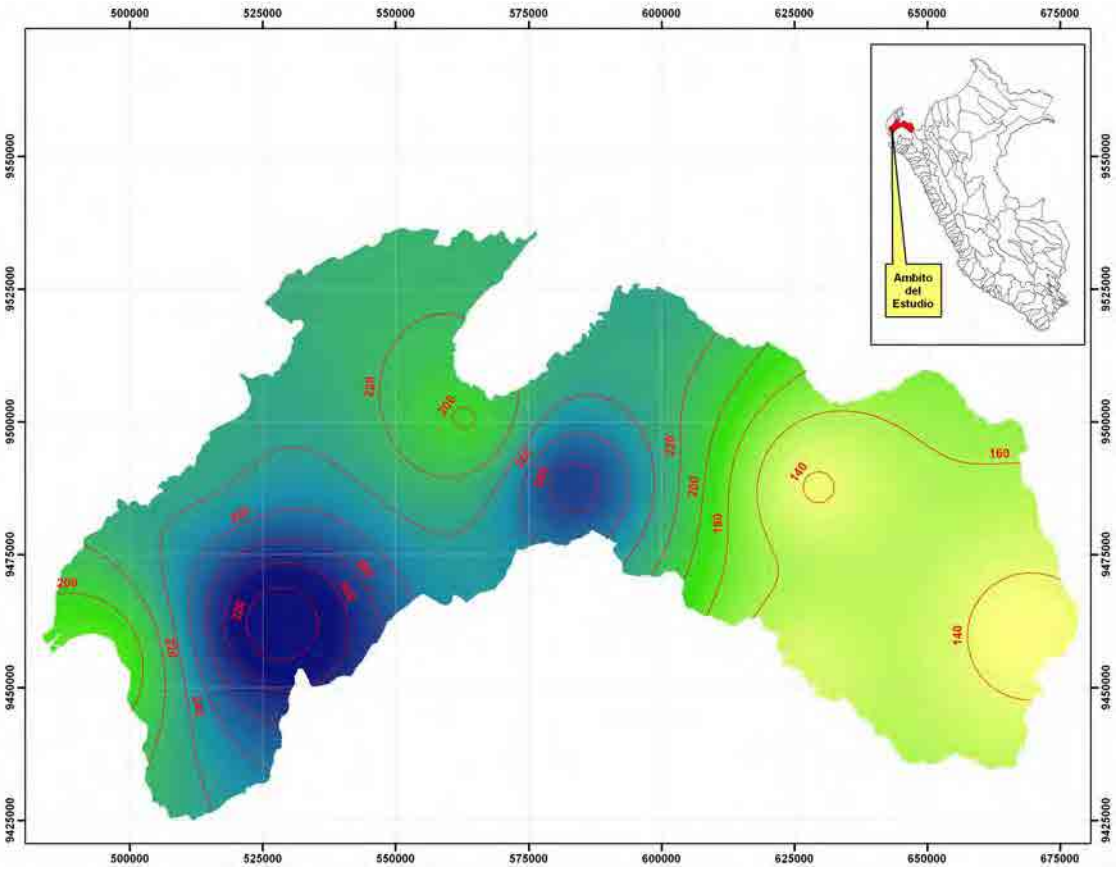


Figura Nº 4.2f. Mapa de Isoyetas para la Precipitación Máxima en 24 horas de 100 años de Periodo de Retorno en la Cuenca del río Chira.

4.2.2.4 Determinación de la Precipitación Máxima en 24 Horas para Diferentes Periodos de Retorno en las subcuencas de la cuenca del rio Chira

Empleando los mapas de isoyetas de las Figuras 4.2a-4.2f se estimaron las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodo de retorno en las diferentes sub cuencas del río Chira mostradas en la Figura 4.3.

En el Cuadro N º 4.2b se muestran los valores de precipitación para cada subcuenca.

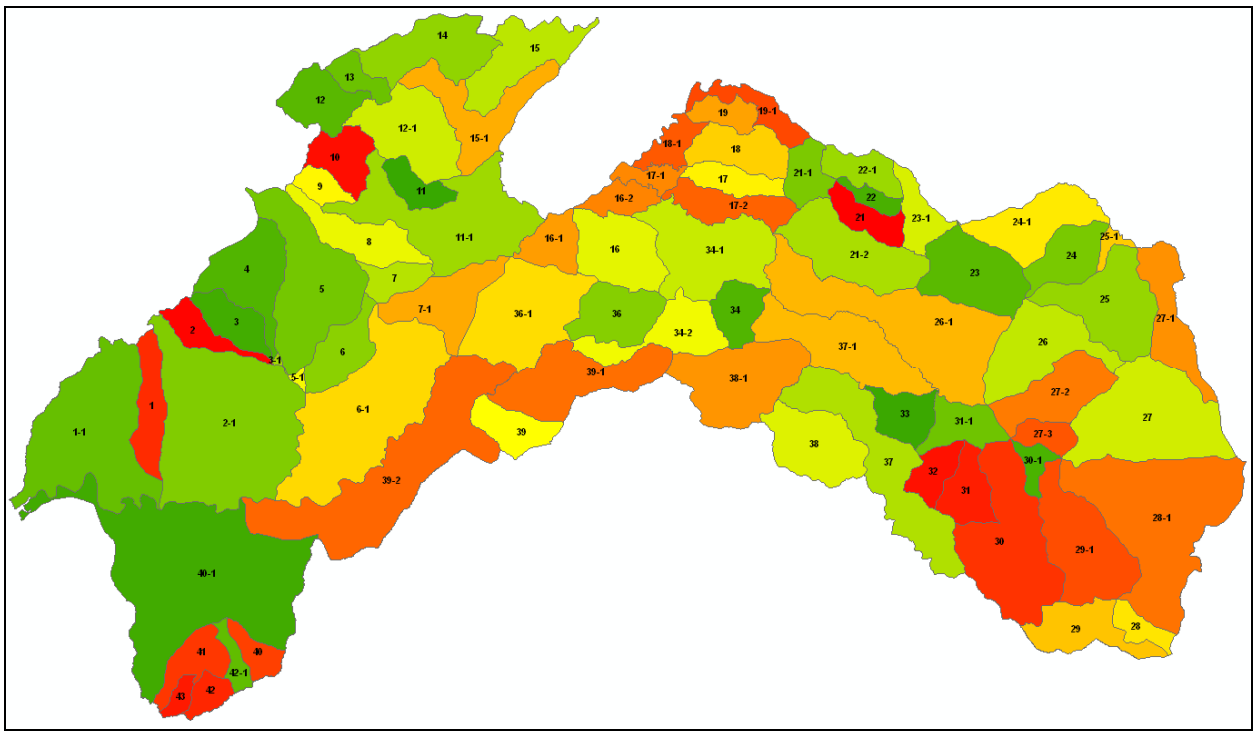


Figura Nº 4.3. Subcuencas de la Cuenca del Río Chira

Cuadro Nº 4.2b. Precipitación para Diferentes Periodos de Retorno en cada SubCuenca del río Chira

SUBCUENCA	AREA [m²]	PERIODO DE RETORNO T [AÑOS]					
		PT_2	PT_5	PT_10	PT_25	PT_50	PT_100
1	86,237,500	18.2	56.1	85.0	133.9	180.5	237.2
10	75,717,500	23.1	85.2	113.2	154.1	189.2	229.0
11	50,042,500	22.1	97.9	124.5	160.1	188.6	219.4
1-1	362,845,000	17.6	45.5	70.9	115.4	159.1	213.4
11-1	293,953,000	22.3	103.0	128.8	161.5	186.6	212.8
12	89,780,000	23.2	83.7	111.7	153.0	188.7	229.2
12-1	166,428,000	22.1	95.5	122.5	159.3	189.5	222.4
13	41,395,000	22.5	88.6	116.2	155.8	189.4	227.0
14	152,510,000	21.7	95.7	122.9	160.3	191.1	224.9
15	137,462,000	21.2	104.1	131.0	166.5	194.6	224.5
15-1	145,695,000	21.5	101.4	128.1	163.2	191.1	220.8
16	142,630,000	21.4	91.9	122.8	167.6	205.8	248.5
16-1	65,240,000	22.1	107.1	132.8	164.5	188.1	212.0
16-2	48,107,500	21.2	102.1	130.3	168.5	199.2	232.4
17	57,030,000	20.3	111.4	138.7	173.8	201.0	229.3
17-1	33,225,000	20.9	108.4	136.4	173.2	202.2	232.9
17-2	86,517,500	20.4	103.2	130.6	167.6	197.3	229.2
18	96,660,000	20.3	120.3	147.5	181.0	205.7	230.5
18-1	47,667,500	20.7	120.8	148.4	182.6	207.9	233.5
19	43,655,000	20.3	131.1	158.7	190.9	213.5	235.1
19-1	61,020,000	20.2	126.1	153.3	185.7	208.9	231.6
2	53,395,000	24.9	63.7	94.0	142.8	187.7	240.4
21	56,507,500	19.6	88.7	109.7	137.7	159.9	183.5
2-1	506,098,000	11.7	62.5	96.3	154.0	209.5	277.1
21-1	58,172,500	19.9	105.0	130.3	163.2	188.7	215.4
21-2	182,920,000	19.6	86.1	106.7	134.5	156.8	180.5
22	25,087,500	19.6	90.9	112.4	140.9	163.6	187.5
22-1	61,055,000	19.7	96.8	119.8	150.0	173.7	198.7
23	160,990,000	19.1	77.8	94.1	115.8	132.8	150.7
23-1	60,807,500	19.4	84.2	103.2	128.5	148.6	169.8
24	88,725,000	18.9	82.9	100.6	124.0	142.5	161.9
24-1	138,042,000	19.1	83.2	101.4	125.5	144.6	164.8

25	183,868,000	18.8	83.9	100.9	123.0	140.3	158.5
25-1	14,605,000	18.9	84.6	102.6	126.4	145.2	165.0
26	173,022,000	18.8	81.0	97.4	118.9	135.6	153.1
26-1	356,860,000	19.3	79.2	96.9	120.9	140.0	160.3
27	298,545,000	18.5	85.9	99.9	117.4	130.6	144.0
27-1	118,018,000	18.7	85.5	101.8	123.1	139.6	156.8
27-2	129,760,000	18.7	83.7	99.8	120.5	136.4	152.9
27-3	39,367,500	18.6	85.0	100.9	121.0	136.2	151.7
28	37,610,000	18.0	86.5	101.5	120.4	134.6	149.2
28-1	415,970,000	18.3	86.4	99.3	115.2	126.9	138.5
29	108,838,000	18.0	87.0	102.9	122.8	137.8	153.1
29-1	200,455,000	18.2	86.7	101.6	119.9	133.5	147.2
3	68,880,000	25.0	64.9	95.2	144.2	189.0	241.8
30	278,207,000	18.2	88.2	104.4	123.7	137.6	151.5
30-1	29,172,500	18.5	86.1	102.1	121.9	136.7	151.8
31	73,605,000	18.5	89.0	105.2	123.9	137.0	149.7
3-1	2,480,000	16.2	67.8	100.3	153.7	203.9	263.9
31-1	73,252,500	18.7	83.6	100.3	121.2	137.1	153.4
32	51,690,000	18.6	88.6	105.0	124.1	137.5	150.5
33	69,917,500	18.9	82.8	100.0	122.1	139.1	156.8
34	64,765,000	20.2	85.9	115.4	159.2	197.0	239.7
34-1	220,632,000	20.5	91.8	121.6	164.9	201.7	242.7
34-2	113,755,000	21.0	80.9	115.1	168.2	215.6	270.1
36	109,398,000	21.7	80.8	115.7	170.3	219.0	275.0
36-1	231,535,000	23.6	97.9	125.9	163.9	194.8	228.3
37	253,405,000	18.8	87.4	105.3	127.3	143.8	160.5
37-1	200,245,000	19.4	81.6	101.5	128.9	151.2	175.2
38	145,362,000	19.0	85.9	106.6	134.2	156.3	180.0
38-1	207,370,000	19.9	84.1	112.0	153.2	188.7	228.8
39	73,337,500	22.5	84.6	114.7	160.1	200.0	246.0
39-1	189,248,000	22.4	84.8	116.7	164.9	207.3	255.7
39-2	414,015,000	12.9	74.0	108.2	164.6	217.8	281.6
4	141,155,000	27.0	66.2	96.1	143.7	187.0	237.5
40	40,020,000	11.3	61.3	92.2	144.8	195.5	257.4
40-1	629,967,000	11.8	52.1	81.7	133.4	184.3	247.4
41	69,150,000	13.1	55.3	83.9	133.1	180.9	239.8
42	33,795,000	13.2	57.9	86.7	135.5	182.7	240.5
42-1	27,905,000	12.0	59.4	89.5	140.8	190.3	251.0
43	20,060,000	13.8	55.4	83.3	131.0	177.2	234.0
5	258,320,000	22.1	73.9	103.9	151.0	193.5	243.3
5-1	5,315,000	12.4	68.5	102.4	158.9	212.5	277.2
6	89,277,500	16.9	74.7	106.6	157.7	204.9	260.9
6-1	400,045,000	12.6	73.7	108.1	164.8	218.2	282.5
7	48,662,500	22.0	90.7	118.6	158.4	192.0	229.7
7-1	130,528,000	23.4	97.5	124.6	161.2	190.9	223.3
8	106,590,000	22.7	86.0	114.1	155.1	190.3	230.0
9	35,200,000	23.9	80.2	108.8	151.6	189.0	231.9

4.2.2.5 Distribución de Tormentas

Los registros de lluvia en algunas estaciones pluviográficas de la costa norte del Perú muestran distribuciones de tormenta similares a la distribución tipo IA del antiguo Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.

En el Cuadro 4.3 se muestra las distribuciones de tormenta Tipo I, Tipo IA, Tipo II y Tipo III. Como puede verse en la Figura 4.4, la mayor pendiente de la

distribución de tormenta del evento extremo registrado en el año 1998 en la estación El Tigre ubicada en Tumbes al Norte del Perú, se asemeja a la distribucón Tipo IA. Estos eventos son muy raros y han ocurrido en los años 1925, 1983 y 1998. No existen registros para el año 1925 debido a que en ese entonces no existían estaciones automatizadas. El evento del año 1983 destruyó la estación pluviométrica.

Cuadro Nº 4.3. Comparación de la Distribución en el Tiempo de la Precipitación Extrema de 24 Horas Registrada en la Estación El Tigre con las Distribuciones Características del SCS.

		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

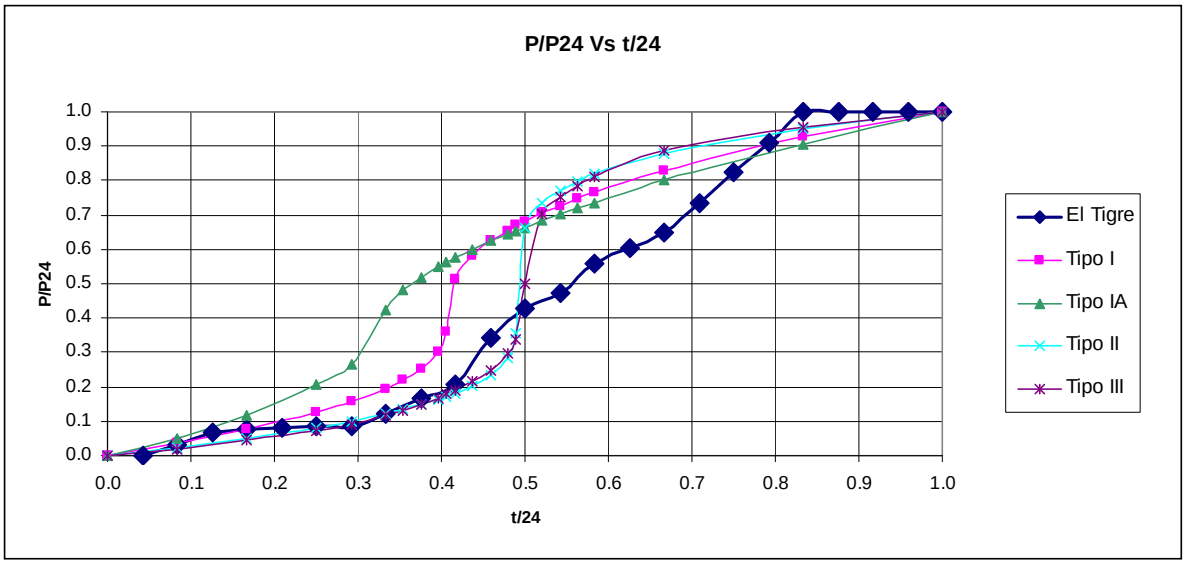


Figura Nº 4.4. Comparación de la Distribución en el Tiempo de la Precipitación Extrema de 24 Horas Registrada en la Estación El Tigre con las Distribuciones Características del SCS.

4.2.3 Análisis de Maximas Descargas Diarias

Se realizó el análisis de máximas descargas diarias con la información de las estaciones hidrométricas Puente Sullana y Ardilla. Estas estaciones tienen areas de contribución de 14933 y 13074 km^2. En la Figura 3.23 se muestra su ubicación en la cuenca del río Chira.

La Dirección General de Infraestructura Hidráulica (DGIH) del Ministerio de Agricultura ha proporcionado la información de descargas máximas diarias anuales de la estación Ardillas y Puente Sullana cuyos valores se muestran en el Cuadro Nº 4.4.

Cuadro Nº 4.4. Descargas Máximas Diarias de la estación Ardillas y Puente Sullana, río Chira (m3/s)

Año	Puente Sullana	Ardilla
1976		2,242.00
1977	848.33	1,647.90
1978	56.12	281.10
1979	177.69	348.00
1980	57.07	438.00
1981	455.55	830.30
1982	288.18	589.10
1983	3,227.08	2,469.30
1984	1,043.00	1,663.00
1985	88.40	243.80
1986	40.00	355.60
1987	551.80	1,180.30
1988	37.70	379.50
1989	558.00	936.00
1990	45.20	253.40
1991	121.00	668.60
1992	2,355.00	3,133.50
1993	1,400.00	1,654.00
1994	1,100.00	1,044.00
1995	58.00	276.10
1996	140.00	439.40
1997	925.00	1,275.80
1998	3,005.00	3,620.80
1999	1,195.20	1,927.00
2000	1,111.00	1,303.20
2001	2,252.90	2,264.80
2002	2,517.00	2,825.20
2003	169.00	371.90
2004	231.00	293.80
2005	480.00	629.00
2006	815.00	1,089.90
2007		431.10
2008		3,141.97
2009		2,387.93

Estos valores han sido analizados con las distintas funciones de distribución que se describen en el ítem 4.2.2.1. La prueba de Kolmogrov – Smirnov indica que los datos de la estación Ardilla se ajustan mejor a la distribución Log – Normal y que los datos de la estación Puente Sullana se ajustan mejor a la distribución Gumbel. Los resultados del los análisis de frecuencia se muestran en el Cuadro Nº 4.5.

Cuadro Nº 4.5. Descargas Máximas para cada Periodo de Retorno, en la estación Ardillas y Puente Sullana, río Chira (m^3/s)

Periodo de Retorno (Años)	Puente Sullana	Ardilla
2	890.00	895.12
5	1727.00	1853.45
10	2276.00	2712.53
25	2995.00	4070.88
50	3540.00	5291.22
100	4058.00	6698.22

Es necesario mencionar que el embalse de Poechos ha sido diseñado para almacena agua durante la estación húmeda (lluvias) y abastecer de agua para riego y otros fines durante la estación seca. El máximo nivel de operación es la cota 103 m.s.n.m. a la cual le corresponde una capacidad de almacenamiento de 490 millones de metros cúbicos (MMC) según la batimetría del año 2005.La capacidad de almacenamiento al nivel del aliviadero de emergencia (104 msnm de elevación), es de 548 MCM. Cuando el depósito está lleno el espejo de agua formado tiene un área de 62 km^2. Este dato será utilizado para calcular el volumen del embalse durante una ocurrencia de inundaciones extremas de flujo.

4.2.4 Aplicación del Modelo HEC-HMS

4.2.4.1 Modelo Hidrológico

<u>Tiempo de Retardo</u>

Se empleó la formula de Snyder para calcular el tiempo de retardo (tp) de las subcuencas:

$$t_P = 0.75 C_t \left(L \cdot L_C \right)^{0.3}$$

Donde:

Ct es un parámetro que depende de las caracteristicas geográficas de la cuenca.

L es la longitud del curso más largo en kilometros

Lc is la distancia a lo largo del cauce principal desde el punto más cercano al centro de gravedad de la Cuenca hasta el punto de análisis.

El Cuadro 4.6 muestra las subcuencas identificadas en el sistema Catamayo-Chira, sus areas de contribución y los parámetros para el cálculo del tiempo de retardo.

Cuadro Nº 4.6. Características Topográficas de las Subcuencas de la Cuenca del Chira.

Subcuenca	Area (km^2)	Longitud (km)	Lc (km)	tp (hr)
Catamayo	4184	199.33	78.29	24.45
Macara	2833	155.68	73.13	22.24
Quiroz	3108	201.48	83.60	25.02
Alamor	1190	102.9	56.27	18.16
Chipillico	1170	119.44	52.80	18.63
Bajo Chira	4711	119	(*)	(*)

La subcuenca del Bajo Chira ha sido subdividida en las subcuencas C - 1 a C – 7, En el Cuadro 4.7 se muestra sus áreas de contribución y los parámetros usados para el cálculo de los tiempos de retardo.

Cuadro Nº 4.7. Subcuencas de la Cuenca del Bajo Chira

Subcuenca	Area (km^2)	Longitud (km)	Lc (km)	tp (hr)
C-1	878	34.59	15.30	8.86
C-2	1301	55.31	40.95	13.70
C-3	636	42.9	27.34	11.25
C-4	921	47.1	19.80	10.50
C-5	414	15.85	12.03	6.52
C-6	99	14.78	8.31	5.72
C-7	325	36.24	21.11	9.90

Duración de la Lluvia de Diseño

De acuerdo al "Estudio de la Hidrología del Perú" (Referencia "d"), la duración media de las lluvias en el Perú es de 15.2 horas, debido al gran tamaño de las cuencas modeladas y a fin de aplicar un enfoque conservador se adoptó una duración de tormenta de 24 horas.

Magnitud de la Lluvia de Diseño

En el Cuadro 4.8 se muestra los valores de las precipitaciones máximas en 24 horas usados en los cálculos, estos valores corresponden a las precipitaciones medias areales de las subcuencas que conforman la cuenca.

Cuadro Nº 4.8. Precipitaciones Máximas en 24 Horas (mm) adoptadas para las subcuencas que conforman la Cuenca del Río Chira.

Subcuenca		Precipitación Máxima en 24 Horas (mm) para diferentes Periodos de Retorno "Tr"			
		Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años
Catamayo		99.43	250.9	344.36	643.50
Macara		99.43	250.9	344.36	643.50
Quiroz		99.43	250.9	344.36	643.50
Alamor		99.43	250.9	344.36	643.50
Chipillico		99.43	250.9	344.36	643.50
Chira	C-1	99.43	250.9	344.36	643.50
	C-2	99.43	250.9	344.36	643.50
	C-3	99.43	250.9	344.36	643.50
	C-4	99.43	250.9	344.36	643.50
	C-5	99.43	250.9	344.36	643.50
	C-6	99.43	250.9	344.36	643.50
	C-7	99.43	250.9	344.36	643.50

Se ha adoptado para todas las subcuencas los valores de precipitación estimados para la estación Mallares, esta suposición es conservadora ya que, como puede verse en el Cuadro 4.2, las precipitaciones medias areales estimadas para los diferentes sectores de las cuencas presentan en general menores magnitudes que los presentados en esta estación.

Según lo mencionado en el item 4.2.34, para fines de modelación se adoptó la distribución de tormenta tipo IA del antiguo Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.

Selección de Números de Curva

Debido a la extensión de la cuenca, la selección de los números de curva tomó en cuenta los diferentes tipos de suelo y usos de suelo a lo largo de la cuenca.

Empleando las tablas del antiguo Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos y porcentajes aproximados de influencia de cada número de curva en las diferentes subcuencas que conforman la cuenca Catamayo Chira se determinó un número de cuenca medio areal para cada subcuenca. En la penúltima columna del Cuadro Nº 4.9 se presentan los números de curva estimados.

Cuadro Nº 4.9. Números de Curva para Subcuencas Principales

Subcuenca	Números de Curva Estimados					Números de Curva Optimizados
	CN_1	% Area	CN_2	% Area	CN_II_Comp	
Catamayo	55	30	65	70	62	57
Macara	55	80	65	20	57	57
Quiroz	55	30	65	70	62	58
Alamor	55	60	65	40	59	60
Chipillico	55	50	65	50	60	58
Bajo Chira	55	85	65	15	56.5	57

Luego de la calibración, los números de curva estimados fueron optimizados a los valores mostrados en la última columna.

4.2.4.2 Modelamiento con el Programa HEC – HMS

El centro de Ingeniería Hidrológica, del Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los EEUU, diseñó el programa de computación Sistema de Modelamiento Hidrológico (HEC-HMS), este provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación – escurrimiento y también transito de caudales entre otros (US Army, 2000).

El HEC-HMS comprende una interfaz gráfica para el usuario (GUI), componentes de análisis hidrológicos, capacidades para manejo y almacenamiento de datos, y facilidades para expresar los resultados mediante gráficas y reportes tabulados. La Guía provee los medios necesarios para especificar los componentes de la cuenca, para introducir los respectivos datos de estos componentes y para visualizar los resultados (Referencia “e”).

Modelo de Cuenca del Chira.- Para estimar las perdidas se utilizo el metodo del Numero se Curva de la SCS, para la transformación de la precipitación efectiva en caudal se utilizo el metodo del Hidrograma Unitario de Snyder.

La cuenca del río Chira hasta la ubicación del Puente Simón Rodriguez, de 17059 km^2 , fue subdividida en 12 subcuencas.

En el Cuadro 4.10 se muestran los flujos adoptados en la simulación representativos de las condiciones previas a la ocurrencia de los flujos de

avenidas. Estos valores fueron obtenidos de la información disponible sobre flujos bajos.

Cuadro Nº 4.10. Flujos Base Adoptados par a las subcuencas Principales.

Subcuencas		Flujos Base (m^3/s)
Catamayo		46.02
Macara		31.16
Quiroz		34.19
Alamor		13.09
Chipillico		12.87
Chira	C-1	9.66
	C-2	14.31
	C-3	7.00
	C-4	10.13
	C-5	4.55
	C-6	1.09
	C-7	3.58

Modelo Metereológico.- De acuerdo a la calculado en el item. Nº 3.2 Análisis de la Infromacion Pluviometrica y Ley de Frecuencias, el modelo meteorológico se ingresan los hietogramas para la avenida de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, para una duracion de tormenta de 10 horas.

Especificaciones de Control.- Para realizar la simulacion de la avenida se especifica una fecha de inicio y final dentro de este rango se presntaran los resultados de la simulacion y el hidrograma de avenida, para este caso la fecha de inicio es el 02 de febrero del 2010 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de febrero del 2010 a las 12:00 pm. Según las recomendaciones del Manual de Referencias Técnicas del modelo HEC-HMS, el mínimo intervalo de tiempo computacional se calcula como 0.29 veces el tiempo de retardo de la cuenca. Aproximando el tiempo de retardo como 0.6 veces el tiempo de concentración. De las Tablas 4.14 y 4.15 se obtuvo un tiempo de retardo mínimo de 5.72 horas, y un mínimo intervalo de tiempo computacional de 1.66 horas. Con un criterio conservador se ha empleado un intervalo de tiempo computacional de 1 hora.

Calibración del Modelo. Dado que no existian registros simultaneos de hietogramas de tormentas e hidrogramas de caudales que permitirían calibrar los parámetros del modelo para efectuar predicciones, el modelo fue calibrado basado en información de las máximas descargas diarias estimadas.El concepto de la calibración fue ajustar los números de curva de las subcuencas a fin de producir valores de descargas pico en la estación Ardilla similares a las máximas descargas diarias estimadas estadisticamente..

En la Figura Nº 4.9 se muestra la cuenca considerada por el modelo HEC-HMS para la simulación.

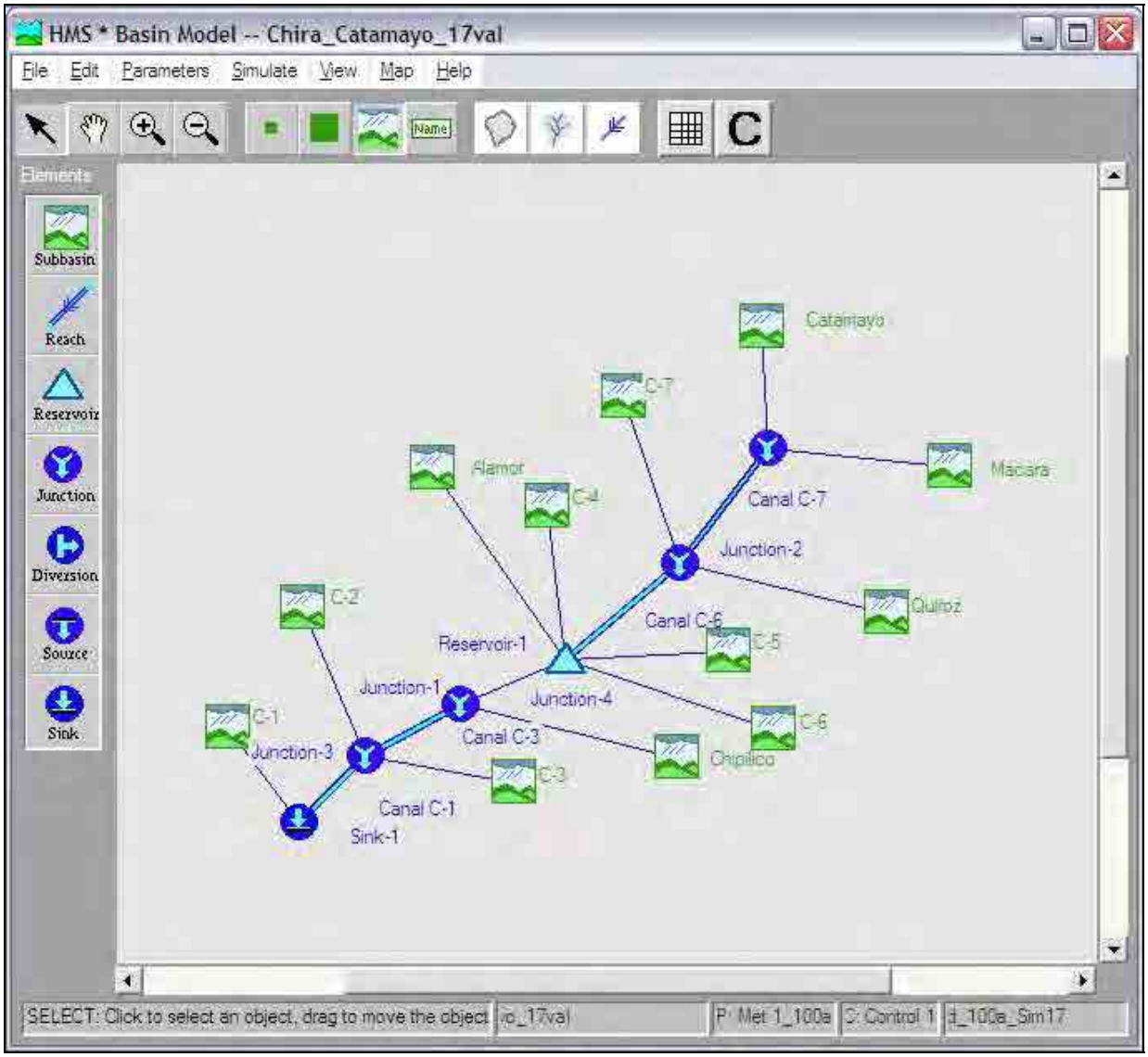


Figura Nº 4.5. Subcuencas consideradas por el modelo HEC-HMS para la simulación.

4.2.4.3 Resultados de la Simulación, Caudales Máximos en el Punto Base

La Tabla 4.11 resume los caudales pico para diferentes periodo de retorno obtenidos con la aplicación del software HEC-HMS para la cuenca del río Chira hasta la ubicación de las estaciones hidrométricas Ardilla y Puente Sullana.

Cuadro Nº 4.11. Resumen de los Caudales Máximos en el Punto Base para cada Periodo de Retorno

T [Años]	Estación Ardilla	Estación Puente Sullana
2	881.6	1014.3
5	1858.9	1683.7
10	2714.1	2472.1
25	4084.1	3003.6
50	5124.2	3413.7
100	6691.3	4137.6

Los caudales máximos en los puntos base obtenidos con el modelo HEC-HMS para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años han sido estimados a partir de las precipitaciones máximas generadas para estos periodos de retorno, los numeros de curva adoptados y los parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Tal como se consideró en el proceso de calibración, se observa que las descargas pico obtenidas con el modelo HEC-HMS para la estación Ardilla son similares a las máximas descargas diarias mostradas en la Tabla 4.5.

En los Anexos se presentan los resultados detallados de las simulaciones realizadas para las avenidas de 2, 5, 10,25, 50 y 100 años de periodo de retorno.

V. REFERENCIAS

a) Asociación BCEOM-SOFI CONSULT S.A., “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”, 1999.

b) Chow, Maidment and Mays, “Hidrología Aplicada”,1994.

c) Guevara, “Hidrología Ambiental”, 1991.

d) IILA-SENAMHI-UNI, “Estudio de la Hidrología del Perú”, 1982.

e) U.S. Corp of Engineers, “Manual de Referencias Técnicas del Modelo HEC-HMS”, 2000.

Agencia de Cooperación Internacional
Del Japón

PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERU

HIDROLOGÍA DE MÁXIMAS AVENIDAS DEL RÍO CHIRA

Apéndice-5
Anexos

Diciembre de 2012

Yachiyo Engineering Co., Ltd.
NIPPON KOEI CO.,LTD.
LATIN AMERICA - CARIBBEAN
NIPPON KOEI LAC CO., LTD.
Ingenieros Consultores

CONTENIDO

A.1 RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL EVENTO DE 2 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO. 1

A.1.1 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Reservorio Poechos 1
A.1.2 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida en la Confluencia Chipillico 19
A.1.3 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida en la Confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 37
A.1.4 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Punto de Interés Amotape (Sink-1) 55

A.2 RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL EVENTO DE 5 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO. 73

A.2.1 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Reservorio Poechos 73
A.2.2 Hidrogramas a la Entrada y de Salida en la Confluencia Chipillico 91
A.2.3 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida en la Confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 109
A.2.4 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Punto de Interés Amotape (Sink-1). 127

A.3 RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL EVENTO DE 10 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO. 145

A.3.1 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Reservorio Poechos 145
A.3.2 Hidrogramas a la Entrada y de Salida en la Confluencia Chipillico 163
A.3.3 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida en la Confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 181
A.4.4 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Punto de Interés Amotape (Sink-1). 199

A.4 RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL EVENTO DE 25 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO. 217

A.4.1 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Reservorio Poechos 217
A.4.2 Hidrogramas a la Entrada y de Salida en la Confluencia Chipillico 235
A.4.3 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida en la Confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 253
A.4.4 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Punto de Interés Amotape (Sink-1). 271

A.5 RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL EVENTO DE 50 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO. 289

A.5.1 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Reservorio Poechos 289
A.5.2 Hidrogramas a la Entrada y de Salida en la Confluencia Chipillico 307
A.5.3 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida en la Confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 325
A.5.4 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Punto de Interés Amotape (Sink-1). 343

A.6 RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL EVENTO DE 100 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO. 361

A.6.1 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Reservorio Poechos 361
A.6.2 Hidrogramas a la Entrada y de Salida en la Confluencia Chipillico 379
A.6.3 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida en la Confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 397
A.6.4 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Punto de Interés Amotape (Sink-1). 415

LISTA DE TABLAS

Tabla Nº A.1 Hidrogramas de Avenida Generados con el Modelo HEC-HMS a la Entrada y Salida del reservorio Poechos para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. *3*

Tabla Nº A.2. Hidrogramas de Avenidas Generados con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia Chipillico para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. *21*

Tabla Nº A.3. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. *39*

Tabla Nº A.4. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. *57*

Tabla Nº A.5. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en el Reservorio Poechos para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. *75*

Tabla Nº A.6. Hidrogramas de Avenidas Generados con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia Chipillico para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. *93*

Tabla Nº A.7. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. *111*

Tabla Nº A.8. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. *129*

Tabla Nº A.9. Hidrogramas de Avenida Generados con el Modelo HEC-HMS a la Entrada y Salida del Reservorio Poechos para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *147*

Tabla Nº A.10. Hidrogramas de Avenidas Generados con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia Chipillico para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *165*

Tabla Nº A.11. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *183*

Tabla Nº A.12. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *201*

Tabla Nº A.13. Hidrogramas de Avenida Generados con el Modelo HEC-HMS a la Entrada y Salida del reservorio Poechos para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *219*

Tabla Nº A.14. Hidrogramas de Avenidas Generados con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia Chipillico para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *237*

Tabla Nº A.15. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *255*

Tabla Nº A.16. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *273*

Tabla Nº A.17. Hidrogramas de Avenida Generados con el Modelo HEC-HMS a la Entrada y Salida del reservorio Poechos para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *291*

Tabla Nº A.18. Hidrogramas de Avenidas Generados con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia Chipillico para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *309*

Tabla Nº A.19. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *327*

Tabla Nº A.20. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *345*

Tabla Nº A.21. Hidrogramas de Avenida Generados con el Modelo HEC-HMS a la Entrada y Salida del reservorio Poechos para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *363*

Tabla Nº A.22. Hidrogramas de Avenidas Generados con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia Chipillico para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *381*

Tabla Nº A.23. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *399*

Tabla Nº A.24. Hidrograma de Avenida Generado con el Modelo HEC-HMS en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *417*

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº A.1. Esquema de Modelamiento Hidrológico del Reservorio Poechos, para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 1

Figura Nº A.2. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del Reservorio Poechos para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 2

Figura NºA.3.Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía del Reservorio Poechos para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 2

Figura NºA.4. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia Chipillico, para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 19

Figura Nº A.5. Hidrogramas a la entrada (I) y Salida (O) de la Confluencia Chipillico para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 20

Figura Nº A.6. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia Chipillico para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 20

Figura Nº A.7. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 37

Figura Nº A.8. Hidrogramas a la entrada (I) y a la Salida (O) de la confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 38

Figura Nº A.9. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 38

Figura NºA.10. Esquema de Modelamiento Hidrológico en el punto de Interés Amotape (Sink-1) para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 55

Figura Nº A.11. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 56

Figura Nº A.12. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía del punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 2 años de Periodo de Retorno. 56

Figura Nº A.13. Esquema de Modelamiento Hidrológico del Reservorio Poechos, para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. 73

Figura NºA.14. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del Reservorio Poechos, para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. 74

Figura Nº A.15. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía del Reservorio Poechos, para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. 74

Figura Nº A.16. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia Chipillico, para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. 91

Figura Nº A.17. Hidrogramas a la entrada (I) y a la Salida (O) de la Confluencia Chipillico, para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. 92

Figura Nº A.18. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia Chipillico, para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. 92

Figura Nº A.19. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. 109

Figura Nº A.20. Hidrogramas a la entrada (I) y a la Salida (O) de la confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. 110

Figura Nº A.21. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. *110*

Figura Nº A.22. Esquema de Modelamiento Hidrológico en el punto de Interés Amotape (Sink-1) para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. *127*

Figura Nº A.23. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. *128*

Figura Nº A.24. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 5 años de Periodo de Retorno. *128*

Figura Nº A.25. Esquema de Modelamiento Hidrológico del Reservorio Poechos, para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *145*

Figura Nº A.26. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del Reservorio Poechos para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *146*

Figura Nº A.27. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía del Reservorio Poechos para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *146*

Figura Nº A.28. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia Chipillico, para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *163*

Figura Nº A.29. Hidrogramas a la entrada (I) y Salida (O) de la Confluencia Chipillico para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *164*

Figura Nº A.30. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia Chipillico para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *164*

Figura Nº A.31 Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *181*

Figura Nº A.32. Hidrogramas a la entrada (I) y a la Salida (O) de la confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *182*

Figura Nº A.33. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *182*

Figura Nº A.34. Esquema de Modelamiento Hidrológico en el punto de Interés Amotape (Sink-1) para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *199*

Figura Nº A.35. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *200*

Figura Nº A.36. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 10 años de Periodo de Retorno. *200*

Figura Nº A.37. Esquema de Modelamiento Hidrológico del Reservorio Poechos, para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *217*

Figura Nº A.38. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del Reservorio Poechos para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *218*

Figura Nº A.39. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía del Reservorio Poechos para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *218*

Figura Nº A.40. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia Chipillico, para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *235*

Figura Nº A.41. Hidrogramas a la entrada (I) y Salida (O) de la Confluencia Chipillico para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *236*

Figura Nº A.42. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia Chipillico para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *236*

Figura Nº A.43. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *253*

Figura Nº A.44. Hidrogramas a la entrada (I) y a la Salida (O) de la confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *254*

Figura Nº A.45. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *254*

Figura Nº A.46. Esquema de Modelamiento Hidrológico en el punto de Interés Amotape (Sink-1) para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *271*

Figura Nº A.47. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *272*

Figura Nº A.48. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 25 años de Periodo de Retorno. *272*

Figura Nº A.49. Esquema de Modelamiento Hidrológico del Reservorio Poechos, para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *289*

Figura Nº A.50. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del Reservorio Poechos para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *290*

Figura Nº A.51. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía del Reservorio Poechos para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *290*

Figura Nº A.52. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia Chipillico, para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *307*

Figura Nº A.53. Hidrogramas a la entrada (I) y Salida (O) de la Confluencia Chipillico para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *308*

Figura Nº A.54. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia Chipillico para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *308*

Figura Nº A.55. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *325*

Figura Nº A.56. Hidrogramas a la entrada (I) y a la Salida (O) de la confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *326*

Figura Nº A.57. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *326*

Figura Nº A.58. Esquema de Modelamiento Hidrológico en el punto de Interés Amotape (Sink-1) para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *343*

Figura Nº A.59. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *344*

Figura Nº A.60. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 50 años de Periodo de Retorno. *344*

Figura Nº A.61. Esquema de Modelamiento Hidrológico del Reservorio Poechos, para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *361*

Figura Nº A.62. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del Reservorio Poechos para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *362*

Figura Nº A.63. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía del Reservorio Poechos para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *362*

Figura Nº A.64. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia Chipillico, para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *379*

Figura Nº A.65. Hidrogramas a la entrada (I) y Salida (O) de la Confluencia Chipillico para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *380*

Figura Nº A.66. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia Chipillico para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *380*

Figura Nº A.67. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia de C-2, C-3 y el Canal C-3 para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *397*

Figura Nº A.68. Hidrogramas a la entrada (I) y a la Salida (O) de la confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *398*

Figura Nº A.69. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia de C-2, C-3 y el canal C-3 para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *398*

Figura Nº A.70. Esquema de Modelamiento Hidrológico en el punto de Interés Amotape (Sink-1) para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *415*

Figura Nº 4.71. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *416*

Figura Nº A.72. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en el punto de interés Amotape (Sink-1) para el evento de 100 años de Periodo de Retorno. *416*

A.1 Resultados de las Simulaciones para el Evento de 2 años de Periodo de Retorno.

A.1.1 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida del Reservorio Poechos

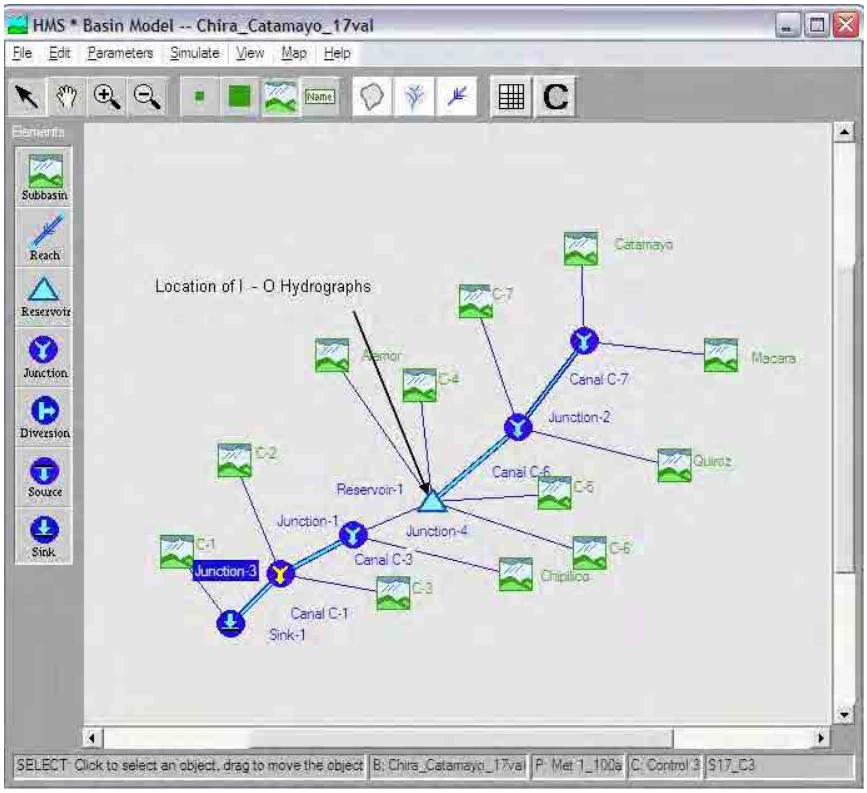


Figura Nº A.1. **Esquema de Modelamiento Hidrológico del Reservorio Poechos, para el evento de 2 años de Periodo de Retorno.**

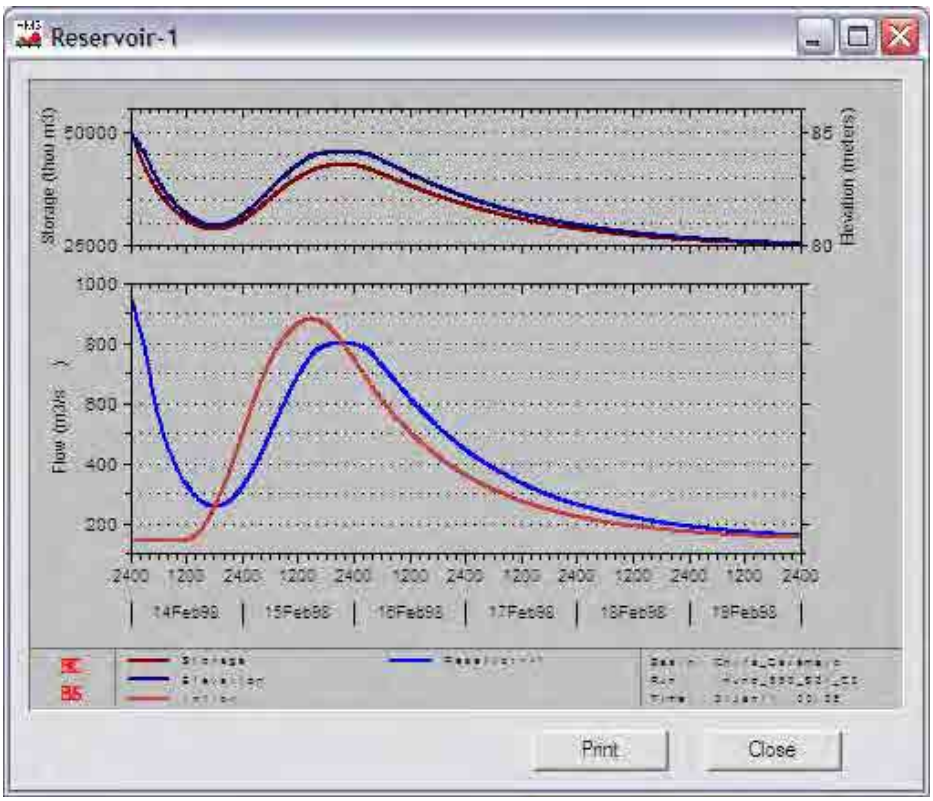


Figura Nº A.2. Hidrogramas a la Entrada (I) y a la Salida (O) del Reservorio Poechos para el evento de 2 años de Periodo de Retorno.

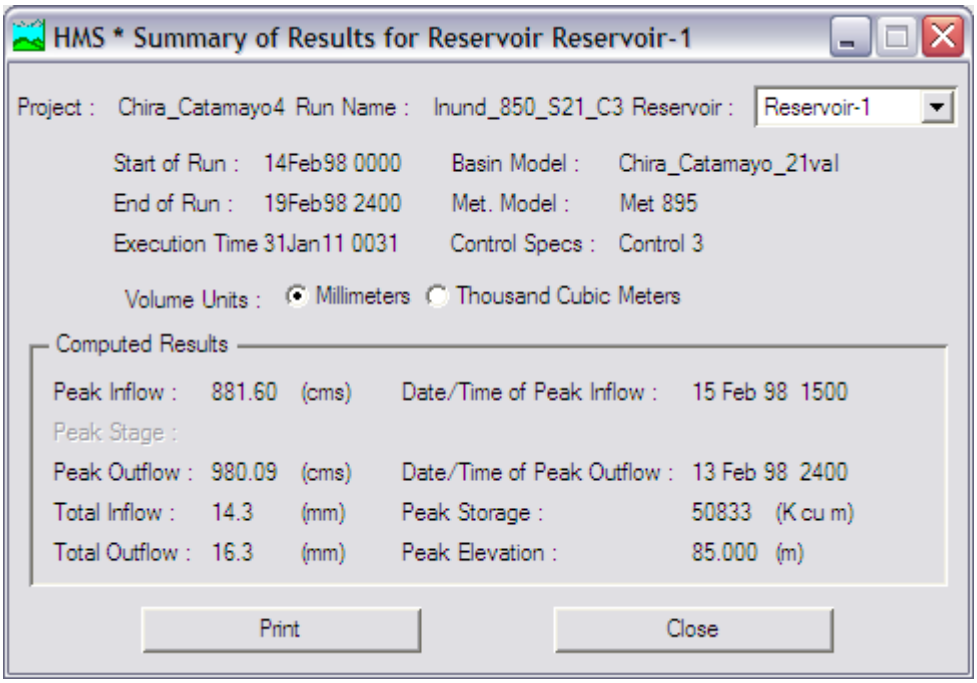


Figura NºA.3. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía del Reservorio Poechos para el evento de 2 años de Periodo de Retorno.

Tabla Nº A.1 Hidrogramas de Avenida Generados con el Modelo HEC-HMS a la Entrada y Salida del reservorio Poechos para el evento de 2 años de Periodo de Retorno.

Fecha	Tiempo	Almacenamiento en el Reservorio (x 1000 m^3)	Elevación del Reservorio (msnm)	Hidrograma a la Entrada (m^3/s)	Hidrograma a la Salida (m^3/s)
13-Feb-98	2400	50833	85	143.81	980.09
14-Feb-98	10	50335	84.945	143.81	968.93
14-Feb-98	20	49843	84.89	143.81	957.91
14-Feb-98	30	49358	84.837	143.81	947.04
14-Feb-98	40	48879	84.784	143.81	936.32
14-Feb-98	50	48407	84.731	143.81	925.74
14-Feb-98	100	47941	84.68	143.81	915.3
14-Feb-98	110	47481	84.629	143.81	905.01
14-Feb-98	120	47027	84.579	143.81	894.84
14-Feb-98	130	46580	84.529	143.81	884.82
14-Feb-98	140	46138	84.48	143.81	874.93
14-Feb-98	150	45702	84.432	143.81	865.17
14-Feb-98	200	45272	84.384	143.81	855.54
14-Feb-98	210	44848	84.337	143.81	846.04
14-Feb-98	220	44430	84.291	143.81	836.66
14-Feb-98	230	44017	84.245	143.81	827.41
14-Feb-98	240	43609	84.2	143.81	818.29
14-Feb-98	250	43207	84.156	143.81	809.28
14-Feb-98	300	42811	84.112	143.81	800.4
14-Feb-98	310	42419	84.069	143.81	791.63
14-Feb-98	320	42033	84.026	143.81	782.99
14-Feb-98	330	41653	83.965	143.81	771.32
14-Feb-98	340	41282	83.878	143.81	754.99
14-Feb-98	350	40920	83.792	143.81	739.09
14-Feb-98	400	40567	83.709	143.81	723.61
14-Feb-98	410	40224	83.628	143.81	708.52
14-Feb-98	420	39890	83.549	143.81	693.83
14-Feb-98	430	39564	83.472	143.81	679.53
14-Feb-98	440	39247	83.397	143.81	665.59
14-Feb-98	450	38938	83.324	143.81	652.01
14-Feb-98	500	38637	83.253	143.81	638.79
14-Feb-98	510	38343	83.184	143.81	625.92
14-Feb-98	520	38058	83.117	143.81	613.38
14-Feb-98	530	37780	83.051	143.81	601.16
14-Feb-98	540	37509	82.987	143.81	589.49
14-Feb-98	550	37245	82.925	143.81	578.99
14-Feb-98	600	36987	82.864	143.81	568.74
14-Feb-98	610	36735	82.804	143.81	558.73
14-Feb-98	620	36489	82.746	143.81	548.96
14-Feb-98	630	36248	82.69	143.81	539.41
14-Feb-98	640	36014	82.634	143.81	530.09
14-Feb-98	650	35785	82.58	143.81	520.99
14-Feb-98	700	35561	82.527	143.81	512.11
14-Feb-98	710	35343	82.476	143.81	503.43
14-Feb-98	720	35130	82.425	143.81	494.96
14-Feb-98	730	34921	82.376	143.81	486.69
14-Feb-98	740	34718	82.328	143.81	478.61
14-Feb-98	750	34520	82.281	143.81	470.73
14-Feb-98	800	34326	82.236	143.81	463.03

14-Feb-98	810	34136	82.191	143.81	455.51
14-Feb-98	820	33952	82.147	143.81	448.17
14-Feb-98	830	33771	82.105	143.81	441
14-Feb-98	840	33595	82.063	143.81	434
14-Feb-98	850	33423	82.023	143.81	427.16
14-Feb-98	900	33255	81.983	143.81	420.82
14-Feb-98	910	33090	81.944	143.81	415.06
14-Feb-98	920	32929	81.906	143.81	409.42
14-Feb-98	930	32772	81.869	143.81	403.9
14-Feb-98	940	32617	81.832	143.81	398.49
14-Feb-98	950	32466	81.797	143.81	393.19
14-Feb-98	1000	32318	81.762	143.81	388
14-Feb-98	1010	32173	81.727	143.81	382.93
14-Feb-98	1020	32031	81.694	143.82	377.95
14-Feb-98	1030	31892	81.661	143.83	373.08
14-Feb-98	1040	31756	81.629	143.87	368.32
14-Feb-98	1050	31623	81.598	143.93	363.65
14-Feb-98	1100	31492	81.567	144.03	359.08
14-Feb-98	1110	31364	81.537	144.17	354.61
14-Feb-98	1120	31240	81.507	144.36	350.24
14-Feb-98	1130	31117	81.478	144.61	345.96
14-Feb-98	1140	30998	81.45	144.92	341.77
14-Feb-98	1150	30881	81.423	145.31	337.68
14-Feb-98	1200	30767	81.396	145.78	333.69
14-Feb-98	1210	30656	81.369	146.34	329.79
14-Feb-98	1220	30547	81.344	147	325.98
14-Feb-98	1230	30441	81.319	147.75	322.26
14-Feb-98	1240	30338	81.294	148.62	318.64
14-Feb-98	1250	30237	81.271	149.59	315.12
14-Feb-98	1300	30139	81.247	150.69	311.69
14-Feb-98	1310	30044	81.225	151.9	308.35
14-Feb-98	1320	29951	81.203	153.24	305.11
14-Feb-98	1330	29861	81.182	154.71	301.97
14-Feb-98	1340	29774	81.161	156.31	298.92
14-Feb-98	1350	29690	81.141	158.05	295.97
14-Feb-98	1400	29609	81.122	159.92	293.13
14-Feb-98	1410	29530	81.104	161.94	290.38
14-Feb-98	1420	29455	81.086	164.1	287.73
14-Feb-98	1430	29382	81.069	166.4	285.18
14-Feb-98	1440	29312	81.052	168.84	282.74
14-Feb-98	1450	29245	81.036	171.44	280.39
14-Feb-98	1500	29182	81.021	174.18	278.16
14-Feb-98	1510	29121	81.007	177.07	276.02
14-Feb-98	1520	29063	80.993	180.11	274.15
14-Feb-98	1530	29008	80.98	183.31	272.52
14-Feb-98	1540	28956	80.968	186.65	270.98
14-Feb-98	1550	28907	80.957	190.15	269.53
14-Feb-98	1600	28861	80.946	193.8	268.17
14-Feb-98	1610	28817	80.935	197.59	266.89
14-Feb-98	1620	28777	80.926	201.53	265.71
14-Feb-98	1630	28740	80.917	205.62	264.61
14-Feb-98	1640	28707	80.909	209.85	263.61
14-Feb-98	1650	28676	80.902	214.22	262.71
14-Feb-98	1700	28648	80.896	218.73	261.89

14-Feb-98	1710	28624	80.89	223.36	261.18
14-Feb-98	1720	28603	80.885	228.12	260.55
14-Feb-98	1730	28585	80.881	233	260.02
14-Feb-98	1740	28571	80.877	237.99	259.59
14-Feb-98	1750	28559	80.875	243.09	259.26
14-Feb-98	1800	28551	80.873	248.3	259.02
14-Feb-98	1810	28546	80.871	253.61	258.88
14-Feb-98	1820	28545	80.871	259.02	258.83
14-Feb-98	1830	28547	80.872	264.54	258.88
14-Feb-98	1840	28552	80.873	270.15	259.03
14-Feb-98	1850	28560	80.875	275.86	259.28
14-Feb-98	1900	28572	80.877	281.66	259.62
14-Feb-98	1910	28586	80.881	287.56	260.06
14-Feb-98	1920	28605	80.885	293.55	260.6
14-Feb-98	1930	28626	80.89	299.63	261.23
14-Feb-98	1940	28651	80.896	305.8	261.96
14-Feb-98	1950	28679	80.903	312.06	262.79
14-Feb-98	2000	28710	80.91	318.4	263.71
14-Feb-98	2010	28744	80.918	324.83	264.73
14-Feb-98	2020	28782	80.927	331.34	265.84
14-Feb-98	2030	28823	80.937	337.93	267.05
14-Feb-98	2040	28867	80.947	344.6	268.36
14-Feb-98	2050	28914	80.958	351.34	269.76
14-Feb-98	2100	28965	80.97	358.16	271.25
14-Feb-98	2110	29019	80.983	365.04	272.84
14-Feb-98	2120	29076	80.996	371.98	274.52
14-Feb-98	2130	29135	81.011	378.98	276.54
14-Feb-98	2140	29198	81.025	386.03	278.74
14-Feb-98	2150	29264	81.041	393.13	281.05
14-Feb-98	2200	29333	81.057	400.26	283.45
14-Feb-98	2210	29404	81.074	407.44	285.96
14-Feb-98	2220	29479	81.092	414.65	288.56
14-Feb-98	2230	29556	81.11	421.9	291.26
14-Feb-98	2240	29635	81.129	429.17	294.05
14-Feb-98	2250	29718	81.148	436.48	296.94
14-Feb-98	2300	29803	81.168	443.81	299.91
14-Feb-98	2310	29890	81.189	451.18	302.98
14-Feb-98	2320	29981	81.21	458.57	306.14
14-Feb-98	2330	30073	81.232	465.98	309.39
14-Feb-98	2340	30169	81.254	473.42	312.72
14-Feb-98	2350	30266	81.277	480.88	316.14
14-Feb-98	2400	30366	81.301	488.48	319.65
15-Feb-98	10	30469	81.325	496.16	323.24
15-Feb-98	20	30574	81.35	503.85	326.92
15-Feb-98	30	30681	81.375	511.54	330.67
15-Feb-98	40	30791	81.401	519.22	334.52
15-Feb-98	50	30903	81.428	526.88	338.44
15-Feb-98	100	31017	81.455	534.52	342.44
15-Feb-98	110	31133	81.482	542.13	346.51
15-Feb-98	120	31252	81.51	549.72	350.66
15-Feb-98	130	31372	81.538	557.26	354.87
15-Feb-98	140	31494	81.567	564.77	359.16
15-Feb-98	150	31619	81.597	572.3	363.52
15-Feb-98	200	31745	81.626	579.92	367.94

15-Feb-98	210	31873	81.657	587.53	372.42
15-Feb-98	220	32003	81.687	595.08	376.98
15-Feb-98	230	32135	81.718	602.57	381.59
15-Feb-98	240	32268	81.75	609.99	386.26
15-Feb-98	250	32403	81.782	617.34	390.99
15-Feb-98	300	32540	81.814	624.61	395.78
15-Feb-98	310	32678	81.847	631.8	400.61
15-Feb-98	320	32817	81.88	638.89	405.49
15-Feb-98	330	32958	81.913	645.88	410.42
15-Feb-98	340	33100	81.946	652.76	415.39
15-Feb-98	350	33243	81.98	659.54	420.39
15-Feb-98	400	33386	82.014	666.2	425.71
15-Feb-98	410	33531	82.048	672.75	431.45
15-Feb-98	420	33676	82.082	679.19	437.21
15-Feb-98	430	33821	82.117	685.51	442.99
15-Feb-98	440	33967	82.151	691.72	448.77
15-Feb-98	450	34113	82.185	697.81	454.57
15-Feb-98	500	34259	82.22	703.78	460.37
15-Feb-98	510	34405	82.254	709.64	466.17
15-Feb-98	520	34551	82.289	715.38	471.97
15-Feb-98	530	34697	82.323	721	477.77
15-Feb-98	540	34843	82.358	726.51	483.57
15-Feb-98	550	34988	82.392	731.9	489.35
15-Feb-98	600	35134	82.426	737.18	495.13
15-Feb-98	610	35279	82.461	742.34	500.89
15-Feb-98	620	35424	82.495	747.4	506.64
15-Feb-98	630	35568	82.529	752.35	512.37
15-Feb-98	640	35711	82.563	757.2	518.08
15-Feb-98	650	35855	82.597	761.95	523.77
15-Feb-98	700	35997	82.63	766.6	529.43
15-Feb-98	710	36139	82.664	771.17	535.07
15-Feb-98	720	36281	82.697	775.64	540.69
15-Feb-98	730	36421	82.73	780.03	546.27
15-Feb-98	740	36561	82.763	784.32	551.83
15-Feb-98	750	36700	82.796	788.52	557.36
15-Feb-98	800	36838	82.829	792.63	562.85
15-Feb-98	810	36976	82.861	796.65	568.31
15-Feb-98	820	37112	82.893	800.58	573.73
15-Feb-98	830	37248	82.926	804.41	579.12
15-Feb-98	840	37383	82.957	808.16	584.47
15-Feb-98	850	37516	82.989	811.81	589.79
15-Feb-98	900	37649	83.02	815.36	595.41
15-Feb-98	910	37780	83.051	818.83	601.18
15-Feb-98	920	37910	83.082	822.2	606.89
15-Feb-98	930	38039	83.112	825.48	612.53
15-Feb-98	940	38166	83.142	828.66	618.11
15-Feb-98	950	38291	83.172	831.76	623.63
15-Feb-98	1000	38416	83.201	834.76	629.08
15-Feb-98	1010	38538	83.23	837.67	634.47
15-Feb-98	1020	38659	83.259	840.49	639.79
15-Feb-98	1030	38779	83.287	843.22	645.05
15-Feb-98	1040	38897	83.315	845.86	650.24
15-Feb-98	1050	39014	83.342	848.41	655.36
15-Feb-98	1100	39129	83.369	850.88	660.42

15-Feb-98	1110	39242	83.396	853.26	665.4
15-Feb-98	1120	39354	83.423	855.56	670.32
15-Feb-98	1130	39465	83.449	857.78	675.17
15-Feb-98	1140	39573	83.474	859.92	679.94
15-Feb-98	1150	39681	83.5	861.98	684.65
15-Feb-98	1200	39786	83.525	863.95	689.29
15-Feb-98	1210	39890	83.549	865.83	693.86
15-Feb-98	1220	39992	83.573	867.62	698.36
15-Feb-98	1230	40093	83.597	869.31	702.78
15-Feb-98	1240	40192	83.621	870.9	707.14
15-Feb-98	1250	40290	83.643	872.39	711.42
15-Feb-98	1300	40385	83.666	873.78	715.62
15-Feb-98	1310	40480	83.688	875.06	719.75
15-Feb-98	1320	40572	83.71	876.24	723.81
15-Feb-98	1330	40662	83.731	877.3	727.79
15-Feb-98	1340	40751	83.752	878.25	731.69
15-Feb-98	1350	40838	83.773	879.08	735.51
15-Feb-98	1400	40924	83.793	879.8	739.26
15-Feb-98	1410	41007	83.813	880.4	742.92
15-Feb-98	1420	41088	83.832	880.88	746.5
15-Feb-98	1430	41168	83.851	881.24	750
15-Feb-98	1440	41246	83.869	881.48	753.42
15-Feb-98	1450	41322	83.887	881.6	756.75
15-Feb-98	1500	41396	83.905	881.6	760
15-Feb-98	1510	41468	83.922	881.48	763.16
15-Feb-98	1520	41538	83.938	881.25	766.24
15-Feb-98	1530	41606	83.954	880.89	769.23
15-Feb-98	1540	41672	83.97	880.42	772.12
15-Feb-98	1550	41736	83.985	879.84	774.93
15-Feb-98	1600	41798	83.999	879.14	777.65
15-Feb-98	1610	41858	84.006	878.33	779.06
15-Feb-98	1620	41917	84.013	877.4	780.37
15-Feb-98	1630	41974	84.019	876.38	781.66
15-Feb-98	1640	42030	84.025	875.24	782.92
15-Feb-98	1650	42085	84.032	874	784.14
15-Feb-98	1700	42138	84.037	872.66	785.33
15-Feb-98	1710	42190	84.043	871.22	786.49
15-Feb-98	1720	42240	84.049	869.68	787.61
15-Feb-98	1730	42288	84.054	868.04	788.7
15-Feb-98	1740	42335	84.059	866.31	789.74
15-Feb-98	1750	42380	84.064	864.49	790.75
15-Feb-98	1800	42423	84.069	862.58	791.72
15-Feb-98	1810	42465	84.074	860.58	792.66
15-Feb-98	1820	42505	84.078	858.49	793.55
15-Feb-98	1830	42543	84.082	856.32	794.4
15-Feb-98	1840	42579	84.086	854.07	795.21
15-Feb-98	1850	42614	84.09	851.74	795.98
15-Feb-98	1900	42646	84.094	849.32	796.71
15-Feb-98	1910	42677	84.097	846.83	797.4
15-Feb-98	1920	42705	84.1	844.27	798.04
15-Feb-98	1930	42732	84.103	841.63	798.64
15-Feb-98	1940	42757	84.106	838.93	799.2
15-Feb-98	1950	42780	84.108	836.15	799.71
15-Feb-98	2000	42801	84.111	833.31	800.18

15-Feb-98	2010	42820	84.113	830.4	800.6
15-Feb-98	2020	42837	84.115	827.43	800.98
15-Feb-98	2030	42851	84.116	824.41	801.31
15-Feb-98	2040	42864	84.118	821.32	801.6
15-Feb-98	2050	42875	84.119	818.18	801.84
15-Feb-98	2100	42884	84.12	814.99	802.04
15-Feb-98	2110	42891	84.121	811.75	802.19
15-Feb-98	2120	42895	84.121	808.46	802.29
15-Feb-98	2130	42898	84.122	805.12	802.35
15-Feb-98	2140	42899	84.122	801.74	802.37
15-Feb-98	2150	42897	84.121	798.31	802.34
15-Feb-98	2200	42894	84.121	794.84	802.26
15-Feb-98	2210	42888	84.12	791.33	802.14
15-Feb-98	2220	42881	84.12	787.78	801.97
15-Feb-98	2230	42871	84.119	784.19	801.76
15-Feb-98	2240	42860	84.117	780.57	801.5
15-Feb-98	2250	42846	84.116	776.91	801.19
15-Feb-98	2300	42831	84.114	773.22	800.84
15-Feb-98	2310	42813	84.112	769.51	800.45
15-Feb-98	2320	42794	84.11	765.76	800.01
15-Feb-98	2330	42772	84.108	761.99	799.53
15-Feb-98	2340	42748	84.105	758.19	799
15-Feb-98	2350	42723	84.102	754.38	798.43
15-Feb-98	2400	42696	84.099	750.54	797.82
16-Feb-98	10	42666	84.096	746.68	797.16
16-Feb-98	20	42635	84.092	742.8	796.46
16-Feb-98	30	42602	84.089	738.91	795.72
16-Feb-98	40	42567	84.085	735.01	794.94
16-Feb-98	50	42530	84.081	731.09	794.11
16-Feb-98	100	42491	84.077	727.16	793.24
16-Feb-98	110	42451	84.072	723.23	792.33
16-Feb-98	120	42408	84.067	719.29	791.39
16-Feb-98	130	42364	84.062	715.34	790.4
16-Feb-98	140	42318	84.057	711.39	789.37
16-Feb-98	150	42271	84.052	707.44	788.3
16-Feb-98	200	42221	84.047	703.5	787.2
16-Feb-98	210	42170	84.041	699.56	786.05
16-Feb-98	220	42117	84.035	695.63	784.87
16-Feb-98	230	42063	84.029	691.71	783.65
16-Feb-98	240	42007	84.023	687.8	782.4
16-Feb-98	250	41950	84.017	683.9	781.11
16-Feb-98	300	41891	84.01	680.02	779.79
16-Feb-98	310	41830	84.003	676.15	778.43
16-Feb-98	320	41768	83.992	672.3	776.35
16-Feb-98	330	41705	83.978	668.47	773.6
16-Feb-98	340	41642	83.963	664.66	770.81
16-Feb-98	350	41578	83.948	660.88	768
16-Feb-98	400	41513	83.932	657.12	765.17
16-Feb-98	410	41448	83.917	653.39	762.31
16-Feb-98	420	41383	83.901	649.68	759.43
16-Feb-98	430	41317	83.886	645.99	756.52
16-Feb-98	440	41250	83.87	642.34	753.6
16-Feb-98	450	41183	83.854	638.72	750.66
16-Feb-98	500	41116	83.838	635.12	747.7

16-Feb-98	510	41048	83.822	631.56	744.72
16-Feb-98	520	40980	83.806	628.02	741.73
16-Feb-98	530	40912	83.79	624.5	738.73
16-Feb-98	540	40843	83.774	621.02	735.71
16-Feb-98	550	40774	83.758	617.56	732.69
16-Feb-98	600	40705	83.741	614.13	729.65
16-Feb-98	610	40635	83.725	610.73	726.6
16-Feb-98	620	40566	83.709	607.35	723.54
16-Feb-98	630	40496	83.692	604	720.47
16-Feb-98	640	40426	83.676	600.68	717.4
16-Feb-98	650	40356	83.659	597.38	714.32
16-Feb-98	700	40286	83.643	594.11	711.23
16-Feb-98	710	40215	83.626	590.86	708.15
16-Feb-98	720	40145	83.609	587.64	705.05
16-Feb-98	730	40074	83.593	584.44	701.96
16-Feb-98	740	40004	83.576	581.27	698.86
16-Feb-98	750	39933	83.559	578.12	695.76
16-Feb-98	800	39863	83.543	575	692.66
16-Feb-98	810	39792	83.526	571.9	689.56
16-Feb-98	820	39722	83.509	568.82	686.46
16-Feb-98	830	39651	83.493	565.77	683.36
16-Feb-98	840	39580	83.476	562.74	680.26
16-Feb-98	850	39510	83.459	559.73	677.16
16-Feb-98	900	39440	83.443	556.75	674.07
16-Feb-98	910	39369	83.426	553.79	670.98
16-Feb-98	920	39299	83.41	550.85	667.89
16-Feb-98	930	39229	83.393	547.94	664.81
16-Feb-98	940	39159	83.377	545.05	661.73
16-Feb-98	950	39089	83.36	542.18	658.66
16-Feb-98	1000	39019	83.344	539.33	655.59
16-Feb-98	1010	38949	83.327	536.5	652.53
16-Feb-98	1020	38880	83.311	533.7	649.47
16-Feb-98	1030	38810	83.294	530.91	646.43
16-Feb-98	1040	38741	83.278	528.15	643.38
16-Feb-98	1050	38672	83.262	525.41	640.35
16-Feb-98	1100	38603	83.245	522.69	637.33
16-Feb-98	1110	38534	83.229	519.99	634.31
16-Feb-98	1120	38466	83.213	517.31	631.3
16-Feb-98	1130	38398	83.197	514.65	628.3
16-Feb-98	1140	38330	83.181	512.01	625.31
16-Feb-98	1150	38262	83.165	509.39	622.33
16-Feb-98	1200	38194	83.149	506.79	619.35
16-Feb-98	1210	38127	83.133	504.21	616.39
16-Feb-98	1220	38059	83.117	501.65	613.44
16-Feb-98	1230	37993	83.101	499.11	610.5
16-Feb-98	1240	37926	83.085	496.59	607.57
16-Feb-98	1250	37859	83.07	494.09	604.65
16-Feb-98	1300	37793	83.054	491.6	601.74
16-Feb-98	1310	37727	83.039	489.14	598.84
16-Feb-98	1320	37661	83.023	486.69	595.96
16-Feb-98	1330	37596	83.008	484.26	593.08
16-Feb-98	1340	37531	82.992	481.85	590.36
16-Feb-98	1350	37466	82.977	479.46	587.77
16-Feb-98	1400	37401	82.962	477.09	585.19

16-Feb-98	1410	37336	82.946	474.73	582.62
16-Feb-98	1420	37271	82.931	472.39	580.05
16-Feb-98	1430	37207	82.916	470.07	577.49
16-Feb-98	1440	37143	82.901	467.76	574.93
16-Feb-98	1450	37078	82.885	465.48	572.38
16-Feb-98	1500	37014	82.87	463.21	569.83
16-Feb-98	1510	36950	82.855	460.97	567.3
16-Feb-98	1520	36887	82.84	458.74	564.77
16-Feb-98	1530	36823	82.825	456.52	562.24
16-Feb-98	1540	36760	82.81	454.33	559.73
16-Feb-98	1550	36697	82.795	452.14	557.22
16-Feb-98	1600	36634	82.78	449.98	554.72
16-Feb-98	1610	36571	82.766	447.83	552.22
16-Feb-98	1620	36508	82.751	445.69	549.74
16-Feb-98	1630	36446	82.736	443.58	547.26
16-Feb-98	1640	36384	82.722	441.47	544.8
16-Feb-98	1650	36322	82.707	439.38	542.34
16-Feb-98	1700	36260	82.692	437.31	539.89
16-Feb-98	1710	36199	82.678	435.25	537.45
16-Feb-98	1720	36138	82.663	433.21	535.02
16-Feb-98	1730	36077	82.649	431.18	532.59
16-Feb-98	1740	36016	82.635	429.17	530.18
16-Feb-98	1750	35956	82.62	427.17	527.78
16-Feb-98	1800	35895	82.606	425.19	525.39
16-Feb-98	1810	35835	82.592	423.22	523
16-Feb-98	1820	35776	82.578	421.27	520.63
16-Feb-98	1830	35716	82.564	419.32	518.27
16-Feb-98	1840	35657	82.55	417.4	515.91
16-Feb-98	1850	35598	82.536	415.48	513.57
16-Feb-98	1900	35539	82.522	413.59	511.24
16-Feb-98	1910	35481	82.508	411.7	508.91
16-Feb-98	1920	35423	82.495	409.83	506.6
16-Feb-98	1930	35365	82.481	407.97	504.3
16-Feb-98	1940	35307	82.467	406.13	502.01
16-Feb-98	1950	35250	82.454	404.29	499.73
16-Feb-98	2000	35192	82.44	402.48	497.46
16-Feb-98	2010	35136	82.427	400.67	495.2
16-Feb-98	2020	35079	82.414	398.88	492.95
16-Feb-98	2030	35023	82.4	397.1	490.72
16-Feb-98	2040	34967	82.387	395.33	488.49
16-Feb-98	2050	34911	82.374	393.58	486.28
16-Feb-98	2100	34855	82.361	391.84	484.07
16-Feb-98	2110	34800	82.348	390.11	481.88
16-Feb-98	2120	34745	82.335	388.39	479.7
16-Feb-98	2130	34691	82.322	386.69	477.53
16-Feb-98	2140	34636	82.309	385	475.37
16-Feb-98	2150	34582	82.296	383.32	473.22
16-Feb-98	2200	34528	82.284	381.65	471.08
16-Feb-98	2210	34475	82.271	379.99	468.95
16-Feb-98	2220	34422	82.258	378.35	466.84
16-Feb-98	2230	34369	82.246	376.71	464.74
16-Feb-98	2240	34316	82.233	375.09	462.64
16-Feb-98	2250	34264	82.221	373.48	460.56
16-Feb-98	2300	34212	82.209	371.88	458.49

16-Feb-98	2310	34160	82.197	370.29	456.43
16-Feb-98	2320	34108	82.184	368.71	454.38
16-Feb-98	2330	34057	82.172	367.14	452.35
16-Feb-98	2340	34006	82.16	365.58	450.32
16-Feb-98	2350	33955	82.148	364.04	448.31
16-Feb-98	2400	33905	82.136	362.51	446.31
17-Feb-98	10	33855	82.125	360.98	444.31
17-Feb-98	20	33805	82.113	359.47	442.33
17-Feb-98	30	33755	82.101	357.96	440.36
17-Feb-98	40	33706	82.089	356.46	438.4
17-Feb-98	50	33657	82.078	354.97	436.46
17-Feb-98	100	33608	82.066	353.48	434.52
17-Feb-98	110	33560	82.055	352.01	432.59
17-Feb-98	120	33511	82.043	350.55	430.68
17-Feb-98	130	33464	82.032	349.1	428.77
17-Feb-98	140	33416	82.021	347.66	426.88
17-Feb-98	150	33368	82.01	346.23	425
17-Feb-98	200	33321	81.999	344.81	423.15
17-Feb-98	210	33274	81.988	343.39	421.51
17-Feb-98	220	33228	81.976	341.99	419.87
17-Feb-98	230	33181	81.965	340.6	418.23
17-Feb-98	240	33134	81.954	339.22	416.61
17-Feb-98	250	33088	81.944	337.85	414.98
17-Feb-98	300	33042	81.933	336.49	413.36
17-Feb-98	310	32996	81.922	335.13	411.75
17-Feb-98	320	32950	81.911	333.79	410.14
17-Feb-98	330	32904	81.9	332.46	408.54
17-Feb-98	340	32859	81.889	331.14	406.95
17-Feb-98	350	32813	81.879	329.82	405.36
17-Feb-98	400	32768	81.868	328.52	403.77
17-Feb-98	410	32723	81.857	327.23	402.19
17-Feb-98	420	32678	81.847	325.94	400.62
17-Feb-98	430	32633	81.836	324.67	399.05
17-Feb-98	440	32589	81.826	323.4	397.49
17-Feb-98	450	32544	81.815	322.14	395.94
17-Feb-98	500	32500	81.805	320.9	394.39
17-Feb-98	510	32456	81.794	319.66	392.85
17-Feb-98	520	32412	81.784	318.43	391.32
17-Feb-98	530	32369	81.774	317.2	389.79
17-Feb-98	540	32325	81.763	315.99	388.27
17-Feb-98	550	32282	81.753	314.79	386.75
17-Feb-98	600	32239	81.743	313.59	385.24
17-Feb-98	610	32196	81.733	312.4	383.74
17-Feb-98	620	32153	81.723	311.21	382.24
17-Feb-98	630	32111	81.713	310.03	380.75
17-Feb-98	640	32068	81.703	308.86	379.27
17-Feb-98	650	32026	81.693	307.69	377.79
17-Feb-98	700	31984	81.683	306.54	376.32
17-Feb-98	710	31943	81.673	305.39	374.86
17-Feb-98	720	31901	81.663	304.25	373.4
17-Feb-98	730	31860	81.654	303.12	371.95
17-Feb-98	740	31818	81.644	302	370.51
17-Feb-98	750	31777	81.634	300.88	369.07
17-Feb-98	800	31737	81.625	299.77	367.64

17-Feb-98	810	31696	81.615	298.66	366.22
17-Feb-98	820	31655	81.605	297.56	364.8
17-Feb-98	830	31615	81.596	296.47	363.4
17-Feb-98	840	31575	81.586	295.39	361.99
17-Feb-98	850	31535	81.577	294.32	360.6
17-Feb-98	900	31496	81.568	293.25	359.21
17-Feb-98	910	31456	81.558	292.2	357.82
17-Feb-98	920	31417	81.549	291.15	356.45
17-Feb-98	930	31378	81.54	290.11	355.08
17-Feb-98	940	31339	81.531	289.07	353.72
17-Feb-98	950	31300	81.522	288.04	352.36
17-Feb-98	1000	31262	81.512	287.02	351.01
17-Feb-98	1010	31223	81.503	286.01	349.67
17-Feb-98	1020	31185	81.494	285.01	348.34
17-Feb-98	1030	31147	81.485	284.01	347.01
17-Feb-98	1040	31110	81.477	283.02	345.69
17-Feb-98	1050	31072	81.468	282.04	344.38
17-Feb-98	1100	31035	81.459	281.06	343.07
17-Feb-98	1110	30998	81.45	280.09	341.77
17-Feb-98	1120	30961	81.441	279.13	340.48
17-Feb-98	1130	30924	81.433	278.18	339.19
17-Feb-98	1140	30888	81.424	277.23	337.91
17-Feb-98	1150	30851	81.416	276.29	336.64
17-Feb-98	1200	30815	81.407	275.36	335.38
17-Feb-98	1210	30779	81.399	274.44	334.12
17-Feb-98	1220	30744	81.39	273.53	332.87
17-Feb-98	1230	30708	81.382	272.62	331.63
17-Feb-98	1240	30673	81.373	271.71	330.39
17-Feb-98	1250	30638	81.365	270.82	329.16
17-Feb-98	1300	30603	81.357	269.93	327.94
17-Feb-98	1310	30568	81.349	269.04	326.72
17-Feb-98	1320	30534	81.341	268.17	325.51
17-Feb-98	1330	30499	81.332	267.3	324.31
17-Feb-98	1340	30465	81.324	266.43	323.12
17-Feb-98	1350	30431	81.316	265.57	321.93
17-Feb-98	1400	30398	81.308	264.72	320.75
17-Feb-98	1410	30364	81.301	263.88	319.57
17-Feb-98	1420	30331	81.293	263.05	318.41
17-Feb-98	1430	30298	81.285	262.22	317.25
17-Feb-98	1440	30265	81.277	261.41	316.09
17-Feb-98	1450	30232	81.269	260.59	314.95
17-Feb-98	1500	30200	81.262	259.79	313.81
17-Feb-98	1510	30167	81.254	258.99	312.68
17-Feb-98	1520	30135	81.246	258.19	311.55
17-Feb-98	1530	30103	81.239	257.4	310.43
17-Feb-98	1540	30071	81.231	256.62	309.32
17-Feb-98	1550	30040	81.224	255.84	308.22
17-Feb-98	1600	30009	81.217	255.06	307.12
17-Feb-98	1610	29977	81.209	254.29	306.03
17-Feb-98	1620	29946	81.202	253.53	304.95
17-Feb-98	1630	29916	81.195	252.77	303.87
17-Feb-98	1640	29885	81.187	252.02	302.8
17-Feb-98	1650	29855	81.18	251.27	301.74
17-Feb-98	1700	29825	81.173	250.53	300.68

17-Feb-98	1710	29795	81.166	249.79	299.63
17-Feb-98	1720	29765	81.159	249.06	298.58
17-Feb-98	1730	29735	81.152	248.34	297.55
17-Feb-98	1740	29706	81.145	247.61	296.52
17-Feb-98	1750	29677	81.138	246.9	295.49
17-Feb-98	1800	29647	81.131	246.19	294.47
17-Feb-98	1810	29619	81.125	245.48	293.46
17-Feb-98	1820	29590	81.118	244.78	292.46
17-Feb-98	1830	29561	81.111	244.08	291.46
17-Feb-98	1840	29533	81.104	243.39	290.47
17-Feb-98	1850	29505	81.098	242.7	289.48
17-Feb-98	1900	29477	81.091	242.02	288.5
17-Feb-98	1910	29449	81.085	241.34	287.53
17-Feb-98	1920	29421	81.078	240.67	286.56
17-Feb-98	1930	29394	81.072	240	285.6
17-Feb-98	1940	29367	81.065	239.33	284.64
17-Feb-98	1950	29340	81.059	238.67	283.69
17-Feb-98	2000	29313	81.052	238.02	282.75
17-Feb-98	2010	29286	81.046	237.37	281.81
17-Feb-98	2020	29259	81.04	236.72	280.88
17-Feb-98	2030	29233	81.034	236.08	279.96
17-Feb-98	2040	29207	81.027	235.45	279.04
17-Feb-98	2050	29181	81.021	234.81	278.12
17-Feb-98	2100	29155	81.015	234.18	277.22
17-Feb-98	2110	29129	81.009	233.56	276.32
17-Feb-98	2120	29103	81.003	232.94	275.42
17-Feb-98	2130	29078	80.997	232.33	274.6
17-Feb-98	2140	29053	80.991	231.72	273.85
17-Feb-98	2150	29027	80.985	231.11	273.1
17-Feb-98	2200	29002	80.979	230.51	272.36
17-Feb-98	2210	28977	80.973	229.91	271.62
17-Feb-98	2220	28952	80.967	229.31	270.88
17-Feb-98	2230	28927	80.961	228.72	270.14
17-Feb-98	2240	28903	80.956	228.14	269.41
17-Feb-98	2250	28878	80.95	227.56	268.68
17-Feb-98	2300	28853	80.944	226.98	267.95
17-Feb-98	2310	28829	80.938	226.41	267.22
17-Feb-98	2320	28804	80.932	225.84	266.5
17-Feb-98	2330	28780	80.927	225.27	265.78
17-Feb-98	2340	28756	80.921	224.71	265.06
17-Feb-98	2350	28731	80.915	224.15	264.35
17-Feb-98	2400	28707	80.909	223.6	263.64
18-Feb-98	10	28683	80.904	223.04	262.93
18-Feb-98	20	28660	80.898	222.5	262.22
18-Feb-98	30	28636	80.893	221.96	261.52
18-Feb-98	40	28612	80.887	221.42	260.82
18-Feb-98	50	28588	80.881	220.88	260.12
18-Feb-98	100	28565	80.876	220.35	259.42
18-Feb-98	110	28542	80.87	219.82	258.73
18-Feb-98	120	28518	80.865	219.3	258.04
18-Feb-98	130	28495	80.859	218.78	257.36
18-Feb-98	140	28472	80.854	218.26	256.67
18-Feb-98	150	28449	80.848	217.75	255.99
18-Feb-98	200	28426	80.843	217.24	255.32

18-Feb-98	210	28403	80.838	216.73	254.64
18-Feb-98	220	28381	80.832	216.23	253.97
18-Feb-98	230	28358	80.827	215.73	253.3
18-Feb-98	240	28336	80.822	215.23	252.64
18-Feb-98	250	28313	80.816	214.74	251.97
18-Feb-98	300	28291	80.811	214.25	251.32
18-Feb-98	310	28269	80.806	213.76	250.66
18-Feb-98	320	28247	80.801	213.28	250.01
18-Feb-98	330	28225	80.795	212.8	249.36
18-Feb-98	340	28203	80.79	212.33	248.71
18-Feb-98	350	28181	80.785	211.85	248.06
18-Feb-98	400	28159	80.78	211.38	247.42
18-Feb-98	410	28138	80.775	210.92	246.79
18-Feb-98	420	28116	80.77	210.46	246.15
18-Feb-98	430	28095	80.765	210	245.52
18-Feb-98	440	28074	80.76	209.54	244.89
18-Feb-98	450	28052	80.755	209.09	244.26
18-Feb-98	500	28031	80.75	208.64	243.64
18-Feb-98	510	28010	80.745	208.19	243.02
18-Feb-98	520	27990	80.74	207.75	242.4
18-Feb-98	530	27969	80.735	207.31	241.79
18-Feb-98	540	27948	80.73	206.87	241.18
18-Feb-98	550	27928	80.725	206.43	240.57
18-Feb-98	600	27907	80.721	206	239.97
18-Feb-98	610	27887	80.716	205.57	239.37
18-Feb-98	620	27867	80.711	205.15	238.77
18-Feb-98	630	27847	80.706	204.72	238.17
18-Feb-98	640	27827	80.702	204.3	237.58
18-Feb-98	650	27807	80.697	203.89	236.99
18-Feb-98	700	27787	80.692	203.47	236.41
18-Feb-98	710	27767	80.688	203.06	235.82
18-Feb-98	720	27747	80.683	202.65	235.24
18-Feb-98	730	27728	80.678	202.25	234.67
18-Feb-98	740	27709	80.674	201.85	234.09
18-Feb-98	750	27689	80.669	201.45	233.52
18-Feb-98	800	27670	80.665	201.05	232.96
18-Feb-98	810	27651	80.66	200.65	232.39
18-Feb-98	820	27632	80.656	200.26	231.83
18-Feb-98	830	27613	80.651	199.87	231.27
18-Feb-98	840	27594	80.647	199.49	230.71
18-Feb-98	850	27576	80.642	199.1	230.16
18-Feb-98	900	27557	80.638	198.72	229.61
18-Feb-98	910	27539	80.634	198.34	229.07
18-Feb-98	920	27520	80.629	197.97	228.52
18-Feb-98	930	27502	80.625	197.59	227.98
18-Feb-98	940	27484	80.621	197.22	227.44
18-Feb-98	950	27466	80.616	196.86	226.91
18-Feb-98	1000	27448	80.612	196.49	226.38
18-Feb-98	1010	27430	80.608	196.13	225.85
18-Feb-98	1020	27412	80.604	195.77	225.32
18-Feb-98	1030	27394	80.6	195.41	224.8
18-Feb-98	1040	27377	80.595	195.05	224.28
18-Feb-98	1050	27359	80.591	194.7	223.76
18-Feb-98	1100	27342	80.587	194.35	223.25

18-Feb-98	1110	27325	80.583	194	222.74
18-Feb-98	1120	27307	80.579	193.66	222.23
18-Feb-98	1130	27290	80.575	193.31	221.72
18-Feb-98	1140	27273	80.571	192.97	221.22
18-Feb-98	1150	27256	80.567	192.63	220.72
18-Feb-98	1200	27240	80.563	192.3	220.22
18-Feb-98	1210	27223	80.559	191.96	219.73
18-Feb-98	1220	27206	80.555	191.63	219.24
18-Feb-98	1230	27190	80.551	191.3	218.75
18-Feb-98	1240	27173	80.547	190.97	218.26
18-Feb-98	1250	27157	80.543	190.65	217.78
18-Feb-98	1300	27141	80.54	190.33	217.3
18-Feb-98	1310	27125	80.536	190.01	216.82
18-Feb-98	1320	27109	80.532	189.69	216.35
18-Feb-98	1330	27093	80.528	189.37	215.88
18-Feb-98	1340	27077	80.525	189.06	215.41
18-Feb-98	1350	27061	80.521	188.75	214.94
18-Feb-98	1400	27045	80.517	188.44	214.48
18-Feb-98	1410	27030	80.513	188.13	214.02
18-Feb-98	1420	27014	80.51	187.83	213.56
18-Feb-98	1430	26999	80.506	187.52	213.1
18-Feb-98	1440	26984	80.503	187.22	212.65
18-Feb-98	1450	26968	80.499	186.92	212.2
18-Feb-98	1500	26953	80.495	186.63	211.75
18-Feb-98	1510	26938	80.492	186.33	211.31
18-Feb-98	1520	26923	80.488	186.04	210.87
18-Feb-98	1530	26908	80.485	185.75	210.43
18-Feb-98	1540	26894	80.481	185.46	209.99
18-Feb-98	1550	26879	80.478	185.17	209.56
18-Feb-98	1600	26864	80.474	184.89	209.13
18-Feb-98	1610	26850	80.471	184.6	208.7
18-Feb-98	1620	26835	80.468	184.32	208.27
18-Feb-98	1630	26821	80.464	184.04	207.85
18-Feb-98	1640	26807	80.461	183.77	207.43
18-Feb-98	1650	26793	80.458	183.49	207.01
18-Feb-98	1700	26779	80.454	183.22	206.59
18-Feb-98	1710	26765	80.451	182.95	206.18
18-Feb-98	1720	26751	80.448	182.68	205.77
18-Feb-98	1730	26737	80.444	182.41	205.36
18-Feb-98	1740	26723	80.441	182.15	204.95
18-Feb-98	1750	26710	80.438	181.88	204.55
18-Feb-98	1800	26696	80.435	181.62	204.15
18-Feb-98	1810	26683	80.432	181.36	203.75
18-Feb-98	1820	26669	80.428	181.1	203.35
18-Feb-98	1830	26656	80.425	180.84	202.96
18-Feb-98	1840	26643	80.422	180.59	202.57
18-Feb-98	1850	26630	80.419	180.34	202.18
18-Feb-98	1900	26616	80.416	180.08	201.79
18-Feb-98	1910	26603	80.413	179.84	201.41
18-Feb-98	1920	26591	80.41	179.59	201.03
18-Feb-98	1930	26578	80.407	179.34	200.65
18-Feb-98	1940	26565	80.404	179.1	200.27
18-Feb-98	1950	26552	80.401	178.85	199.9
18-Feb-98	2000	26540	80.398	178.61	199.52

18-Feb-98	2010	26527	80.395	178.37	199.15
18-Feb-98	2020	26515	80.392	178.14	198.79
18-Feb-98	2030	26502	80.389	177.9	198.42
18-Feb-98	2040	26490	80.386	177.66	198.06
18-Feb-98	2050	26478	80.383	177.43	197.7
18-Feb-98	2100	26466	80.38	177.2	197.34
18-Feb-98	2110	26454	80.378	176.97	196.98
18-Feb-98	2120	26442	80.375	176.74	196.63
18-Feb-98	2130	26430	80.372	176.52	196.28
18-Feb-98	2140	26418	80.369	176.29	195.93
18-Feb-98	2150	26406	80.366	176.07	195.58
18-Feb-98	2200	26395	80.364	175.85	195.23
18-Feb-98	2210	26383	80.361	175.63	194.89
18-Feb-98	2220	26372	80.358	175.41	194.55
18-Feb-98	2230	26360	80.355	175.19	194.21
18-Feb-98	2240	26349	80.353	174.97	193.88
18-Feb-98	2250	26337	80.35	174.76	193.54
18-Feb-98	2300	26326	80.347	174.55	193.21
18-Feb-98	2310	26315	80.345	174.33	192.88
18-Feb-98	2320	26304	80.342	174.12	192.55
18-Feb-98	2330	26293	80.34	173.92	192.22
18-Feb-98	2340	26282	80.337	173.71	191.9
18-Feb-98	2350	26271	80.334	173.5	191.58
18-Feb-98	2400	26260	80.332	173.3	191.26
19-Feb-98	10	26250	80.329	173.1	190.94
19-Feb-98	20	26239	80.327	172.89	190.63
19-Feb-98	30	26228	80.324	172.69	190.31
19-Feb-98	40	26218	80.322	172.5	190
19-Feb-98	50	26207	80.319	172.3	189.69
19-Feb-98	100	26197	80.317	172.1	189.38
19-Feb-98	110	26187	80.314	171.91	189.08
19-Feb-98	120	26176	80.312	171.72	188.77
19-Feb-98	130	26166	80.31	171.52	188.47
19-Feb-98	140	26156	80.307	171.33	188.17
19-Feb-98	150	26146	80.305	171.14	187.87
19-Feb-98	200	26136	80.302	170.96	187.58
19-Feb-98	210	26126	80.3	170.77	187.28
19-Feb-98	220	26116	80.298	170.58	186.99
19-Feb-98	230	26106	80.295	170.4	186.7
19-Feb-98	240	26097	80.293	170.22	186.41
19-Feb-98	250	26087	80.291	170.03	186.13
19-Feb-98	300	26077	80.289	169.85	185.84
19-Feb-98	310	26068	80.286	169.68	185.56
19-Feb-98	320	26058	80.284	169.5	185.28
19-Feb-98	330	26049	80.282	169.32	185
19-Feb-98	340	26039	80.28	169.15	184.72
19-Feb-98	350	26030	80.277	168.97	184.45
19-Feb-98	400	26021	80.275	168.8	184.17
19-Feb-98	410	26012	80.273	168.63	183.9
19-Feb-98	420	26002	80.271	168.46	183.63
19-Feb-98	430	25993	80.269	168.29	183.36
19-Feb-98	440	25984	80.267	168.12	183.1
19-Feb-98	450	25975	80.265	167.95	182.83
19-Feb-98	500	25966	80.262	167.78	182.57

19-Feb-98	510	25958	80.26	167.61	182.31
19-Feb-98	520	25949	80.258	167.44	182.05
19-Feb-98	530	25940	80.256	167.27	181.79
19-Feb-98	540	25931	80.254	167.1	181.53
19-Feb-98	550	25923	80.252	166.94	181.28
19-Feb-98	600	25914	80.25	166.77	181.02
19-Feb-98	610	25906	80.248	166.61	180.77
19-Feb-98	620	25897	80.246	166.44	180.52
19-Feb-98	630	25889	80.244	166.28	180.27
19-Feb-98	640	25880	80.242	166.12	180.02
19-Feb-98	650	25872	80.24	165.95	179.78
19-Feb-98	700	25864	80.238	165.79	179.53
19-Feb-98	710	25856	80.236	165.63	179.29
19-Feb-98	720	25847	80.234	165.48	179.05
19-Feb-98	730	25839	80.232	165.32	178.81
19-Feb-98	740	25831	80.231	165.16	178.57
19-Feb-98	750	25823	80.229	165.01	178.33
19-Feb-98	800	25815	80.227	164.85	178.1
19-Feb-98	810	25807	80.225	164.7	177.86
19-Feb-98	820	25799	80.223	164.55	177.63
19-Feb-98	830	25792	80.221	164.4	177.4
19-Feb-98	840	25784	80.219	164.25	177.17
19-Feb-98	850	25776	80.218	164.1	176.94
19-Feb-98	900	25768	80.216	163.95	176.71
19-Feb-98	910	25761	80.214	163.81	176.49
19-Feb-98	920	25753	80.212	163.66	176.26
19-Feb-98	930	25746	80.21	163.52	176.04
19-Feb-98	940	25738	80.209	163.37	175.82
19-Feb-98	950	25731	80.207	163.23	175.6
19-Feb-98	1000	25723	80.205	163.09	175.38
19-Feb-98	1010	25716	80.203	162.95	175.16
19-Feb-98	1020	25709	80.202	162.81	174.94
19-Feb-98	1030	25701	80.2	162.67	174.73
19-Feb-98	1040	25694	80.198	162.53	174.52
19-Feb-98	1050	25687	80.197	162.39	174.3
19-Feb-98	1100	25680	80.195	162.26	174.09
19-Feb-98	1110	25673	80.193	162.12	173.88
19-Feb-98	1120	25666	80.192	161.99	173.68
19-Feb-98	1130	25659	80.19	161.85	173.47
19-Feb-98	1140	25652	80.188	161.72	173.26
19-Feb-98	1150	25645	80.187	161.59	173.06
19-Feb-98	1200	25638	80.185	161.46	172.86
19-Feb-98	1210	25631	80.183	161.33	172.66
19-Feb-98	1220	25625	80.182	161.2	172.46
19-Feb-98	1230	25618	80.18	161.07	172.26
19-Feb-98	1240	25611	80.179	160.95	172.06
19-Feb-98	1250	25605	80.177	160.82	171.86
19-Feb-98	1300	25598	80.175	160.7	171.67
19-Feb-98	1310	25591	80.174	160.57	171.47
19-Feb-98	1320	25585	80.172	160.45	171.28
19-Feb-98	1330	25578	80.171	160.33	171.09
19-Feb-98	1340	25572	80.169	160.2	170.9
19-Feb-98	1350	25566	80.168	160.08	170.71
19-Feb-98	1400	25559	80.166	159.96	170.52

19-Feb-98	1410	25553	80.165	159.84	170.33
19-Feb-98	1420	25547	80.163	159.73	170.15
19-Feb-98	1430	25540	80.162	159.61	169.96
19-Feb-98	1440	25534	80.16	159.49	169.78
19-Feb-98	1450	25528	80.159	159.38	169.6
19-Feb-98	1500	25522	80.158	159.26	169.42
19-Feb-98	1510	25516	80.156	159.15	169.24
19-Feb-98	1520	25510	80.155	159.04	169.06
19-Feb-98	1530	25504	80.153	158.93	168.88
19-Feb-98	1540	25498	80.152	158.82	168.71
19-Feb-98	1550	25492	80.15	158.71	168.53
19-Feb-98	1600	25486	80.149	158.6	168.36
19-Feb-98	1610	25480	80.148	158.49	168.18
19-Feb-98	1620	25474	80.146	158.38	168.01
19-Feb-98	1630	25469	80.145	158.27	167.84
19-Feb-98	1640	25463	80.144	158.17	167.67
19-Feb-98	1650	25457	80.142	158.06	167.51
19-Feb-98	1700	25452	80.141	157.96	167.34
19-Feb-98	1710	25446	80.14	157.86	167.17
19-Feb-98	1720	25440	80.138	157.75	167.01
19-Feb-98	1730	25435	80.137	157.65	166.84
19-Feb-98	1740	25429	80.136	157.55	166.68
19-Feb-98	1750	25424	80.134	157.45	166.52
19-Feb-98	1800	25418	80.133	157.35	166.36
19-Feb-98	1810	25413	80.132	157.25	166.2
19-Feb-98	1820	25408	80.131	157.16	166.04
19-Feb-98	1830	25402	80.129	157.07	165.89
19-Feb-98	1840	25397	80.128	156.98	165.73
19-Feb-98	1850	25392	80.127	156.89	165.57
19-Feb-98	1900	25387	80.126	156.8	165.42
19-Feb-98	1910	25382	80.124	156.71	165.27
19-Feb-98	1920	25376	80.123	156.63	165.12
19-Feb-98	1930	25371	80.122	156.54	164.97
19-Feb-98	1940	25366	80.121	156.45	164.82
19-Feb-98	1950	25361	80.12	156.37	164.67
19-Feb-98	2000	25356	80.118	156.28	164.52
19-Feb-98	2010	25351	80.117	156.2	164.38
19-Feb-98	2020	25347	80.116	156.11	164.23
19-Feb-98	2030	25342	80.115	156.03	164.09
19-Feb-98	2040	25337	80.114	155.95	163.95
19-Feb-98	2050	25332	80.113	155.86	163.81
19-Feb-98	2100	25327	80.112	155.78	163.67
19-Feb-98	2110	25323	80.111	155.7	163.53
19-Feb-98	2120	25318	80.109	155.62	163.39
19-Feb-98	2130	25313	80.108	155.54	163.25
19-Feb-98	2140	25309	80.107	155.46	163.11
19-Feb-98	2150	25304	80.106	155.38	162.98
19-Feb-98	2200	25300	80.105	155.3	162.84
19-Feb-98	2210	25295	80.104	155.22	162.71
19-Feb-98	2220	25291	80.103	155.15	162.58
19-Feb-98	2230	25286	80.102	155.07	162.45
19-Feb-98	2240	25282	80.101	154.99	162.32
19-Feb-98	2250	25277	80.1	154.92	162.19
19-Feb-98	2300	25273	80.099	154.84	162.06

19-Feb-98	2310	25269	80.098	154.76	161.93
19-Feb-98	2320	25264	80.097	154.69	161.8
19-Feb-98	2330	25260	80.096	154.62	161.68
19-Feb-98	2340	25256	80.095	154.54	161.55
19-Feb-98	2350	25252	80.094	154.47	161.43
19-Feb-98	2400	25248	80.093	154.4	161.31

A.1.2 Hidrogramas a la Entrada y a la Salida en la Confluencia Chipillico

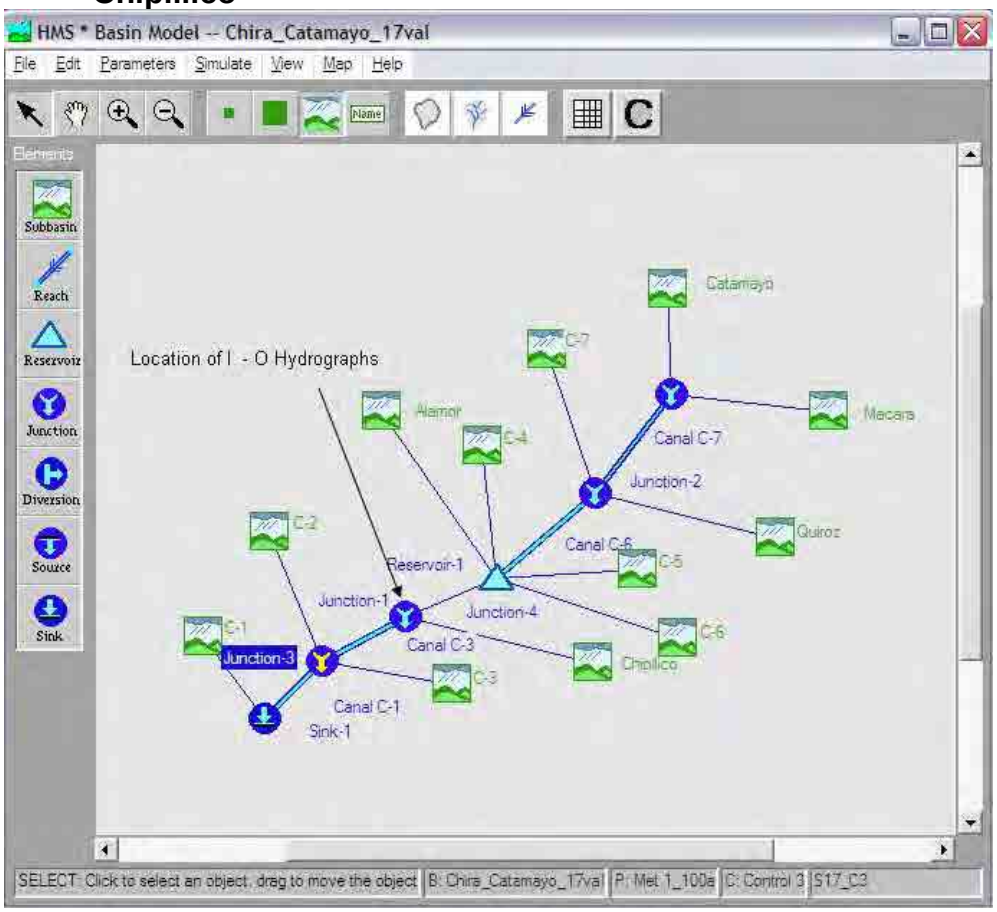


Figura NºA.4. Esquema de Modelamiento Hidrológico en la confluencia Chipillico, para el evento de 2 años de Periodo de Retorno.

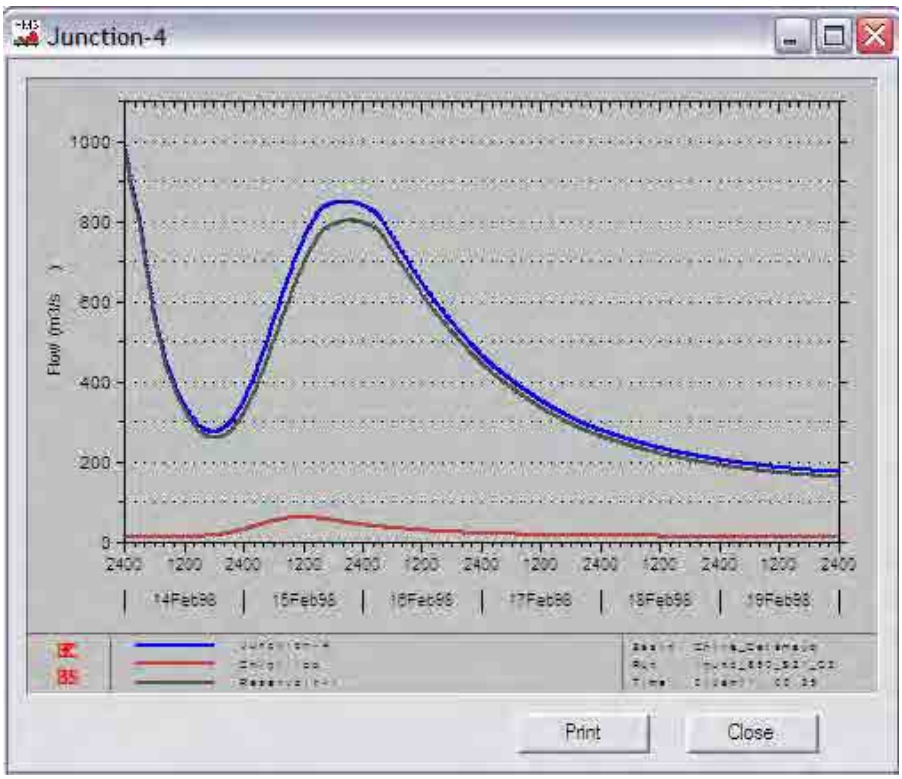


Figura Nº A.5. Hidrogramas a la entrada (I) y Salida (O) de la Confluencia Chipillico para el evento de 2 años de Periodo de Retorno.

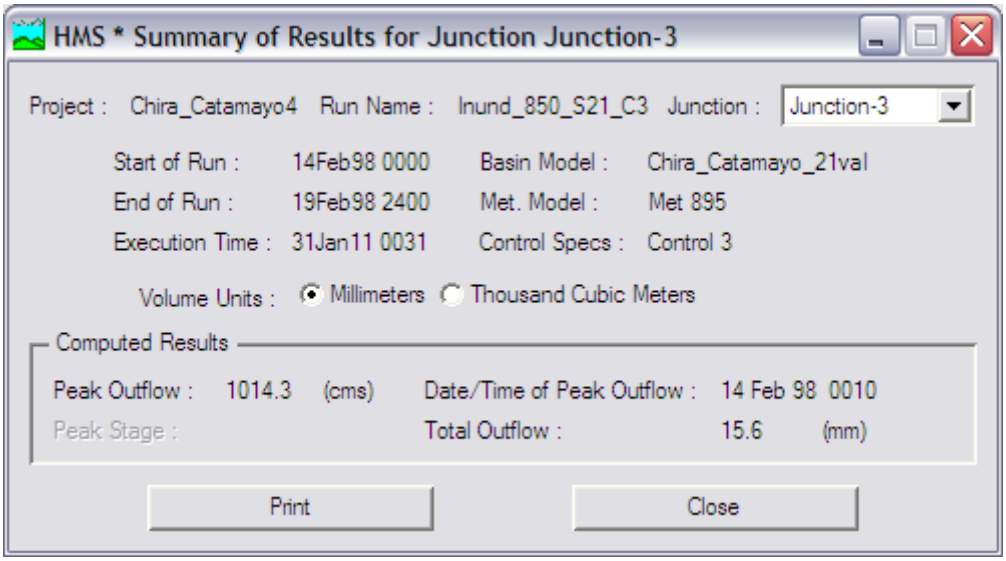


Figura Nº A.6. Resultados de la Simulación Precipitación Escorrentía en la Confluencia Chipillico para el evento de 2 años de Periodo de Retorno.

Tabla Nº A.2. Hidrogramas de Avenidas Generados con el Modelo HEC-HMS en la Confluencia Chipillico para el evento de 2 años de Periodo de Retorno.

Fecha	Tiempo	Hidrograma proveniente del río Chipillico (m3/s)	Hidrograma proveniente del Reservorio	Hidrograma a la Salida de la Confluencia (m^3/s)
13-Feb-98	2400	12.87	980.09	992.96
14-Feb-98	10	12.87	968.93	981.8
14-Feb-98	20	12.87	957.91	970.78
14-Feb-98	30	12.87	947.04	959.91
14-Feb-98	40	12.87	936.32	949.19
14-Feb-98	50	12.87	925.74	938.61
14-Feb-98	100	12.87	915.3	928.17
14-Feb-98	110	12.87	905.01	917.88
14-Feb-98	120	12.87	894.84	907.71
14-Feb-98	130	12.87	884.82	897.69
14-Feb-98	140	12.87	874.93	887.8
14-Feb-98	150	12.87	865.17	878.04
14-Feb-98	200	12.87	855.54	868.41
14-Feb-98	210	12.87	846.04	858.91
14-Feb-98	220	12.87	836.66	849.53
14-Feb-98	230	12.87	827.41	840.28
14-Feb-98	240	12.87	818.29	831.16
14-Feb-98	250	12.87	809.28	822.15
14-Feb-98	300	12.87	800.4	813.27
14-Feb-98	310	12.87	791.63	804.5
14-Feb-98	320	12.87	782.99	795.86
14-Feb-98	330	12.87	771.32	784.19
14-Feb-98	340	12.87	754.99	767.86
14-Feb-98	350	12.87	739.09	751.96
14-Feb-98	400	12.87	723.61	736.48
14-Feb-98	410	12.87	708.52	721.39
14-Feb-98	420	12.87	693.83	706.7
14-Feb-98	430	12.87	679.53	692.4
14-Feb-98	440	12.87	665.59	678.46
14-Feb-98	450	12.87	652.01	664.88
14-Feb-98	500	12.87	638.79	651.66
14-Feb-98	510	12.87	625.92	638.79
14-Feb-98	520	12.87	613.38	626.25
14-Feb-98	530	12.87	601.16	614.03
14-Feb-98	540	12.87	589.49	602.36
14-Feb-98	550	12.87	578.99	591.86
14-Feb-98	600	12.87	568.74	581.61
14-Feb-98	610	12.87	558.73	571.6
14-Feb-98	620	12.87	548.96	561.83
14-Feb-98	630	12.87	539.41	552.28
14-Feb-98	640	12.87	530.09	542.96
14-Feb-98	650	12.87	520.99	533.86
14-Feb-98	700	12.87	512.11	524.98
14-Feb-98	710	12.87	503.43	516.3
14-Feb-98	720	12.87	494.96	507.83
14-Feb-98	730	12.87	486.69	499.56
14-Feb-98	740	12.87	478.61	491.48
14-Feb-98	750	12.87	470.73	483.6
14-Feb-98	800	12.87	463.03	475.9

14-Feb-98	810	12.87	455.51	468.38
14-Feb-98	820	12.87	448.17	461.04
14-Feb-98	830	12.87	441	453.87
14-Feb-98	840	12.87	434	446.87
14-Feb-98	850	12.87	427.16	440.03
14-Feb-98	900	12.87	420.82	433.69
14-Feb-98	910	12.87	415.06	427.93
14-Feb-98	920	12.87	409.42	422.29
14-Feb-98	930	12.87	403.9	416.77
14-Feb-98	940	12.87	398.49	411.36
14-Feb-98	950	12.87	393.19	406.06
14-Feb-98	1000	12.87	388	400.87
14-Feb-98	1010	12.87	382.93	395.8
14-Feb-98	1020	12.87	377.95	390.82
14-Feb-98	1030	12.87	373.08	385.95
14-Feb-98	1040	12.87	368.32	381.19
14-Feb-98	1050	12.87	363.65	376.52
14-Feb-98	1100	12.87	359.08	371.95
14-Feb-98	1110	12.87	354.61	367.48
14-Feb-98	1120	12.87	350.24	363.11
14-Feb-98	1130	12.87	345.96	358.83
14-Feb-98	1140	12.87	341.77	354.64
14-Feb-98	1150	12.87	337.68	350.55
14-Feb-98	1200	12.87	333.69	346.56
14-Feb-98	1210	12.87	329.79	342.66
14-Feb-98	1220	12.88	325.98	338.86
14-Feb-98	1230	12.88	322.26	335.15
14-Feb-98	1240	12.89	318.64	331.54
14-Feb-98	1250	12.9	315.12	328.02
14-Feb-98	1300	12.92	311.69	324.6
14-Feb-98	1310	12.93	308.35	321.28
14-Feb-98	1320	12.95	305.11	318.06
14-Feb-98	1330	12.98	301.97	314.95
14-Feb-98	1340	13.01	298.92	311.93
14-Feb-98	1350	13.04	295.97	309.01
14-Feb-98	1400	13.07	293.13	306.2
14-Feb-98	1410	13.12	290.38	303.49
14-Feb-98	1420	13.16	287.73	300.89
14-Feb-98	1430	13.22	285.18	298.4
14-Feb-98	1440	13.27	282.74	296.01
14-Feb-98	1450	13.34	280.39	293.73
14-Feb-98	1500	13.41	278.16	291.56
14-Feb-98	1510	13.48	276.02	289.5
14-Feb-98	1520	13.56	274.15	287.71
14-Feb-98	1530	13.65	272.52	286.17
14-Feb-98	1540	13.75	270.98	284.73
14-Feb-98	1550	13.85	269.53	283.38
14-Feb-98	1600	13.96	268.17	282.12
14-Feb-98	1610	14.07	266.89	280.97
14-Feb-98	1620	14.2	265.71	279.91
14-Feb-98	1630	14.33	264.61	278.94
14-Feb-98	1640	14.47	263.61	278.08
14-Feb-98	1650	14.62	262.71	277.33
14-Feb-98	1700	14.78	261.89	276.67
14-Feb-98	1710	14.94	261.18	276.12

14-Feb-98	1720	15.12	260.55	275.67
14-Feb-98	1730	15.3	260.02	275.32
14-Feb-98	1740	15.49	259.59	275.08
14-Feb-98	1750	15.69	259.26	274.95
14-Feb-98	1800	15.9	259.02	274.92
14-Feb-98	1810	16.12	258.88	275
14-Feb-98	1820	16.35	258.83	275.19
14-Feb-98	1830	16.59	258.88	275.48
14-Feb-98	1840	16.84	259.03	275.87
14-Feb-98	1850	17.1	259.28	276.38
14-Feb-98	1900	17.37	259.62	276.99
14-Feb-98	1910	17.65	260.06	277.71
14-Feb-98	1920	17.94	260.6	278.54
14-Feb-98	1930	18.24	261.23	279.47
14-Feb-98	1940	18.55	261.96	280.51
14-Feb-98	1950	18.87	262.79	281.66
14-Feb-98	2000	19.2	263.71	282.91
14-Feb-98	2010	19.55	264.73	284.27
14-Feb-98	2020	19.9	265.84	285.74
14-Feb-98	2030	20.26	267.05	287.31
14-Feb-98	2040	20.64	268.36	288.99
14-Feb-98	2050	21.02	269.76	290.78
14-Feb-98	2100	21.42	271.25	292.67
14-Feb-98	2110	21.82	272.84	294.67
14-Feb-98	2120	22.24	274.52	296.77
14-Feb-98	2130	22.67	276.54	299.21
14-Feb-98	2140	23.11	278.74	301.85
14-Feb-98	2150	23.56	281.05	304.61
14-Feb-98	2200	24.02	283.45	307.47
14-Feb-98	2210	24.49	285.96	310.45
14-Feb-98	2220	24.97	288.56	313.53
14-Feb-98	2230	25.46	291.26	316.72
14-Feb-98	2240	25.97	294.05	320.02
14-Feb-98	2250	26.48	296.94	323.41
14-Feb-98	2300	27	299.91	326.91
14-Feb-98	2310	27.53	302.98	330.51
14-Feb-98	2320	28.07	306.14	334.21
14-Feb-98	2330	28.62	309.39	338.01
14-Feb-98	2340	29.17	312.72	341.9
14-Feb-98	2350	29.74	316.14	345.88
14-Feb-98	2400	30.31	319.65	349.96
15-Feb-98	10	30.9	323.24	354.13
15-Feb-98	20	31.48	326.92	358.4
15-Feb-98	30	32.08	330.67	362.75
15-Feb-98	40	32.67	334.52	367.19
15-Feb-98	50	33.27	338.44	371.71
15-Feb-98	100	33.88	342.44	376.31
15-Feb-98	110	34.49	346.51	380.99
15-Feb-98	120	35.09	350.66	385.75
15-Feb-98	130	35.71	354.87	390.58
15-Feb-98	140	36.32	359.16	395.48
15-Feb-98	150	36.93	363.52	400.45
15-Feb-98	200	37.54	367.94	405.48
15-Feb-98	210	38.16	372.42	410.58
15-Feb-98	220	38.77	376.98	415.75

15-Feb-98	230	39.38	381.59	420.97
15-Feb-98	240	39.99	386.26	426.26
15-Feb-98	250	40.6	390.99	431.59
15-Feb-98	300	41.21	395.78	436.98
15-Feb-98	310	41.81	400.61	442.42
15-Feb-98	320	42.41	405.49	447.9
15-Feb-98	330	43.01	410.42	453.43
15-Feb-98	340	43.6	415.39	458.99
15-Feb-98	350	44.19	420.39	464.59
15-Feb-98	400	44.78	425.71	470.49
15-Feb-98	410	45.36	431.45	476.81
15-Feb-98	420	45.93	437.21	483.15
15-Feb-98	430	46.5	442.99	489.49
15-Feb-98	440	47.07	448.77	495.84
15-Feb-98	450	47.62	454.57	502.19
15-Feb-98	500	48.17	460.37	508.54
15-Feb-98	510	48.72	466.17	514.89
15-Feb-98	520	49.25	471.97	521.23
15-Feb-98	530	49.78	477.77	527.55
15-Feb-98	540	50.3	483.57	533.87
15-Feb-98	550	50.81	489.35	540.17
15-Feb-98	600	51.32	495.13	546.45
15-Feb-98	610	51.81	500.89	552.7
15-Feb-98	620	52.29	506.64	558.93
15-Feb-98	630	52.77	512.37	565.14
15-Feb-98	640	53.23	518.08	571.31
15-Feb-98	650	53.68	523.77	577.45
15-Feb-98	700	54.13	529.43	583.56
15-Feb-98	710	54.56	535.07	589.63
15-Feb-98	720	54.97	540.69	595.66
15-Feb-98	730	55.38	546.27	601.65
15-Feb-98	740	55.77	551.83	607.6
15-Feb-98	750	56.15	557.36	613.5
15-Feb-98	800	56.51	562.85	619.36
15-Feb-98	810	56.86	568.31	625.17
15-Feb-98	820	57.19	573.73	630.93
15-Feb-98	830	57.51	579.12	636.63
15-Feb-98	840	57.82	584.47	642.29
15-Feb-98	850	58.1	589.79	647.89
15-Feb-98	900	58.38	595.41	653.79
15-Feb-98	910	58.63	601.18	659.81
15-Feb-98	920	58.87	606.89	665.76
15-Feb-98	930	59.1	612.53	671.63
15-Feb-98	940	59.31	618.11	677.42
15-Feb-98	950	59.5	623.63	683.13
15-Feb-98	1000	59.68	629.08	688.76
15-Feb-98	1010	59.84	634.47	694.31
15-Feb-98	1020	59.99	639.79	699.78
15-Feb-98	1030	60.12	645.05	705.17
15-Feb-98	1040	60.23	650.24	710.47
15-Feb-98	1050	60.33	655.36	715.69
15-Feb-98	1100	60.41	660.42	720.83
15-Feb-98	1110	60.48	665.4	725.88
15-Feb-98	1120	60.54	670.32	730.86
15-Feb-98	1130	60.58	675.17	735.74

15-Feb-98	1140	60.6	679.94	740.55
15-Feb-98	1150	60.61	684.65	745.27
15-Feb-98	1200	60.61	689.29	749.9
15-Feb-98	1210	60.6	693.86	754.46
15-Feb-98	1220	60.57	698.36	758.92
15-Feb-98	1230	60.52	702.78	763.31
15-Feb-98	1240	60.47	707.14	767.6
15-Feb-98	1250	60.4	711.42	771.81
15-Feb-98	1300	60.32	715.62	775.94
15-Feb-98	1310	60.22	719.75	779.98
15-Feb-98	1320	60.12	723.81	783.93
15-Feb-98	1330	60	727.79	787.79
15-Feb-98	1340	59.87	731.69	791.56
15-Feb-98	1350	59.74	735.51	795.25
15-Feb-98	1400	59.59	739.26	798.84
15-Feb-98	1410	59.42	742.92	802.35
15-Feb-98	1420	59.25	746.5	805.76
15-Feb-98	1430	59.07	750	809.08
15-Feb-98	1440	58.88	753.42	812.3
15-Feb-98	1450	58.68	756.75	815.44
15-Feb-98	1500	58.47	760	818.48
15-Feb-98	1510	58.26	763.16	821.42
15-Feb-98	1520	58.03	766.24	824.27
15-Feb-98	1530	57.8	769.23	827.02
15-Feb-98	1540	57.55	772.12	829.68
15-Feb-98	1550	57.3	774.93	832.24
15-Feb-98	1600	57.05	777.65	834.7
15-Feb-98	1610	56.78	779.06	835.84
15-Feb-98	1620	56.51	780.37	836.89
15-Feb-98	1630	56.24	781.66	837.9
15-Feb-98	1640	55.95	782.92	838.87
15-Feb-98	1650	55.66	784.14	839.81
15-Feb-98	1700	55.37	785.33	840.7
15-Feb-98	1710	55.07	786.49	841.56
15-Feb-98	1720	54.77	787.61	842.38
15-Feb-98	1730	54.46	788.7	843.16
15-Feb-98	1740	54.15	789.74	843.89
15-Feb-98	1750	53.83	790.75	844.59
15-Feb-98	1800	53.51	791.72	845.24
15-Feb-98	1810	53.19	792.66	845.85
15-Feb-98	1820	52.87	793.55	846.42
15-Feb-98	1830	52.54	794.4	846.95
15-Feb-98	1840	52.21	795.21	847.43
15-Feb-98	1850	51.88	795.98	847.87
15-Feb-98	1900	51.55	796.71	848.27
15-Feb-98	1910	51.22	797.4	848.62
15-Feb-98	1920	50.89	798.04	848.93
15-Feb-98	1930	50.56	798.64	849.2
15-Feb-98	1940	50.23	799.2	849.42
15-Feb-98	1950	49.9	799.71	849.61
15-Feb-98	2000	49.57	800.18	849.75
15-Feb-98	2010	49.25	800.6	849.85
15-Feb-98	2020	48.93	800.98	849.9
15-Feb-98	2030	48.61	801.31	849.92
15-Feb-98	2040	48.29	801.6	849.89

15-Feb-98	2050	47.98	801.84	849.82
15-Feb-98	2100	47.67	802.04	849.71
15-Feb-98	2110	47.36	802.19	849.55
15-Feb-98	2120	47.06	802.29	849.35
15-Feb-98	2130	46.76	802.35	849.11
15-Feb-98	2140	46.46	802.37	848.83
15-Feb-98	2150	46.16	802.34	848.5
15-Feb-98	2200	45.87	802.26	848.13
15-Feb-98	2210	45.58	802.14	847.71
15-Feb-98	2220	45.29	801.97	847.26
15-Feb-98	2230	45	801.76	846.76
15-Feb-98	2240	44.72	801.5	846.22
15-Feb-98	2250	44.44	801.19	845.63
15-Feb-98	2300	44.16	800.84	845
15-Feb-98	2310	43.88	800.45	844.33
15-Feb-98	2320	43.61	800.01	843.62
15-Feb-98	2330	43.34	799.53	842.87
15-Feb-98	2340	43.07	799	842.07
15-Feb-98	2350	42.8	798.43	841.24
15-Feb-98	2400	42.54	797.82	840.36
16-Feb-98	10	42.28	797.16	839.44
16-Feb-98	20	42.02	796.46	838.48
16-Feb-98	30	41.76	795.72	837.48
16-Feb-98	40	41.51	794.94	836.44
16-Feb-98	50	41.25	794.11	835.36
16-Feb-98	100	41	793.24	834.25
16-Feb-98	110	40.75	792.33	833.09
16-Feb-98	120	40.51	791.39	831.89
16-Feb-98	130	40.26	790.4	830.66
16-Feb-98	140	40.02	789.37	829.39
16-Feb-98	150	39.78	788.3	828.08
16-Feb-98	200	39.55	787.2	826.74
16-Feb-98	210	39.31	786.05	825.36
16-Feb-98	220	39.08	784.87	823.95
16-Feb-98	230	38.85	783.65	822.5
16-Feb-98	240	38.62	782.4	821.02
16-Feb-98	250	38.39	781.11	819.5
16-Feb-98	300	38.16	779.79	817.95
16-Feb-98	310	37.94	778.43	816.37
16-Feb-98	320	37.72	776.35	814.07
16-Feb-98	330	37.5	773.6	811.1
16-Feb-98	340	37.28	770.81	808.1
16-Feb-98	350	37.07	768	805.07
16-Feb-98	400	36.85	765.17	802.02
16-Feb-98	410	36.64	762.31	798.95
16-Feb-98	420	36.43	759.43	795.86
16-Feb-98	430	36.22	756.52	792.75
16-Feb-98	440	36.02	753.6	789.62
16-Feb-98	450	35.81	750.66	786.47
16-Feb-98	500	35.61	747.7	783.31
16-Feb-98	510	35.41	744.72	780.14
16-Feb-98	520	35.21	741.73	776.95
16-Feb-98	530	35.02	738.73	773.75
16-Feb-98	540	34.82	735.71	770.53
16-Feb-98	550	34.63	732.69	767.31

16-Feb-98	600	34.43	729.65	764.08
16-Feb-98	610	34.24	726.6	760.84
16-Feb-98	620	34.06	723.54	757.59
16-Feb-98	630	33.87	720.47	754.34
16-Feb-98	640	33.68	717.4	751.08
16-Feb-98	650	33.5	714.32	747.82
16-Feb-98	700	33.32	711.23	744.55
16-Feb-98	710	33.14	708.15	741.28
16-Feb-98	720	32.96	705.05	738.01
16-Feb-98	730	32.78	701.96	734.74
16-Feb-98	740	32.61	698.86	731.46
16-Feb-98	750	32.43	695.76	728.19
16-Feb-98	800	32.26	692.66	724.92
16-Feb-98	810	32.09	689.56	721.64
16-Feb-98	820	31.92	686.46	718.37
16-Feb-98	830	31.75	683.36	715.1
16-Feb-98	840	31.58	680.26	711.84
16-Feb-98	850	31.42	677.16	708.58
16-Feb-98	900	31.25	674.07	705.32
16-Feb-98	910	31.09	670.98	702.07
16-Feb-98	920	30.93	667.89	698.82
16-Feb-98	930	30.77	664.81	695.58
16-Feb-98	940	30.61	661.73	692.34
16-Feb-98	950	30.46	658.66	689.11
16-Feb-98	1000	30.3	655.59	685.89
16-Feb-98	1010	30.15	652.53	682.68
16-Feb-98	1020	30	649.47	679.47
16-Feb-98	1030	29.84	646.43	676.27
16-Feb-98	1040	29.7	643.38	673.08
16-Feb-98	1050	29.55	640.35	669.9
16-Feb-98	1100	29.4	637.33	666.72
16-Feb-98	1110	29.25	634.31	663.56
16-Feb-98	1120	29.11	631.3	660.41
16-Feb-98	1130	28.97	628.3	657.26
16-Feb-98	1140	28.82	625.31	654.13
16-Feb-98	1150	28.68	622.33	651.01
16-Feb-98	1200	28.54	619.35	647.9
16-Feb-98	1210	28.41	616.39	644.8
16-Feb-98	1220	28.27	613.44	641.71
16-Feb-98	1230	28.13	610.5	638.63
16-Feb-98	1240	28	607.57	635.57
16-Feb-98	1250	27.86	604.65	632.51
16-Feb-98	1300	27.73	601.74	629.47
16-Feb-98	1310	27.6	598.84	626.44
16-Feb-98	1320	27.47	595.96	623.43
16-Feb-98	1330	27.34	593.08	620.43
16-Feb-98	1340	27.21	590.36	617.57
16-Feb-98	1350	27.09	587.77	614.86
16-Feb-98	1400	26.96	585.19	612.16
16-Feb-98	1410	26.84	582.62	609.46
16-Feb-98	1420	26.71	580.05	606.77
16-Feb-98	1430	26.59	577.49	604.08
16-Feb-98	1440	26.47	574.93	601.4
16-Feb-98	1450	26.35	572.38	598.73
16-Feb-98	1500	26.23	569.83	596.07

16-Feb-98	1510	26.11	567.3	593.41
16-Feb-98	1520	26	564.77	590.76
16-Feb-98	1530	25.88	562.24	588.12
16-Feb-98	1540	25.77	559.73	585.49
16-Feb-98	1550	25.65	557.22	582.87
16-Feb-98	1600	25.54	554.72	580.26
16-Feb-98	1610	25.43	552.22	577.65
16-Feb-98	1620	25.32	549.74	575.06
16-Feb-98	1630	25.21	547.26	572.47
16-Feb-98	1640	25.1	544.8	569.9
16-Feb-98	1650	24.99	542.34	567.33
16-Feb-98	1700	24.88	539.89	564.77
16-Feb-98	1710	24.78	537.45	562.23
16-Feb-98	1720	24.67	535.02	559.69
16-Feb-98	1730	24.57	532.59	557.16
16-Feb-98	1740	24.47	530.18	554.65
16-Feb-98	1750	24.36	527.78	552.14
16-Feb-98	1800	24.26	525.39	549.65
16-Feb-98	1810	24.16	523	547.16
16-Feb-98	1820	24.06	520.63	544.69
16-Feb-98	1830	23.96	518.27	542.23
16-Feb-98	1840	23.87	515.91	539.78
16-Feb-98	1850	23.77	513.57	537.34
16-Feb-98	1900	23.67	511.24	534.91
16-Feb-98	1910	23.58	508.91	532.49
16-Feb-98	1920	23.48	506.6	530.08
16-Feb-98	1930	23.39	504.3	527.69
16-Feb-98	1940	23.3	502.01	525.31
16-Feb-98	1950	23.2	499.73	522.93
16-Feb-98	2000	23.11	497.46	520.57
16-Feb-98	2010	23.02	495.2	518.22
16-Feb-98	2020	22.93	492.95	515.89
16-Feb-98	2030	22.84	490.72	513.56
16-Feb-98	2040	22.76	488.49	511.25
16-Feb-98	2050	22.67	486.28	508.94
16-Feb-98	2100	22.58	484.07	506.65
16-Feb-98	2110	22.5	481.88	504.37
16-Feb-98	2120	22.41	479.7	502.11
16-Feb-98	2130	22.33	477.53	499.85
16-Feb-98	2140	22.24	475.37	497.61
16-Feb-98	2150	22.16	473.22	495.38
16-Feb-98	2200	22.08	471.08	493.16
16-Feb-98	2210	22	468.95	490.95
16-Feb-98	2220	21.92	466.84	488.76
16-Feb-98	2230	21.84	464.74	486.57
16-Feb-98	2240	21.76	462.64	484.4
16-Feb-98	2250	21.68	460.56	482.24
16-Feb-98	2300	21.6	458.49	480.09
16-Feb-98	2310	21.53	456.43	477.96
16-Feb-98	2320	21.45	454.38	475.83
16-Feb-98	2330	21.37	452.35	473.72
16-Feb-98	2340	21.3	450.32	471.62
16-Feb-98	2350	21.22	448.31	469.53
16-Feb-98	2400	21.15	446.31	467.46
17-Feb-98	10	21.08	444.31	465.39

17-Feb-98	20	21	442.33	463.34
17-Feb-98	30	20.93	440.36	461.3
17-Feb-98	40	20.86	438.4	459.27
17-Feb-98	50	20.79	436.46	457.25
17-Feb-98	100	20.72	434.52	455.24
17-Feb-98	110	20.65	432.59	453.24
17-Feb-98	120	20.58	430.68	451.26
17-Feb-98	130	20.52	428.77	449.29
17-Feb-98	140	20.45	426.88	447.33
17-Feb-98	150	20.38	425	445.38
17-Feb-98	200	20.31	423.15	443.47
17-Feb-98	210	20.25	421.51	441.76
17-Feb-98	220	20.18	419.87	440.05
17-Feb-98	230	20.12	418.23	438.35
17-Feb-98	240	20.06	416.61	436.66
17-Feb-98	250	19.99	414.98	434.97
17-Feb-98	300	19.93	413.36	433.29
17-Feb-98	310	19.87	411.75	431.62
17-Feb-98	320	19.8	410.14	429.95
17-Feb-98	330	19.74	408.54	428.29
17-Feb-98	340	19.68	406.95	426.63
17-Feb-98	350	19.62	405.36	424.98
17-Feb-98	400	19.56	403.77	423.33
17-Feb-98	410	19.5	402.19	421.7
17-Feb-98	420	19.45	400.62	420.07
17-Feb-98	430	19.39	399.05	418.44
17-Feb-98	440	19.33	397.49	416.82
17-Feb-98	450	19.27	395.94	415.21
17-Feb-98	500	19.22	394.39	413.61
17-Feb-98	510	19.16	392.85	412.01
17-Feb-98	520	19.11	391.32	410.42
17-Feb-98	530	19.05	389.79	408.84
17-Feb-98	540	19	388.27	407.26
17-Feb-98	550	18.94	386.75	405.69
17-Feb-98	600	18.89	385.24	404.13
17-Feb-98	610	18.83	383.74	402.57
17-Feb-98	620	18.78	382.24	401.02
17-Feb-98	630	18.73	380.75	399.48
17-Feb-98	640	18.68	379.27	397.95
17-Feb-98	650	18.63	377.79	396.42
17-Feb-98	700	18.58	376.32	394.9
17-Feb-98	710	18.53	374.86	393.39
17-Feb-98	720	18.48	373.4	391.88
17-Feb-98	730	18.43	371.95	390.38
17-Feb-98	740	18.38	370.51	388.89
17-Feb-98	750	18.33	369.07	387.4
17-Feb-98	800	18.28	367.64	385.93
17-Feb-98	810	18.23	366.22	384.45
17-Feb-98	820	18.19	364.8	382.99
17-Feb-98	830	18.14	363.4	381.53
17-Feb-98	840	18.09	361.99	380.08
17-Feb-98	850	18.05	360.6	378.64
17-Feb-98	900	18	359.21	377.21
17-Feb-98	910	17.96	357.82	375.78
17-Feb-98	920	17.91	356.45	374.36

17-Feb-98	930	17.87	355.08	372.95
17-Feb-98	940	17.82	353.72	371.54
17-Feb-98	950	17.78	352.36	370.14
17-Feb-98	1000	17.73	351.01	368.75
17-Feb-98	1010	17.69	349.67	367.36
17-Feb-98	1020	17.65	348.34	365.99
17-Feb-98	1030	17.61	347.01	364.62
17-Feb-98	1040	17.57	345.69	363.26
17-Feb-98	1050	17.52	344.38	361.9
17-Feb-98	1100	17.48	343.07	360.55
17-Feb-98	1110	17.44	341.77	359.21
17-Feb-98	1120	17.4	340.48	357.88
17-Feb-98	1130	17.36	339.19	356.55
17-Feb-98	1140	17.32	337.91	355.24
17-Feb-98	1150	17.28	336.64	353.92
17-Feb-98	1200	17.24	335.38	352.62
17-Feb-98	1210	17.21	334.12	351.32
17-Feb-98	1220	17.17	332.87	350.04
17-Feb-98	1230	17.13	331.63	348.75
17-Feb-98	1240	17.09	330.39	347.48
17-Feb-98	1250	17.05	329.16	346.21
17-Feb-98	1300	17.02	327.94	344.95
17-Feb-98	1310	16.98	326.72	343.7
17-Feb-98	1320	16.94	325.51	342.46
17-Feb-98	1330	16.91	324.31	341.22
17-Feb-98	1340	16.87	323.12	339.99
17-Feb-98	1350	16.84	321.93	338.77
17-Feb-98	1400	16.8	320.75	337.55
17-Feb-98	1410	16.77	319.57	336.34
17-Feb-98	1420	16.73	318.41	335.14
17-Feb-98	1430	16.7	317.25	333.95
17-Feb-98	1440	16.67	316.09	332.76
17-Feb-98	1450	16.63	314.95	331.58
17-Feb-98	1500	16.6	313.81	330.41
17-Feb-98	1510	16.57	312.68	329.24
17-Feb-98	1520	16.53	311.55	328.09
17-Feb-98	1530	16.5	310.43	326.94
17-Feb-98	1540	16.47	309.32	325.79
17-Feb-98	1550	16.44	308.22	324.66
17-Feb-98	1600	16.41	307.12	323.53
17-Feb-98	1610	16.37	306.03	322.41
17-Feb-98	1620	16.34	304.95	321.29
17-Feb-98	1630	16.31	303.87	320.18
17-Feb-98	1640	16.28	302.8	319.08
17-Feb-98	1650	16.25	301.74	317.99
17-Feb-98	1700	16.22	300.68	316.9
17-Feb-98	1710	16.19	299.63	315.82
17-Feb-98	1720	16.16	298.58	314.75
17-Feb-98	1730	16.13	297.55	313.68
17-Feb-98	1740	16.11	296.52	312.62
17-Feb-98	1750	16.08	295.49	311.57
17-Feb-98	1800	16.05	294.47	310.52
17-Feb-98	1810	16.02	293.46	309.48
17-Feb-98	1820	15.99	292.46	308.45
17-Feb-98	1830	15.97	291.46	307.42

17-Feb-98	1840	15.94	290.47	306.4
17-Feb-98	1850	15.91	289.48	305.39
17-Feb-98	1900	15.88	288.5	304.38
17-Feb-98	1910	15.86	287.53	303.38
17-Feb-98	1920	15.83	286.56	302.39
17-Feb-98	1930	15.81	285.6	301.4
17-Feb-98	1940	15.78	284.64	300.42
17-Feb-98	1950	15.75	283.69	299.45
17-Feb-98	2000	15.73	282.75	298.48
17-Feb-98	2010	15.7	281.81	297.52
17-Feb-98	2020	15.68	280.88	296.56
17-Feb-98	2030	15.65	279.96	295.61
17-Feb-98	2040	15.63	279.04	294.67
17-Feb-98	2050	15.6	278.12	293.73
17-Feb-98	2100	15.58	277.22	292.8
17-Feb-98	2110	15.56	276.32	291.87
17-Feb-98	2120	15.53	275.42	290.95
17-Feb-98	2130	15.51	274.6	290.11
17-Feb-98	2140	15.49	273.85	289.34
17-Feb-98	2150	15.46	273.1	288.57
17-Feb-98	2200	15.44	272.36	287.8
17-Feb-98	2210	15.42	271.62	287.04
17-Feb-98	2220	15.39	270.88	286.27
17-Feb-98	2230	15.37	270.14	285.52
17-Feb-98	2240	15.35	269.41	284.76
17-Feb-98	2250	15.33	268.68	284.01
17-Feb-98	2300	15.31	267.95	283.26
17-Feb-98	2310	15.29	267.22	282.51
17-Feb-98	2320	15.26	266.5	281.77
17-Feb-98	2330	15.24	265.78	281.02
17-Feb-98	2340	15.22	265.06	280.29
17-Feb-98	2350	15.2	264.35	279.55
17-Feb-98	2400	15.18	263.64	278.82
18-Feb-98	10	15.16	262.93	278.09
18-Feb-98	20	15.14	262.22	277.36
18-Feb-98	30	15.12	261.52	276.64
18-Feb-98	40	15.1	260.82	275.92
18-Feb-98	50	15.08	260.12	275.2
18-Feb-98	100	15.06	259.42	274.49
18-Feb-98	110	15.04	258.73	273.77
18-Feb-98	120	15.02	258.04	273.07
18-Feb-98	130	15	257.36	272.36
18-Feb-98	140	14.98	256.67	271.66
18-Feb-98	150	14.97	255.99	270.96
18-Feb-98	200	14.95	255.32	270.26
18-Feb-98	210	14.93	254.64	269.57
18-Feb-98	220	14.91	253.97	268.88
18-Feb-98	230	14.89	253.3	268.2
18-Feb-98	240	14.88	252.64	267.51
18-Feb-98	250	14.86	251.97	266.83
18-Feb-98	300	14.84	251.32	266.16
18-Feb-98	310	14.82	250.66	265.48
18-Feb-98	320	14.81	250.01	264.81
18-Feb-98	330	14.79	249.36	264.14
18-Feb-98	340	14.77	248.71	263.48

18-Feb-98	350	14.75	248.06	262.82
18-Feb-98	400	14.74	247.42	262.16
18-Feb-98	410	14.72	246.79	261.51
18-Feb-98	420	14.71	246.15	260.86
18-Feb-98	430	14.69	245.52	260.21
18-Feb-98	440	14.67	244.89	259.56
18-Feb-98	450	14.66	244.26	258.92
18-Feb-98	500	14.64	243.64	258.28
18-Feb-98	510	14.63	243.02	257.65
18-Feb-98	520	14.61	242.4	257.01
18-Feb-98	530	14.59	241.79	256.39
18-Feb-98	540	14.58	241.18	255.76
18-Feb-98	550	14.56	240.57	255.14
18-Feb-98	600	14.55	239.97	254.52
18-Feb-98	610	14.53	239.37	253.9
18-Feb-98	620	14.52	238.77	253.29
18-Feb-98	630	14.51	238.17	252.68
18-Feb-98	640	14.49	237.58	252.07
18-Feb-98	650	14.48	236.99	251.47
18-Feb-98	700	14.46	236.41	250.87
18-Feb-98	710	14.45	235.82	250.27
18-Feb-98	720	14.43	235.24	249.68
18-Feb-98	730	14.42	234.67	249.09
18-Feb-98	740	14.41	234.09	248.5
18-Feb-98	750	14.39	233.52	247.92
18-Feb-98	800	14.38	232.96	247.34
18-Feb-98	810	14.37	232.39	246.76
18-Feb-98	820	14.35	231.83	246.18
18-Feb-98	830	14.34	231.27	245.61
18-Feb-98	840	14.33	230.71	245.04
18-Feb-98	850	14.31	230.16	244.48
18-Feb-98	900	14.3	229.61	243.91
18-Feb-98	910	14.29	229.07	243.35
18-Feb-98	920	14.28	228.52	242.8
18-Feb-98	930	14.26	227.98	242.25
18-Feb-98	940	14.25	227.44	241.7
18-Feb-98	950	14.24	226.91	241.15
18-Feb-98	1000	14.23	226.38	240.6
18-Feb-98	1010	14.22	225.85	240.06
18-Feb-98	1020	14.2	225.32	239.53
18-Feb-98	1030	14.19	224.8	238.99
18-Feb-98	1040	14.18	224.28	238.46
18-Feb-98	1050	14.17	223.76	237.93
18-Feb-98	1100	14.16	223.25	237.4
18-Feb-98	1110	14.15	222.74	236.88
18-Feb-98	1120	14.13	222.23	236.36
18-Feb-98	1130	14.12	221.72	235.85
18-Feb-98	1140	14.11	221.22	235.33
18-Feb-98	1150	14.1	220.72	234.82
18-Feb-98	1200	14.09	220.22	234.31
18-Feb-98	1210	14.08	219.73	233.81
18-Feb-98	1220	14.07	219.24	233.31
18-Feb-98	1230	14.06	218.75	232.81
18-Feb-98	1240	14.05	218.26	232.31
18-Feb-98	1250	14.04	217.78	231.82

18-Feb-98	1300	14.03	217.3	231.33
18-Feb-98	1310	14.02	216.82	230.84
18-Feb-98	1320	14.01	216.35	230.36
18-Feb-98	1330	14	215.88	229.87
18-Feb-98	1340	13.99	215.41	229.39
18-Feb-98	1350	13.98	214.94	228.92
18-Feb-98	1400	13.97	214.48	228.45
18-Feb-98	1410	13.96	214.02	227.97
18-Feb-98	1420	13.95	213.56	227.51
18-Feb-98	1430	13.94	213.1	227.04
18-Feb-98	1440	13.93	212.65	226.58
18-Feb-98	1450	13.92	212.2	226.12
18-Feb-98	1500	13.91	211.75	225.66
18-Feb-98	1510	13.9	211.31	225.21
18-Feb-98	1520	13.89	210.87	224.76
18-Feb-98	1530	13.88	210.43	224.31
18-Feb-98	1540	13.87	209.99	223.87
18-Feb-98	1550	13.87	209.56	223.42
18-Feb-98	1600	13.86	209.13	222.98
18-Feb-98	1610	13.85	208.7	222.54
18-Feb-98	1620	13.84	208.27	222.11
18-Feb-98	1630	13.83	207.85	221.68
18-Feb-98	1640	13.82	207.43	221.25
18-Feb-98	1650	13.81	207.01	220.82
18-Feb-98	1700	13.81	206.59	220.4
18-Feb-98	1710	13.8	206.18	219.98
18-Feb-98	1720	13.79	205.77	219.56
18-Feb-98	1730	13.78	205.36	219.14
18-Feb-98	1740	13.77	204.95	218.73
18-Feb-98	1750	13.77	204.55	218.31
18-Feb-98	1800	13.76	204.15	217.9
18-Feb-98	1810	13.75	203.75	217.5
18-Feb-98	1820	13.74	203.35	217.09
18-Feb-98	1830	13.73	202.96	216.69
18-Feb-98	1840	13.73	202.57	216.29
18-Feb-98	1850	13.72	202.18	215.9
18-Feb-98	1900	13.71	201.79	215.5
18-Feb-98	1910	13.7	201.41	215.11
18-Feb-98	1920	13.7	201.03	214.72
18-Feb-98	1930	13.69	200.65	214.34
18-Feb-98	1940	13.68	200.27	213.95
18-Feb-98	1950	13.67	199.9	213.57
18-Feb-98	2000	13.67	199.52	213.19
18-Feb-98	2010	13.66	199.15	212.81
18-Feb-98	2020	13.65	198.79	212.44
18-Feb-98	2030	13.65	198.42	212.07
18-Feb-98	2040	13.64	198.06	211.7
18-Feb-98	2050	13.63	197.7	211.33
18-Feb-98	2100	13.63	197.34	210.97
18-Feb-98	2110	13.62	196.98	210.6
18-Feb-98	2120	13.61	196.63	210.24
18-Feb-98	2130	13.61	196.28	209.88
18-Feb-98	2140	13.6	195.93	209.53
18-Feb-98	2150	13.59	195.58	209.17
18-Feb-98	2200	13.59	195.23	208.82

18-Feb-98	2210	13.58	194.89	208.47
18-Feb-98	2220	13.57	194.55	208.13
18-Feb-98	2230	13.57	194.21	207.78
18-Feb-98	2240	13.56	193.88	207.44
18-Feb-98	2250	13.56	193.54	207.1
18-Feb-98	2300	13.55	193.21	206.76
18-Feb-98	2310	13.54	192.88	206.42
18-Feb-98	2320	13.54	192.55	206.09
18-Feb-98	2330	13.53	192.22	205.76
18-Feb-98	2340	13.53	191.9	205.43
18-Feb-98	2350	13.52	191.58	205.1
18-Feb-98	2400	13.51	191.26	204.77
19-Feb-98	10	13.51	190.94	204.45
19-Feb-98	20	13.5	190.63	204.13
19-Feb-98	30	13.5	190.31	203.81
19-Feb-98	40	13.49	190	203.49
19-Feb-98	50	13.49	189.69	203.18
19-Feb-98	100	13.48	189.38	202.86
19-Feb-98	110	13.48	189.08	202.55
19-Feb-98	120	13.47	188.77	202.24
19-Feb-98	130	13.47	188.47	201.94
19-Feb-98	140	13.46	188.17	201.63
19-Feb-98	150	13.45	187.87	201.33
19-Feb-98	200	13.45	187.58	201.03
19-Feb-98	210	13.44	187.28	200.72
19-Feb-98	220	13.43	186.99	200.42
19-Feb-98	230	13.42	186.7	200.13
19-Feb-98	240	13.42	186.41	199.83
19-Feb-98	250	13.41	186.13	199.53
19-Feb-98	300	13.4	185.84	199.24
19-Feb-98	310	13.39	185.56	198.95
19-Feb-98	320	13.38	185.28	198.66
19-Feb-98	330	13.37	185	198.37
19-Feb-98	340	13.36	184.72	198.08
19-Feb-98	350	13.35	184.45	197.8
19-Feb-98	400	13.34	184.17	197.52
19-Feb-98	410	13.34	183.9	197.24
19-Feb-98	420	13.33	183.63	196.96
19-Feb-98	430	13.32	183.36	196.68
19-Feb-98	440	13.31	183.1	196.4
19-Feb-98	450	13.3	182.83	196.13
19-Feb-98	500	13.29	182.57	195.86
19-Feb-98	510	13.28	182.31	195.59
19-Feb-98	520	13.27	182.05	195.32
19-Feb-98	530	13.26	181.79	195.05
19-Feb-98	540	13.25	181.53	194.79
19-Feb-98	550	13.25	181.28	194.52
19-Feb-98	600	13.24	181.02	194.26
19-Feb-98	610	13.23	180.77	194
19-Feb-98	620	13.22	180.52	193.74
19-Feb-98	630	13.21	180.27	193.48
19-Feb-98	640	13.2	180.02	193.22
19-Feb-98	650	13.19	179.78	192.97
19-Feb-98	700	13.18	179.53	192.71
19-Feb-98	710	13.17	179.29	192.46

19-Feb-98	720	13.16	179.05	192.21
19-Feb-98	730	13.15	178.81	191.96
19-Feb-98	740	13.15	178.57	191.71
19-Feb-98	750	13.14	178.33	191.47
19-Feb-98	800	13.13	178.1	191.22
19-Feb-98	810	13.12	177.86	190.98
19-Feb-98	820	13.11	177.63	190.74
19-Feb-98	830	13.1	177.4	190.5
19-Feb-98	840	13.09	177.17	190.26
19-Feb-98	850	13.09	176.94	190.02
19-Feb-98	900	13.08	176.71	189.79
19-Feb-98	910	13.07	176.49	189.55
19-Feb-98	920	13.06	176.26	189.32
19-Feb-98	930	13.05	176.04	189.09
19-Feb-98	940	13.04	175.82	188.86
19-Feb-98	950	13.04	175.6	188.63
19-Feb-98	1000	13.03	175.38	188.41
19-Feb-98	1010	13.02	175.16	188.18
19-Feb-98	1020	13.01	174.94	187.96
19-Feb-98	1030	13.01	174.73	187.74
19-Feb-98	1040	13	174.52	187.51
19-Feb-98	1050	12.99	174.3	187.3
19-Feb-98	1100	12.98	174.09	187.08
19-Feb-98	1110	12.98	173.88	186.86
19-Feb-98	1120	12.97	173.68	186.65
19-Feb-98	1130	12.96	173.47	186.43
19-Feb-98	1140	12.96	173.26	186.22
19-Feb-98	1150	12.95	173.06	186.01
19-Feb-98	1200	12.94	172.86	185.8
19-Feb-98	1210	12.94	172.66	185.59
19-Feb-98	1220	12.93	172.46	185.39
19-Feb-98	1230	12.92	172.26	185.18
19-Feb-98	1240	12.92	172.06	184.98
19-Feb-98	1250	12.91	171.86	184.77
19-Feb-98	1300	12.91	171.67	184.57
19-Feb-98	1310	12.9	171.47	184.37
19-Feb-98	1320	12.9	171.28	184.17
19-Feb-98	1330	12.89	171.09	183.98
19-Feb-98	1340	12.88	170.9	183.78
19-Feb-98	1350	12.88	170.71	183.59
19-Feb-98	1400	12.87	170.52	183.4
19-Feb-98	1410	12.87	170.33	183.2
19-Feb-98	1420	12.87	170.15	183.02
19-Feb-98	1430	12.87	169.96	182.83
19-Feb-98	1440	12.87	169.78	182.65
19-Feb-98	1450	12.87	169.6	182.47
19-Feb-98	1500	12.87	169.42	182.29
19-Feb-98	1510	12.87	169.24	182.11
19-Feb-98	1520	12.87	169.06	181.93
19-Feb-98	1530	12.87	168.88	181.75
19-Feb-98	1540	12.87	168.71	181.58
19-Feb-98	1550	12.87	168.53	181.4
19-Feb-98	1600	12.87	168.36	181.23
19-Feb-98	1610	12.87	168.18	181.05
19-Feb-98	1620	12.87	168.01	180.88

19-Feb-98	1630	12.87	167.84	180.71
19-Feb-98	1640	12.87	167.67	180.54
19-Feb-98	1650	12.87	167.51	180.38
19-Feb-98	1700	12.87	167.34	180.21
19-Feb-98	1710	12.87	167.17	180.04
19-Feb-98	1720	12.87	167.01	179.88
19-Feb-98	1730	12.87	166.84	179.71
19-Feb-98	1740	12.87	166.68	179.55
19-Feb-98	1750	12.87	166.52	179.39
19-Feb-98	1800	12.87	166.36	179.23
19-Feb-98	1810	12.87	166.2	179.07
19-Feb-98	1820	12.87	166.04	178.91
19-Feb-98	1830	12.87	165.89	178.76
19-Feb-98	1840	12.87	165.73	178.6
19-Feb-98	1850	12.87	165.57	178.44
19-Feb-98	1900	12.87	165.42	178.29
19-Feb-98	1910	12.87	165.27	178.14
19-Feb-98	1920	12.87	165.12	177.99
19-Feb-98	1930	12.87	164.97	177.84
19-Feb-98	1940	12.87	164.82	177.69
19-Feb-98	1950	12.87	164.67	177.54
19-Feb-98	2000	12.87	164.52	177.39
19-Feb-98	2010	12.87	164.38	177.25
19-Feb-98	2020	12.87	164.23	177.1
19-Feb-98	2030	12.87	164.09	176.96
19-Feb-98	2040	12.87	163.95	176.82
19-Feb-98	2050	12.87	163.81	176.68
19-Feb-98	2100	12.87	163.67	176.54
19-Feb-98	2110	12.87	163.53	176.4
19-Feb-98	2120	12.87	163.39	176.26
19-Feb-98	2130	12.87	163.25	176.12
19-Feb-98	2140	12.87	163.11	175.98
19-Feb-98	2150	12.87	162.98	175.85
19-Feb-98	2200	12.87	162.84	175.71
19-Feb-98	2210	12.87	162.71	175.58
19-Feb-98	2220	12.87	162.58	175.45
19-Feb-98	2230	12.87	162.45	175.32
19-Feb-98	2240	12.87	162.32	175.19
19-Feb-98	2250	12.87	162.19	175.06
19-Feb-98	2300	12.87	162.06	174.93
19-Feb-98	2310	12.87	161.93	174.8
19-Feb-98	2320	12.87	161.8	174.67
19-Feb-98	2330	12.87	161.68	174.55
19-Feb-98	2340	12.87	161.55	174.42
19-Feb-98	2350	12.87	161.43	174.3
19-Feb-98	2400	12.87	161.31	174.18