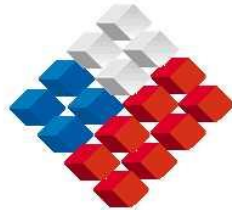


**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS**



**CONSULTORIA PM-09  
PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE  
DE AGUAS LLUVIAS DE TALCA, VII REGIÓN**

**RESUMEN EJECUTIVO**

OCTUBRE - 2002

AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS LTDA.  
INGENIEROS CONSULTORES

## **1. INTRODUCCION**

La Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), en el marco que le confiere la Ley N° 19.525 de noviembre de 1997, ha dado inicio a la elaboración de los Planes Maestros de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias para distintas ciudades del país. En esta ley se establece que el MOP desarrollará los planes maestros que definirán las redes primarias de evacuación y drenaje de aguas lluvias, para lo cual encarga a la DOH la planificación, estudio, proyección, construcción, operación, reparación, conservación y mejoramiento de las obras de la red primaria hasta su evacuación en cauces naturales. Dentro del contexto de la ley señalada, esta repartición ha identificado como una necesidad prioritaria el desarrollo del presente estudio denominado “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Talca, VII Región”.

A través del estudio se realizó una revisión completa de los antecedentes disponibles acerca de los problemas y soluciones ya establecidas o planteadas en el tema del drenaje y evacuación de las aguas lluvias de la ciudad de Talca y la localidad de Maule, y al mismo tiempo dichos antecedentes fueron complementados con otros adicionales generados como parte de esta consultoría.

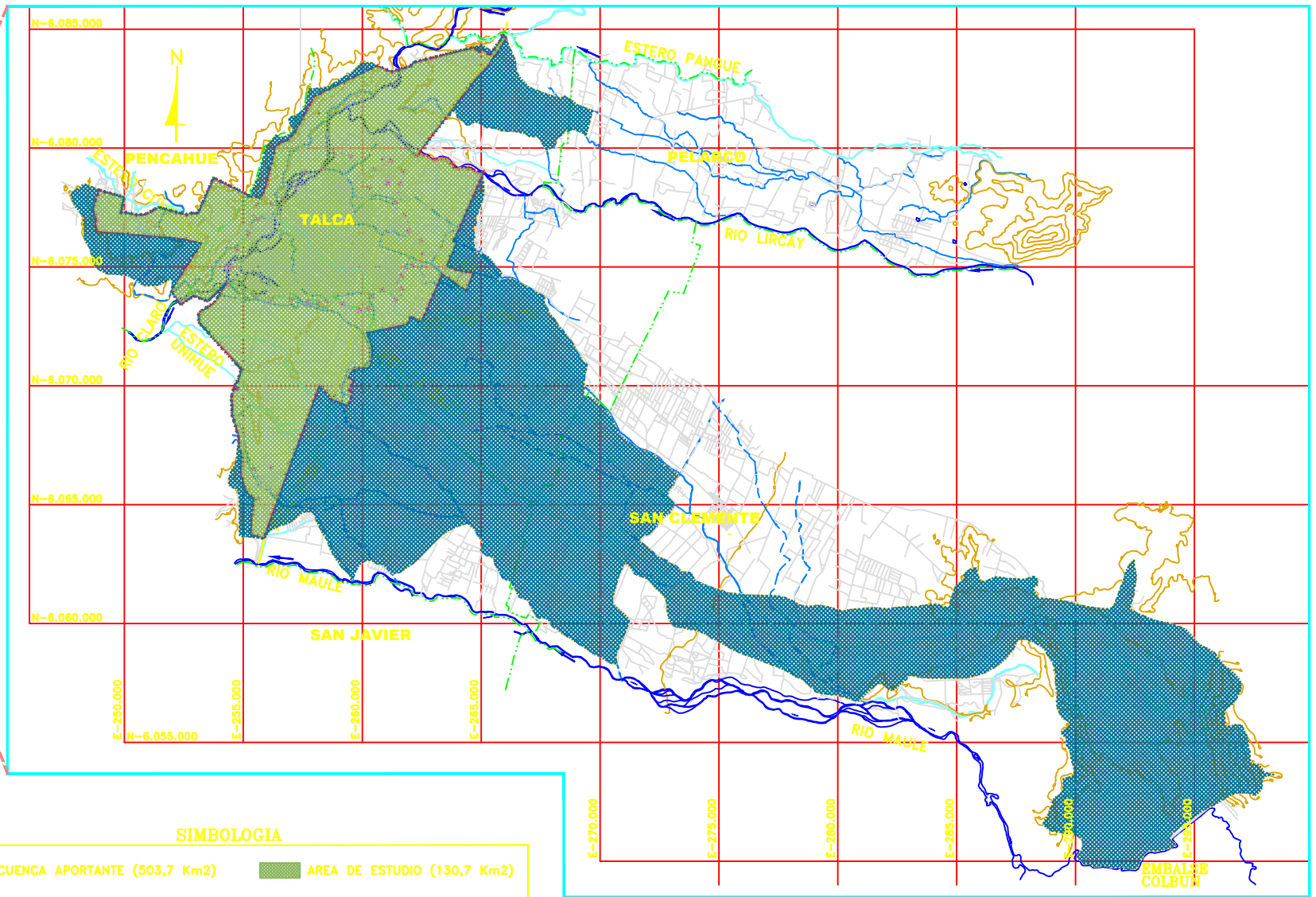
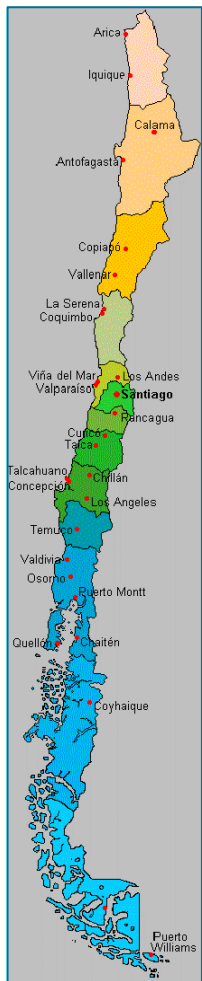
A partir de lo anterior se desarrolló un análisis técnico económico de las alternativas de solución factibles, todo lo cual conduce finalmente a la formulación de un Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias para la ciudad de Talca y localidad de Maule. Dicho plan constituye un instrumento de planificación que permite identificar y priorizar inversiones en redes de aguas lluvias, especificando las obras de mejoramiento, que den solución integral a los problemas de inundaciones que afectan a las ciudades.

En la Fig. 1 se muestra el área de estudio, la cual incluye la ciudad de Talca y la localidad de Maule, y las áreas aportantes que drenan a través de 7 cauces naturales y artificiales que atraviesan dicha área de estudio, y que de norte a sur corresponden a los siguientes: río Claro, río Lircay, canal Baeza, estero Piduco, estero Cajón, estero Calicanto y estero Unihue. Además de los cauces anteriores, también reciben aportes del área de estudio el río Maule y el estero Cunculén, los cuales no atraviesan dicha área.






## **2. ANTECEDENTES Y ESTUDIOS BASICOS**

### **a) Antecedentes Básicos**

Se efectuó una descripción del área de estudio y una síntesis de los principales antecedentes disponibles considerando información proveniente de estudios anteriores, de proyectos o anteproyectos existentes en la zona y aquella generada como parte de este mismo estudio. La recopilación de información incluyó antecedentes correspondientes a la ubicación geográfica del área de estudio y su cuenca aportante, clima, aspectos geomorfológicos, características urbanas, aspectos demográficos, características socio-económicas, salud, educación e infraestructura básica.



**SIMBOLOGIA**

	CUENCA APORTANTE (503,7 Km <sup>2</sup> )		AREA DE ESTUDIO (130,7 Km <sup>2</sup> )
	LIMITE URBANO ACTUAL (1999)		LIMITE AREA DE ESTUDIO
	LIMITE COMUNAL		

<b>AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.</b>		PROYECTO:	
PLANO:		PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE TALCA, VII REGION	
AREA DE ESTUDIO Y CUENCA APORTANTE		FECHA:	ESCALA:
		AGOSTO-2000	S/E
		FIG:	1

Además se realizó una completa recopilación de los antecedentes históricos relativos a las redes de drenaje del área de estudio como también una recopilación de los antecedentes legales e institucionales ligados a la problemática del drenaje de las aguas lluvias.

Asimismo, con el propósito de obtener información actualizada, se sostuvieron reuniones con autoridades y representantes de diversos organismos regionales y nacionales, tales como: Dirección Regional de Obras Hidráulicas, de Aguas, de Vialidad del MOP, las Direcciones de Obras Municipales y de Aseo y Ornato de las Municipalidades de Talca y Maule; la Comisión Nacional de Riego; el SERVIU y el MINVU; SECTRA; SAF, CIREN, IGM; ESSAM S.A.; MIDEPLAN; SISS; SERNAGEOMIN y las Asociaciones de Canalistas de la zona. Con el mismo propósito se recabó información de prensa relativa a eventos de inundaciones en la ciudad; se hicieron encuestas a los presidentes de las distintas Juntas de Vecinos que componen el área de estudio, acerca de los problemas que se generan en cada sector debido a la ocurrencia de precipitaciones; y se efectuó un completo catastro de las zonas críticas de la ciudad de Talca y la localidad de Maule, identificando tanto los puntos de desbordes de cauces naturales, de canales y de colectores, como las zonas de acumulación de aguas lluvias y las vías preferenciales de escurrimiento. A modo de ejemplo, en la Fig. 2 se presentan los puntos críticos identificados para la ciudad de Talca.

## **b) Estudios Básicos**

El objetivo de los estudios básicos fue definir todos aquellos parámetros representativos del área de estudio y su cuenca aportante, que permitieron en las fases posteriores del estudio generar la escurrimiento de aguas lluvias para distintas magnitudes de eventos hidrológicos. Los estudios básicos realizados incluyeron los de hidrología; caracterización geomorfológica del área de estudio y su cuenca aportante; uso actual y futuro del suelo en el área de estudio; y determinación de coeficientes de escurrimiento y curvas número.

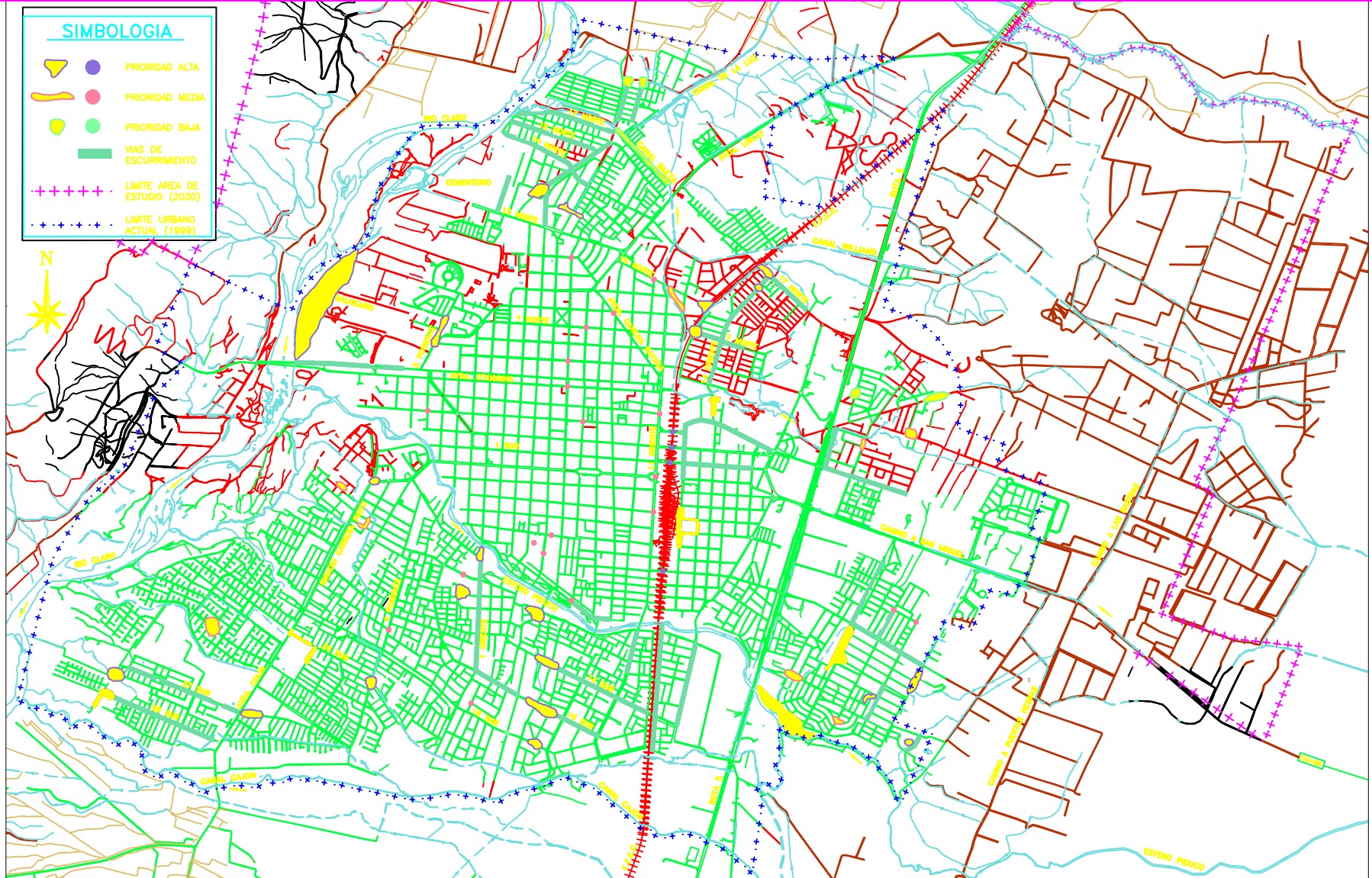
### **b.1) Hidrología**

El estudio hidrológico consistió en la determinación de las lluvias de diseño mediante la recopilación y análisis de las estadísticas de precipitaciones en todas las estaciones pluviométricas cercanas del área de estudio, el análisis de frecuencia para precipitaciones máximas diarias, la determinación de curvas isoyetas tanto en el área de estudio como en la cuenca aportante (Fig. 3), la recurrencia anual de lluvias y finalmente la definición de las tormentas de diseño. Como conclusión de estos estudios se propuso como lluvia de diseño para el área de estudio, una precipitación máxima diaria base para un período de retorno de 10 años de 87,5 mm mediante la cual fue posible determinar las curvas IDF características para el área de estudio que se muestran en la Fig. 4.

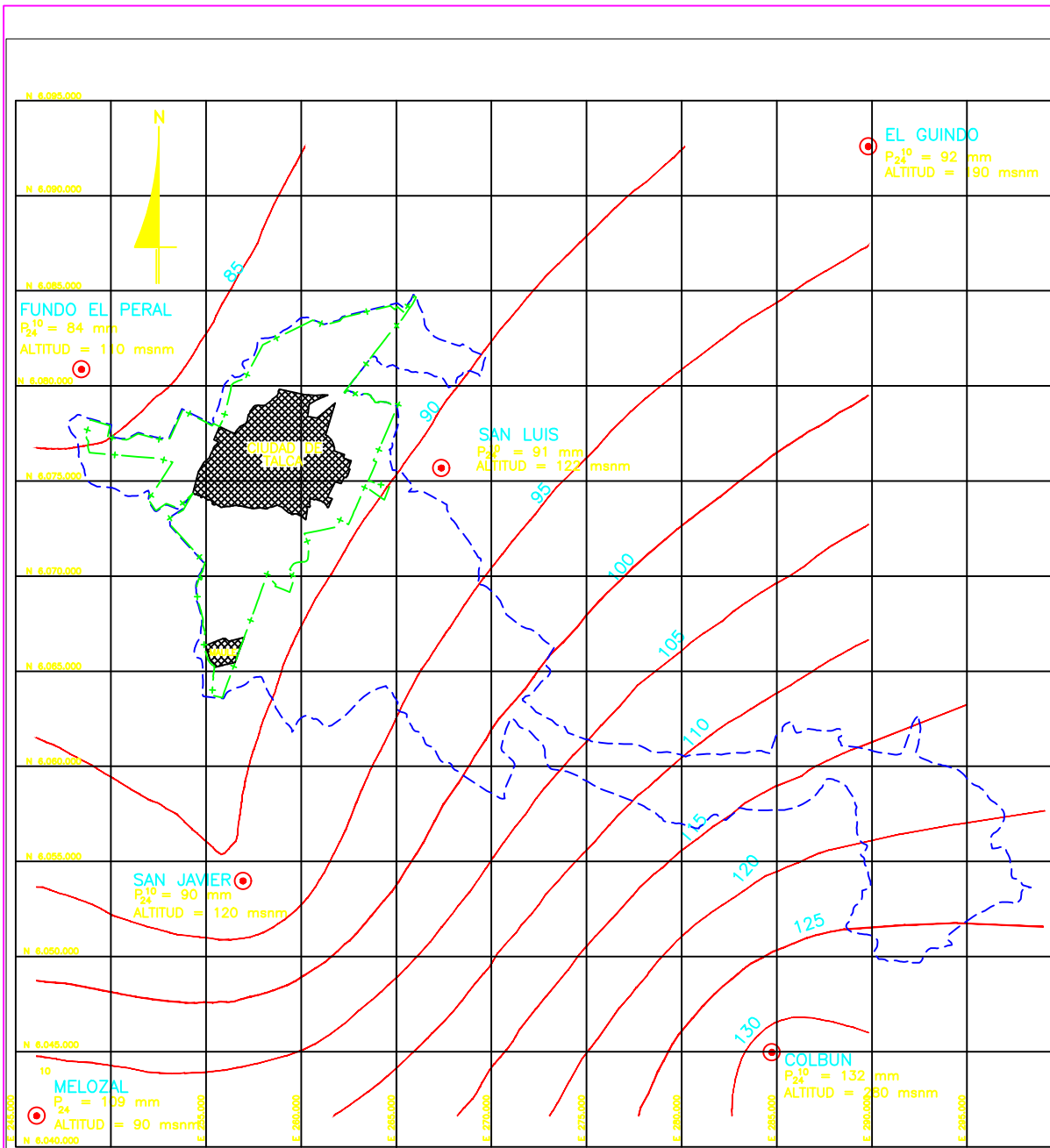
Además como parte de los estudios hidrológicos se estimaron las magnitudes de crecidas para distintos períodos de retorno, en los ríos Claro y Lircay en sus puntos de ingreso al área de estudio ubicados en el extremo norte y nor-oriental de ella respectivamente.

**SIMBOLOGIA**

-   PRIORIDAD ALTA
-   PRIORIDAD MEDIA
-   PRIORIDAD BAJA
-  VIAS DE ESCURRIMIENTO
-  LIMITE AREA DE ESTUDIO (2030)
-  LIMITE URBANO ACTUAL (1999)



<b>AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.</b>		PROYECTO:	
PLANO:		PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIA DE TALCA, VII REGION	
PUNTOS DE INUNDACION Y VIAS PREFERENCIALES DE ESCURRIMIENTO CIUDAD DE TALCA		FECHA:	AGOSTO-2000
		ESCALA:	S/E
		FIG:	2



SIMBOLOGIA	
	LIMITE AREA DE ESTUDIO
	LIMITE CUENCA APORTANTE
	ESTACION PLUVIOMETRICA
	CURVA ISOYETA DE Pp MAX. DIARIA

**AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.**

PLANO:  
**CURVAS ISOYETAS  
 PRECIPITACION MAXIMA DIARIA  
 T = 10 AÑOS**

PROYECTO:  
**PLAN MAESTRO DE EVACUACION  
 Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS  
 DE TALCA, VII REGION**

FECHA:  
**AGOSTO-2000**

ESCALA:  
**S/E**

FIG:  
**3**

Fig.4

Para el estudio de crecidas se revisaron los antecedentes disponibles en estudios anteriores, se realizaron los análisis de frecuencia de los caudales máximos registrados en las estaciones fluviométricas río Claro en Talca y río Lircay en Puente Las Rastras y se estimaron dichos caudales en los puntos de interés. Esto último se realizó mediante una transposición de caudales desde la estación río Claro en Talca. Los valores de los caudales máximos instantáneos, calculados para distintos períodos de retorno, se consignan en la Tabla 1.

**Tabla 1 Caudales de Crecidas Ríos Claro y Lircay en el Límite del Area de Estudio**

Período de Retorno (años)	Caudales Máximos Instantáneos (m <sup>3</sup> /s)	
	Río Claro	Río Lircay
2	681	432
5	1.138	722
10	1.439	914
25	1.819	1.154
50	2.101	1.334
100	2.382	1.512

### **b.2) Caracterización Geomorfológica del Area de Estudio y su Cuenca Aportante**

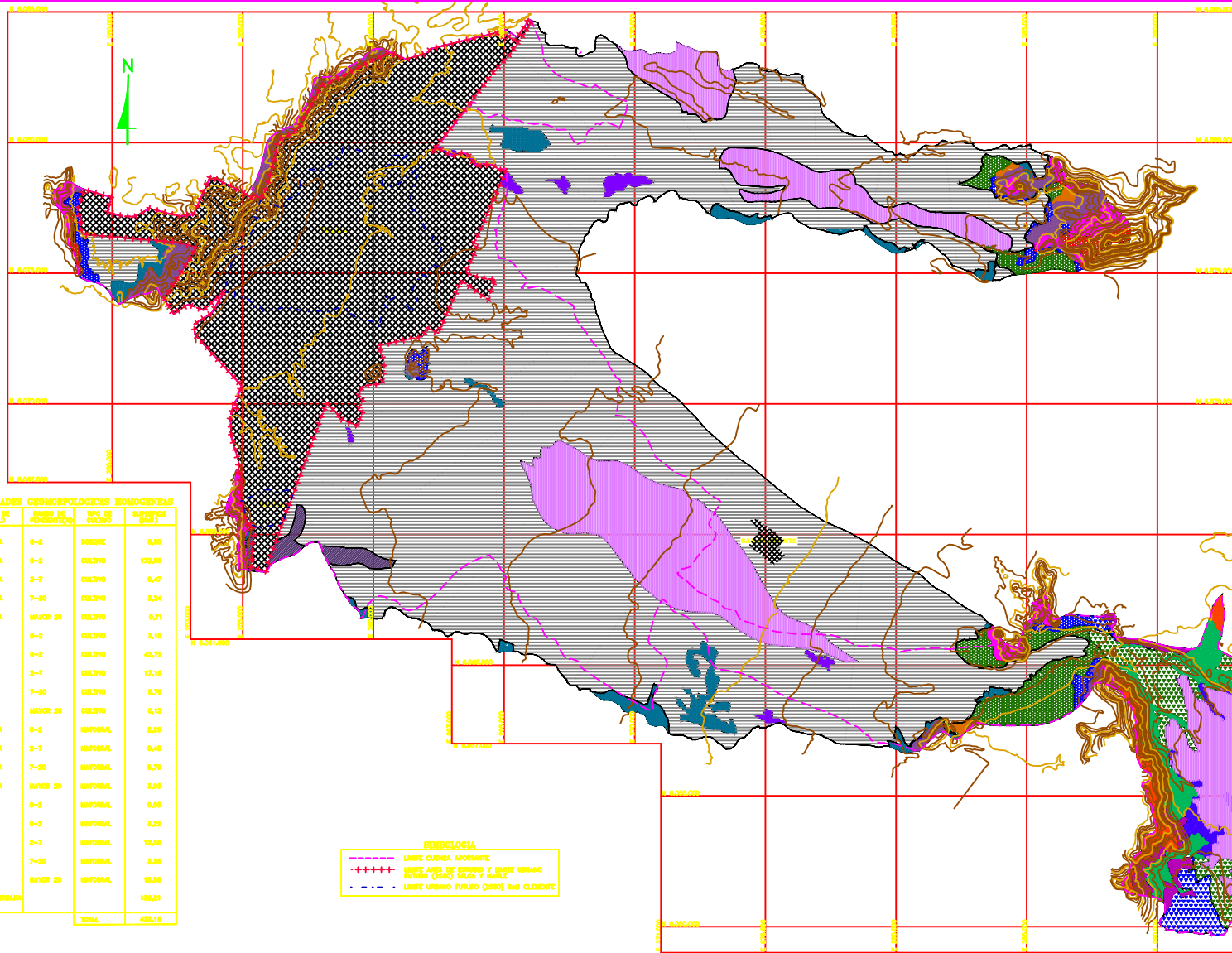
Se realizaron los análisis para efectuar caracterización geomorfológica de los suelos de la cuenca aportante a las áreas urbanas definidas para la situación actual (año 1999) y para la situación futura (año 2030).

La caracterización se centró en el análisis de tres variables que tienen incidencia directa en el comportamiento hidrológico actual y futuro del área de estudio y de la cuenca aportante, a saber: tipos de suelos (arenas, limos, arcillas y otros), rangos de pendiente del terreno (0-2 %, 2-7 %, 7-20% y mayor a 20 %) y tipo de cubierta vegetal (cultivos, matorrales y bosques). Teniendo como base estas clasificaciones, se definieron unidades geomorfológicas homogéneas, a partir de la integración de estos tres factores, mediante el uso del Sistema de Información Geográfica ARC-VIEW V. 3.1. Cada una de estas unidades homogéneas corresponden a zonas que presentan características similares de las tres variables analizadas. Para la situación futura de expansión de la ciudad (año 2030) se identificaron 19 unidades homogéneas, más el área urbana, las cuales se muestran en la Fig. 5, en donde además se detallan para cada una de dichas unidades las superficies que poseen.

### **b.3) Uso Actual y Futuro del Suelo en el Area de Estudio**

La determinación del uso actual y futuro del suelo en el área de estudio, se realizó a partir de una clasificación de este territorio en nueve zonas homogéneas según tipologías de uso del suelo, entendidas éstas como zonas que presentan o que presentarán a futuro características similares en cuanto a la actividad que acogen y al grado de ocupación del territorio. Estas zonas, para el caso de la situación futura, se muestran en la Fig. 6.





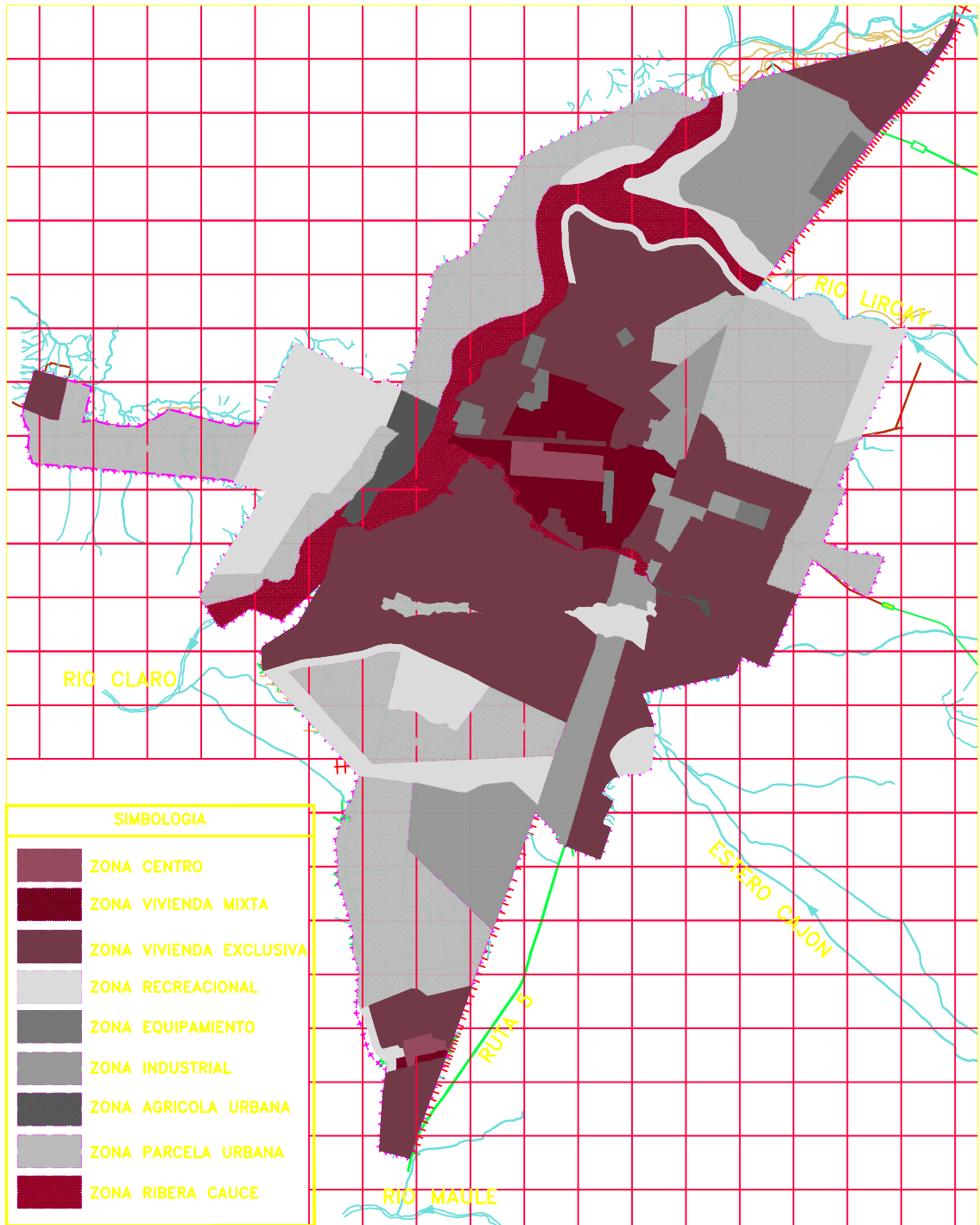
CUADRO DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS HOMOGENAS				
SIMBOLOGIA	TIPO DE SUELO	RANGO DE PENDIENTES (%)	TIPO DE CULTIVO	Superficie (ha)
[Purple box]	ARCILLA	0-2	BOSQUE	6,80
[White box]	ARCILLA	0-2	CULTIVO	172,88
[Green box]	ARCILLA	2-7	CULTIVO	9,47
[Blue box]	ARCILLA	7-30	CULTIVO	5,34
[Red box]	ARCILLA	MAYOR 30	CULTIVO	0,71
[Grey box]	ARENA	0-2	CULTIVO	5,10
[White box]	LIMO	0-2	CULTIVO	42,72
[Black box]	LIMO	2-7	CULTIVO	17,16
[Blue box]	LIMO	7-30	CULTIVO	5,79
[Red box]	LIMO	MAYOR 30	CULTIVO	0,12
[Green box]	ARCILLA	0-2	MATORRAL	2,39
[Brown box]	ARCILLA	2-7	MATORRAL	0,48
[Purple box]	ARCILLA	7-30	MATORRAL	0,70
[White box]	ARCILLA	MAYOR 30	MATORRAL	2,03
[White box]	ARENA	0-2	MATORRAL	0,05
[White box]	LIMO	0-2	MATORRAL	5,32
[White box]	LIMO	2-7	MATORRAL	12,89
[White box]	LIMO	7-30	MATORRAL	5,39
[White box]	LIMO	MAYOR 30	MATORRAL	15,58
[Black box]	AREA URBANA			190,21
		TOTAL		482,16

SIMBOLOGIA	
[Dashed line]	LIMITE CUENCA APORTANTE
[Red dashed line]	LIMITE AREA DE BOSQUE Y LIMITE URBANO (SIN AREA DE BOSQUE Y LIMITE)
[Dotted line]	LIMITE URBANO FUTURO (2020) SIN CLIENTE

FUENTE : RESTITUCION AEROFOTOGRAMETRICA, VUELO GEOTEC,  
 ESCALA 1:70:000, AÑO 1997  
 SERVAPRO-AC INGENIEROS CONSULTORES

<b>AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.</b> PLANO: CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA DE LA CUENCA APORTANTE SITUACION FUTURA	PROYECTO: PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE TALCA, VII REGION	
	FECHA: AGOSTO 2000	ESCALA: 1:150.000

ARCH: FIG-6.DWG



**AC INGENIEROS  
CONSULTORES LTDA.**

PLANO:  
**USO FUTURO DEL SUELO  
EN EL AREA DE ESTUDIO**

PROYECTO:  
**PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE  
DE AGUAS LLUVIAS DE TALCA, VII REGION**

FECHA:  
AGOSTO-2000

ESCALA:  
S/E

FIG:  
6

Para la situación actual y teniendo como base las nueve tipologías de usos de suelo definidas, se procedió a catastrar la ocupación del suelo en cuanto al tipo de cubierta para cada una de estas tipologías, identificándose a las siguientes categorías: edificada, pavimentada, vegetación y suelo descubierto. Los porcentajes de cobertura según tipo de cubierta, fueron asignados como valores representativos en cada una de las nueve tipologías de usos de suelo definidas anteriormente.

Para la situación futura, la caracterización del suelo en el área de expansión urbana se realizó a partir de la zonificación definida del Plan Regulador Intercomunal con los mismos porcentajes de cobertura de suelos definidos en la situación actual para las mismas nueve tipologías de uso de suelo.

#### **b.4) Determinación de Coeficientes de Escorrentía y Curvas Número**

Para cada una de las áreas homogéneas definidas en la cuenca aportante y para cada una de las tipologías de suelos definidas para el área de estudio, se asignaron rangos de valores del coeficiente de escorrentía y de la curva número. Para la asignación de estos rangos se tomaron en consideración los valores entregados en la literatura especializada para distintas características geomorfológicas y de usos de suelo.

### **3. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE**

Se identificó la infraestructura existente relacionada con la evacuación y drenaje de las aguas lluvias mediante los catastros y la determinación de la capacidad hidráulica de las redes de colectores (separadas y unitarias), de los cauces artificiales o naturales, entubados o canalizados, de los canales de riego, vías preferenciales de escurrimiento u otras infraestructuras que sirven como vía de evacuación de aguas lluvias en su paso por la zona urbana.

El catastro proporcionó, antecedentes con respecto a las características físicas (geometría, materiales, conectividad hidráulica, lugares de descarga) y operacionales (estado de conservación y mantención) a través de fichas individuales por cada elemento catastrado. Estas fichas catastrales permitieron a su vez determinar la capacidad hidráulica de los distintos tramos involucrados. Las cotas del catastro fueron referidas al sistema IGM según lo solicitado en los Términos de Referencia de la presente consultoría.

#### **a) Red de Colectores**

La red de colectores de aguas lluvias existentes en el área urbana de la ciudad de Talca está compuesta por un sistema unitario y varios sistemas separados. Para la identificación de dichas redes existentes se tomó como base el Estudio de Mejoramiento Integral del Servicio de Alcantarillado de Talca (ICSA Ltda, 1990) el cual fue revisado, corregido, complementado y ampliado con la información entregada por personal municipal y del MINVU, y aquella generada por el propio Consultor.

Durante la realización de los catastros, el equipo Consultor realizó un completo recorrido de la ciudad de donde se observó que existían otros sistemas de colectores que no estaban en el catastro de ICSA y que tampoco habían sido informados por los organismos consultados los cuales también fueron incorporados a la base de datos.

El catastro realizado incluyó además, todas las obras de descarga de estas redes a los distintos cuerpos receptores, los 4 aliviaderos de tormenta existentes en la red unitaria, como así también todos los sumideros que descargan a las redes catastradas.

Adicionalmente, en los sectores en que los colectores corresponden a canales en tierra, éstos fueron catastrados mediante la toma de perfiles transversales representativos de tramos homogéneos.

En la localidad de Maule no se realizaron catastros toda vez que no posee redes de colectores para el drenaje de las aguas lluvias.

#### **b) Canales Urbanos**

Se realizaron reuniones con las Ilustres Municipalidades de Talca y Maule y las Asociaciones de Canalistas a fin de verificar qué canales eran los que debían considerarse para la evacuación y drenaje de las aguas lluvias. Se recabó la información relativa al tipo de operación de cada uno de los canales de tal manera de poder identificar los períodos y caudales con los que operan durante el año, como asimismo se identificaron los problemas que éstos presentan.

Los canales catastrados fueron: Baeza, de la Luz, Williams o Sandoval, Gallinas Blancas, Monte Baeza, San Miguel, Canal Lateral a Camino Las Rastras, Schorr, Colín y Santa Herminia.

Dado que ninguno de los canales anteriormente mencionados posee algún estudio que pueda entregar información acerca de sus secciones y sus capacidades de porteo para los distintos tramos, se hizo necesario desarrollar una campaña de terreno destinada a obtener las secciones representativas de tramos homogéneos para todos ellos. Estas secciones representativas incluyeron también la determinación de las características de todas aquellas obras de arte que pudiesen influir sobre el eje hidráulico de los canales y por lo tanto sobre sus capacidades de porteo.

La capacidad hidráulica de los distintos tramos de los canales estudiados fue calculada mediante la determinación del eje hidráulico de cada canal en todo su tramo urbano, tanto para la situación actual (estado actual de conservación) como para una situación mejorada. Como situación mejorada se entienden modificaciones menores de las características del canal sobre la base de la limpieza, rectificación de las pendientes de fondo y/o eliminación de obstáculos tanto en su cauce como en las obras de arte.

#### **c) Cauces Naturales**

Se analizaron todos los cauces naturales que atraviesan el área de estudio y que forman parte del sistema de evacuación y del drenaje de las aguas lluvias de la ciudad de Talca y la localidad de Maule. En forma similar a lo descrito para los canales de riego, se realizó el catastro completo de la red de drenaje natural. Se recabaron antecedentes relativos a secciones representativas, existencia de puntos críticos respecto de la capacidad hidráulica y comportamiento general durante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos de alguna importancia, y en general cualquier otro antecedente de interés que permitiera formarse una idea respecto de las posibles limitaciones o restricciones a la eventual conducción de caudales de drenaje de las aguas lluvias. Para tal efecto se obtuvieron perfiles transversales taquimétricos

representativos, y monografías de las obras de arte que permitieron evaluar la capacidad hidráulica de estos cauces.

Los cauces naturales catastrados fueron: río Claro, río Lircay, estero Piduco, quebrada Calle 10 ½ Poniente, quebrada Calle 34 Oriente, estero Cajón, quebrada desagüe Canal Molina, estero Unihue y quebrada San Juan. La capacidad hidráulica de los distintos tramos se determinó de la misma forma que la utilizada para los canales urbanos.

#### **d) Calles Evacuadoras de Aguas Lluvias**

También se catastraron todas aquellas calles que, según la información recopilada en terreno, corresponden a vías preferenciales de escurrimiento. El catastro consistió en la toma de perfiles transversales en cada uno de los tramos homogéneos de dichas calles las cuales alcanzaron una longitud total de 18.350 m.

### **4. DIAGNOSTICO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA**

#### **a) Patrón de Drenaje**

Se definió el patrón de drenaje de la ciudad y de sus zonas aledañas, bajo condiciones actuales (año 1999) y futuras (año 2030). En base a las condiciones topográficas del área de estudio y su cuenca aportante y con la información de infraestructura existente generada en el capítulo anterior, se delimitaron subcuencas y sistemas de drenaje, habida cuenta del conocimiento de dónde se producen los escurrimientos preferenciales. Esta delimitación contempla los condicionamientos impuestos al escurrimiento por las características de la red vial urbana, las obras de drenaje existentes y lo observado en visitas a terreno en cuanto al comportamiento del drenaje urbano.

De dicho análisis se dedujo que las aguas lluvias que ingresan y/o se generan en el área de estudio se dividen en 3 subcuencas las cuales desembocan en los cauces del río Claro, el río Maule y el estero Cunculén, siendo la correspondiente al río Claro la que abarca aproximadamente el 95% del área de estudio.

Las zonas cuyas descargas tienen como receptor final al río Claro se pueden subdividir a su vez en 7 sistemas de evacuación de aguas lluvias asociados a los siguientes cursos: río Claro, río Lircay, canal Baeza, estero Piduco, estero Cajón, estero Calicanto y estero Unihue.

Las áreas que descargan directamente a la subcuenca del río Maule corresponden a aquellas ubicadas en la zona sur del área de estudio drenando una fracción rural de la comuna de Maule.

Las áreas que descargan a la subcuenca del estero Cunculén corresponden a las ubicadas en el sector poniente del área de estudio delimitadas por el oriente por la cadena de cerros que se sitúa paralela al escurrimiento del río Claro (Cerro La Virgen).

La ubicación de todas estas subcuencas y sistemas aparece graficada en la Fig. 7 en donde se detallan además las superficies de cada una.

## **b) Comportamiento de la Infraestructura Existente**

Se evaluó el comportamiento de la infraestructura existente de drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Talca y de la localidad de Maule, tanto para la situación urbana actual como para la situación urbana futura.

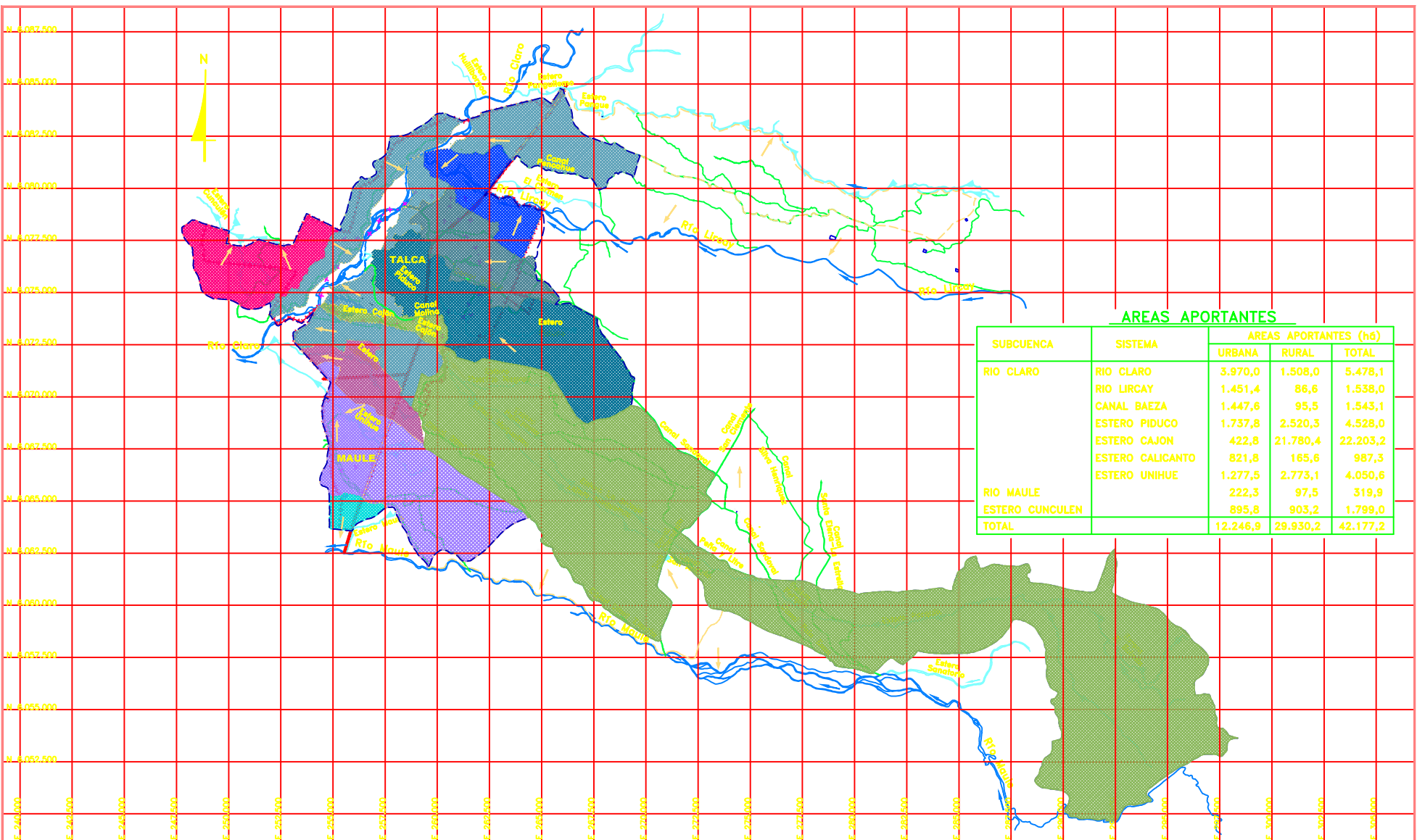
Para evaluar el comportamiento de los distintos sistemas de aguas lluvias, se utilizó el modelo SWMM, en su versión XP-SWMM32. Este modelo permite simular el comportamiento hidrológico e hidráulico de cuencas ante eventos de precipitaciones determinados. Además, permite simular el comportamiento hidráulico en régimen impermanente de sistemas de drenaje y evacuación de aguas lluvias, tanto naturales como artificiales, ante la escorrentía generada por los eventos de lluvias y/o caudales predeterminados de otras fuentes.

Las áreas aportantes a cada tramo de colector se determinaron a partir de visitas a terreno en días de lluvias, de la información topográfica disponible, de la distribución de las redes de colectores existentes y de la información entregada por vecinos y funcionarios de la I. Municipalidad de Talca y Maule.

Para definir el coeficiente de escorrentía para la situación actual y futura de cada área o subárea modelada se utilizó un sistema de información geográfico (ARC-VIEW 3.1). para lo cual se generó un plano base formado por la unión de los planos de Características Geomorfológicas; Uso Actual y Futuro del Area de Estudio; y de cuencas y subcuencas aportantes a cada punto de interés generados en la presente consultoría. A cada uno de los sectores resultantes en dicho plano base se le asignó un coeficiente de escorrentía ponderado según lo definido en base al uso del suelo.

El tiempo de concentración para cada una de las cuencas aportantes y de sus correspondientes sub-cuencas fue estimado a partir de las ecuaciones de California Highway and Publics Works, Kerby y Federal Aviation Agency, promediando sus valores.

Los hietogramas fueron calculados para duraciones que variaban entre los 15 y los 480 minutos para cada uno de los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 100 años. Las duraciones de tormenta se definieron una vez que se determinaron los distintos tiempos de concentración de las áreas aportantes. Para la distribución temporal de la lluvia de diseño se adoptaron hietogramas en los que la máxima intensidad se ubica en el primer tercio de la duración total de la lluvia en consideración a que los caudales mayores obtenidos con esta distribución constituyen una condición más desfavorable para el diseño.



**AREAS APORTANTES**

SUBCUENCA	SISTEMA	AREAS APORTANTES (há)		
		URBANA	RURAL	TOTAL
RIO CLARO	RIO CLARO	3.970,0	1.508,0	5.478,1
	RIO LIRCAY	1.451,4	86,6	1.538,0
	CANAL BAEZA	1.447,6	95,5	1.543,1
	ESTERO PIDUCO	1.737,8	2.520,3	4.258,0
	ESTERO CAJON	422,8	21.780,4	22.203,2
	ESTERO CALICANTO	821,8	165,6	987,3
RIO MAULE	ESTERO UNIHUE	1.277,5	2.773,1	4.050,6
	ESTERO CUNCULEN	222,3	97,5	319,9
TOTAL		12.246,9	29.930,2	42.177,2

**SIMBOLOGIA**

- RIO O ESTERO
- CANAL O QUEBRADA
- SISTEMA DRENAJE ESTERO CAJON
- SISTEMA DRENAJE ESTERO RIO CLARO
- SISTEMA DRENAJE RIO LIRCAY
- LIMITE URBANO ACTUAL (1999)
- LIMITE AREA DE ESTUDIO
- SISTEMA DRENAJE ESTERO UNIHUE
- SISTEMA DRENAJE ESTERO PIDUCO
- SUBCUENCA RIO MAULE
- LIMITE CUENCA APORTANTE
- SISTEMA DRENAJE ESTERO CALICANTO
- SISTEMA DRENAJE CANAL BAEZA
- SUBCUENCA ESTERO CUNCULEN

**AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.**

PLANO: SUBCUENCAS Y SISTEMAS APORTANTES

PROYECTO: PM-09: PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE TALCA, VII REGION

FECHA: AGOSTO-2000    ESCALA: S/E    FIGURA N°: 7

El diagnóstico se realizó para un período de retorno de 2 años para la situación actual, y para períodos de retorno de 2, 5 y 10 años para la situación futura. En lo que respecta a los cauces receptores naturales, se realizó además el diagnóstico para períodos de retorno de 25 y 100 años.

Para cada una de las subcuencas y sistemas antes mencionados se ingresó al modelo SWMM toda la información de catastro obtenida en la presente consultoría, incluyendo los cauces naturales, los canales, las redes de colectores existentes y las vías preferenciales de escurrimiento determinadas en visitas a terrenos. La información de los cauces, canales y calles la constituyeron los perfiles transversales obtenidos en terreno para cada una de ellas.

Con el propósito de verificar los resultados obtenidos con el modelo y con la metodología propuesta se simuló el comportamiento de la red de drenaje con la precipitación ocurrida el 04/09/99 que tiene asociado un período de retorno de 4 años. Los resultados obtenidos corresponden aproximadamente a aquellos que se observaron en la visita a terreno realizada durante el evento citado.

Una vez validada la metodología se procedió con el diagnóstico de la red existente para lluvias con distintos períodos de retorno asociados, tanto para la situación actual (1999) como para la situación futura (2030). Esta simulación incluyó además el análisis de las descargas en los cauces receptores finales y los propios cauces receptores. Los resultados obtenidos fueron mostrados en planos que se incluyen en el informe en extenso.

## **5. AREAS A SANEAR Y ALTERNATIVAS GENERALES DE SOLUCION**

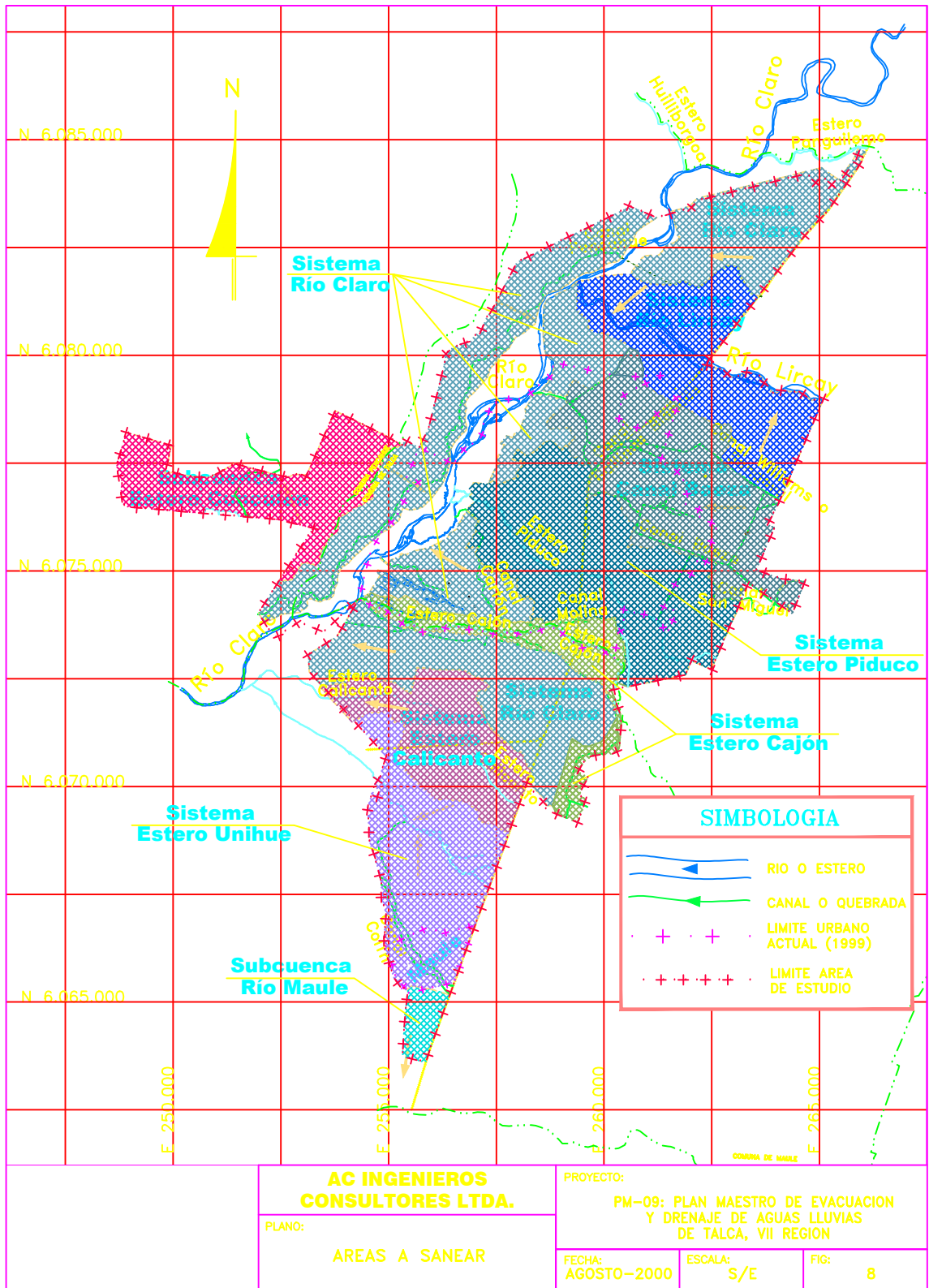
Las áreas a sanear desde el punto de vista del drenaje y evacuación de aguas lluvias corresponden a todas aquellas que están al interior del área de estudio. Sin embargo, dentro de esta área se excluye toda la superficie que es parte del lecho de inundación del río Claro, con una área aproximada de 959 há, para la cual no es necesario planificar soluciones de redes de drenaje de aguas lluvias. En la Fig. 8 se detallan las distintas áreas a sanear.

En términos generales las soluciones posibles para el drenaje de aguas lluvias se dividen en 2 grandes grupos: soluciones no estructurales y soluciones estructurales.

En relación a las soluciones no estructurales cabe señalar que en consideración a la pequeña magnitud de los problemas de inundación que presenta y presentará el área de estudio y dado que en la actualidad no existe una legislación apropiada para hacer aplicables las medidas no estructurales reseñadas, este tipo de medidas han sido descartadas como soluciones alternativas para el caso del presente estudio.

Por otro lado, dentro de las soluciones estructurales se incluyen obras tales como sistemas de trasvase, obras de conducción, regulación e infiltración, como también obras en canales y cauces existentes, además de la terminación de eventuales obras inconclusas.





Como una forma alternativa a la evacuación directa de aguas lluvias se puede pensar en almacenamientos temporales y/o infiltración en el subsuelo de la escorrentía directa, sin embargo y para el caso de la actual ciudad de Talca y Maule, este tipo de obras no resulta atractivo por las siguientes razones que se detallan:

- Dentro del área de estudio existen varios cauces receptores finales con capacidad suficiente para evacuar los aportes que se descargan en ellos, los cuales permiten efectuar la evacuación directa de las aguas lluvias.
- La profundidad de la napa en el área ubicada al oriente del río Claro se sitúa entre los 2 y 3 m según la información entregada por los funcionarios de la Dirección de Obras Municipales y de ESSAM S. A., y lo observado por este Consultor durante las visitas a terreno. Estas napas incluso afectan la construcción de los subterráneos de los edificios en la ciudad de Talca.

En términos globales, para la definición y planteamiento de soluciones alternativas, se consideró que la solución al problema de evacuación de las aguas lluvias se debe centrar en lograr una máxima utilización de los cursos, vías naturales y colectores de la red existente, de modo de hacer económica y eficiente la solución integral.

En cada caso se realizó un análisis de posibles alternativas atendiendo aspectos tales como maximizar el uso de las redes de colectores existentes, maximizar el uso de ríos, esteros y canales con capacidad disponible, minimizar los costos de instalación y rotura de pavimentos privilegiando la materialización de obras por caminos secundarios y calles de tierra.

Con los criterios mencionados anteriormente se definieron distintas soluciones para cada uno de los sistemas y subcuencas las cuales consisten en colectores futuros, canales futuros, modificación de colectores existentes, mejoramientos de canales y esteros existentes mediante limpieza y perfilamiento.

## **6. DESARROLLO DE SOLUCIONES, COSTOS E IMPACTO AMBIENTAL**

### **a) Soluciones**

Teniendo en cuenta los criterios expuestos en el capítulo anterior y los propósitos de los Planes Maestros, la red definida correspondió a aquellas obras que constituyen el sistema principal que asegura que las aguas sean conducidas fuera del área que las genera, descargándolas a los cauces receptores. Esta red propuesta se ha definido para los colectores con diámetros mayores o iguales a 500 mm y todos los canales que se requieren para completar dicha red.

Para el desarrollo de las soluciones de la red propuesta se ejecutaron consecutivamente las siguientes etapas: planteamiento de criterios de diseño, definición de trazados, dimensionamientos y evaluación de costos para distintos niveles de seguridad (períodos de retorno), elección del período de retorno de diseño y finalmente la optimización de la solución estudiada.

El trazado de los colectores surgió como resultado del análisis de varios trazados alternativos los cuales consideraron como criterios de definición entre otros los siguientes: mínima longitud, minimización de interferencias y de rotura de pavimentos, ajuste a la topografía, compatibilidad con la vialidad urbana, reuniones con ESSAM S. A., etc. Del análisis realizado se concluyó que en general no existe una diferencia significativa en la longitud de colectores con trazados alternativos, dado que éstos son más bien cortos y drenan directamente a distintos cauces. En la Fig. 9 se muestran los trazados de los colectores de la red propuesta.

## **b) Costos**

Con el propósito de estimar las diferencias de costos de inversión entre distintas seguridades de diseño, se dimensionaron y evaluaron todas las soluciones para períodos de retorno de 2, 5 y 10 años y se determinó que la variación de costos de inversión al pasar de 2 años a 5 años de período de retorno de diseño era de un 15% y al pasar de 5 años a 10 años de período de retorno el incremento era solo de un 7%. La evaluación económica de rentabilidad asociada a cada uno de estos períodos de retorno llevaron a la conclusión que las redes deberían ser diseñadas para períodos de retorno de entre 2 y 5 años.

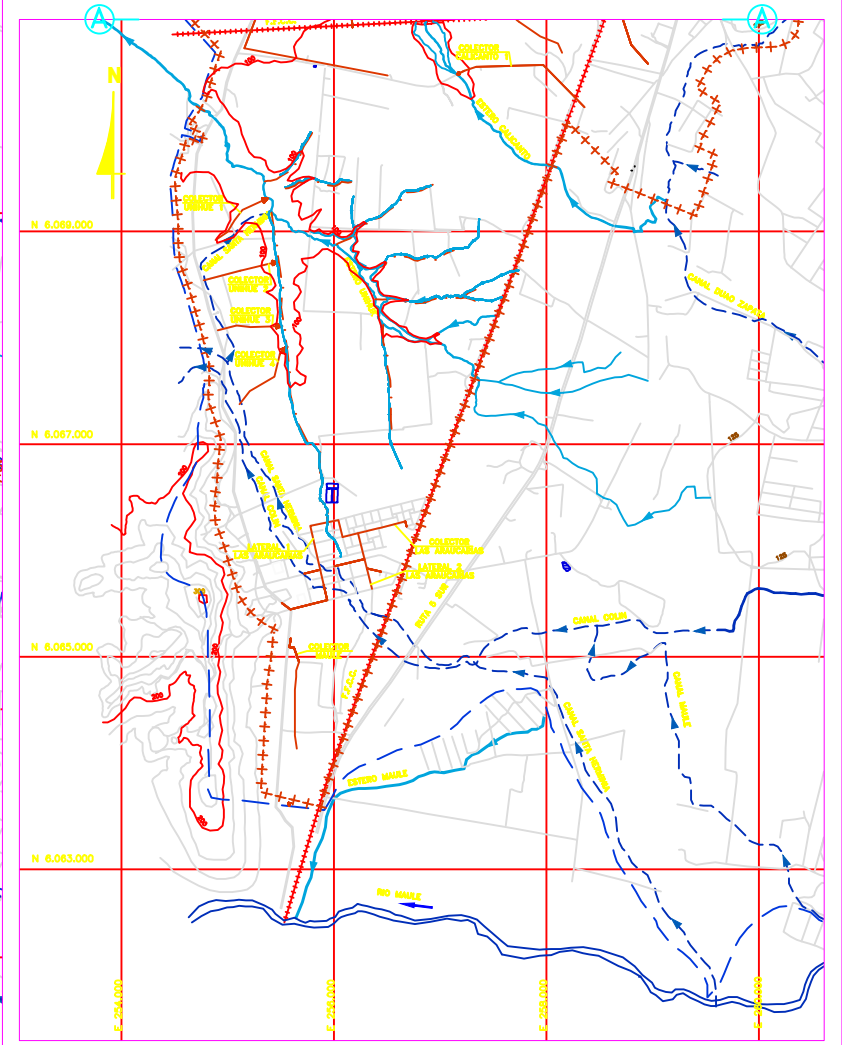
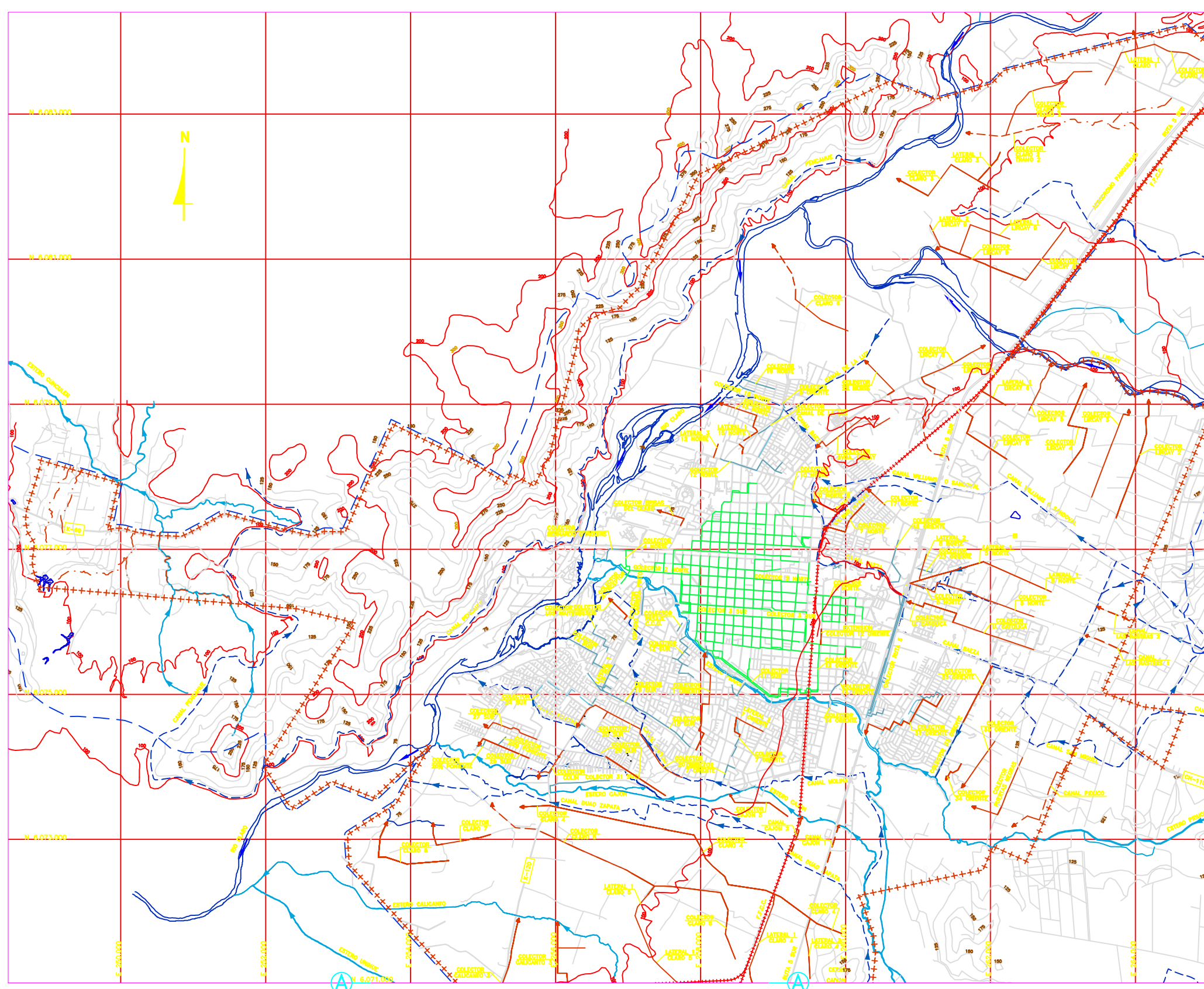
Posteriormente se demostró que la red dentro del actual área urbana diseñada para 2 y 5 años de período de retorno podría ser ampliada para permitir que lluvias de hasta 10 años de período de retorno no provocaran desbordes de las cámaras de la red con un incremento en el costo de inversión del orden de un 1,8%. Los costos y dimensiones de la red propuesta con todos estos criterios antes expuestos se muestran en la Tabla 2.

## **c) Erosión y Deforestación**

Se realizó una descripción y análisis de los procesos de erosión y deforestación que actualmente se presentan en el área de estudio y su cuenca aportante, así como el efecto que podría generar en estos procesos la implementación de las soluciones de aguas lluvias propuestas en un escenario futuro.

De este análisis se concluye que no se reconocen actualmente problemas de erosión ni deforestación, situación que debiera mantenerse en el horizonte de evaluación del presente Plan Maestro.

Así también, se estima que las obras de evacuación de aguas lluvias proyectadas no provocarían efectos adversos puesto que corresponden a obras lineales que se emplazarán adyacente o bajo calzadas, no induciendo cambios tanto en las características de los suelos, ni sobre su cobertura, así como tampoco sobre el uso de la tierra tanto en situación actual como futura.



**SIMBOLOGIA**

	RIO O ESTERO		COLECTOR EN DUCTO SEPARADO EXISTENTE		LIMITE CUENCA APORTANTE		DESCARGA PROYECTADA
	QUEBRADA Y CAUCES MENORES		CURVA DE NIVEL		LIMITE AREA DE ESTUDIO		CANAL PROYECTADO
	COLECTOR EN DUCTO UNITARIO EXISTENTE		LINEA FERREA		QUEBRADA EVACUADORA PROPUESTA		COLECTOR PROYECTADO
							COLECTOR A TAJO ABIERTO O CANAL

**AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.**  
 PLANO:  
**SOLUCION PROPUESTA**

PROYECTO:  
**PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE TALCA, VII REGION**  
 FECHA:  
 AGOSTO-2000  
 ESCALA:  
 S/E  
 FIG:  
 9

FIGS DWG



#### **d) Impacto Ambiental**

Se realizó una evaluación de impacto ambiental para la solución propuesta que conforman el Plan Maestro, teniendo como base la normativa legal vigente establecida en la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. 30/97).

De la evaluación realizada para el conjunto de las obras propuestas, se determinó que si bien la mayor parte de los impactos susceptibles de presentarse en la etapa de construcción son negativos, ellos son poco generalizados, limitándose su presencia exclusivamente al período de construcción de las obras y existiendo medidas de mitigación factibles de implementar.

En la etapa de operación del proyecto la mayor parte de los impactos previsibles tienen el carácter de positivos, lo cual implica un mejoramiento del ambiente derivado de una disminución de los problemas de inundación que afectan en forma frecuente a la ciudad de Talca y la localidad de Maule. El único impacto que podría ser negativo durante esta etapa, está referido al recurso hídrico, ya que durante la operación de la red, aumentaría el número y los volúmenes de descargas de aguas lluvias y éstos se presentarían concentrados en los cursos de aguas de las ciudades, pudiendo existir arrastres de sustancias por el lavado de calles durante las primeras lluvias con características contaminantes. Sin embargo, las medidas de mitigación correspondientes a estos impactos ya son abordadas por otras autoridades.

Se concluyó que la solución de drenaje propuesta para el Plan Maestro de Aguas Lluvias de la Ciudad de Talca, una vez que se encuentren en un nivel de proyecto deberán someterse al SEIA, mediante la presentación de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), ya sea para la solución en conjunto o bien para cada obra por separado.

### **7. PRIORIZACION DE SOLUCIONES Y DEFINICION DE RED PRIMARIA**

#### **a) Priorización de Soluciones**

La materialización de las obras que forman parte del sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Talca, propuesto en el presente Plan Maestro, requiere necesariamente de un ordenamiento previo de las mismas, con miras a establecer prioridades que permitan ir haciendo las inversiones en la medida que los recursos económicos estén disponibles. Ello por cuanto, por un lado el conjunto de obras involucra elevados montos que no pueden ser sufragados de inmediato ni en plazos breves, y por otro, la naturaleza y severidad del problema resulta bastante diversa si se atiende a la variedad de situaciones que se presentan en la ciudad.

Para cumplir tal objetivo se realizó una separación de los proyectos hidráulicamente independientes, una evaluación económica de cada sistema y una priorización entre ellos.

Los proyectos hidráulicamente independientes para el caso del presente estudio corresponden a todos los que descargan a los distintos cauces receptores que se emplazan en las subcuencas y sistemas definidos y que fueron detallados en la Tabla 2.

La evaluación económica, realizada para cada sistema se llevó a cabo con el fin de generar indicadores que permitieran comparar la rentabilidad de los proyectos agrupados por sistemas con el propósito de establecer un criterio cuantitativo que sirviera como referencia para la posterior priorización de las soluciones al interior de cada sistema. Esta comparación económica se basó en la determinación del Valor Actual Neto (VAN) para cada uno de los sistemas, con una tasa de descuento del 12% y en período de análisis de 30 años.

La evaluación económica se realizó sobre todas aquellas soluciones que se emplazan en las áreas urbanas actuales y no sobre los que se emplazan sobre las áreas de expansión urbana dado que no resulta posible estimar beneficios asociados a dichas áreas en el sentido de daños urbanos evitados, toda vez que actualmente corresponden a grandes terrenos eriazos o de cultivo, que serán urbanizadas a futuro.

Esta evaluación incluyó los beneficios determinados como el daño evitado, los costos de mantención y operación de la red y la inversión inicial de construcción. La inversión inicial incorpora, además de los costos correspondientes a la solución propuesta, los costos de todas las redes auxiliares, definidas éstas como el conjunto de colectores de diámetros menores a 500 mm y obras anexas, cuya finalidad es conducir los caudales generados hacia la red de colectores propuesta. Los resultados de esta evaluación se indican en la Tabla 3.

**Tabla 3 Inversión y VAN para las Soluciones Propuestas**

SISTEMA	INVERSIÓN		VAN	
	(UF)	(miles de \$)	(UF)	(Miles de \$)
Río Claro	200.367	3.070.394	-103.432	-1.584.973
Canal Baeza	258.537	3.961.777	-169.670	-2.599.993
Estero Piduco	150.081	2.299.818	-55.991	-857.990
Area Urbana	608.985	9.331.989	-329.093	-5.042.956

Nota: - Incluye IVA  
 - Incluye gastos generales, utilidades e imprevistos  
 - IPC Base 104,31 Abril /2000  
 - UF = \$15.323,81 al 02/05/2000

La priorización de soluciones se realizó para las obras propuestas en el área urbana actual. En las áreas de expansión se definió que el desarrollo de las soluciones será de acuerdo al desarrollo de la ciudad hacia estas áreas.

En el caso de las zonas urbanas actuales, la prioridad se estableció para los sistemas de drenaje en base a criterios cuantitativos (indicadores económicos) y para los colectores que componen cada sistema, en base a criterios semi-cuantitativos (indicadores técnicos e indicadores económicos).

Según la priorización en base a indicadores económicos detallados en la Tabla 3 se asignaron prioridades Alta, Media y Baja a los sistemas Piduco, Claro y Baeza, respectivamente.

La priorización de colectores se basó en indicadores técnico e indicadores económicos tipo: inversión versus área saneada; inversión versus número de puntos de inundación; inversión versus vías preferenciales de escurrimiento; e inversión versus número de instituciones públicas.

**Tabla 4 Priorización Propuesta para Colectores de Areas Urbanas**

Sistema de Drenaje	Prioridad s/Indicadores Económicos	Nombre Proyecto	Prioridad s/Indicadores Técnicos y Económicos	Prioridad Final
Río Claro	M	Colector 15 Norte	B	B
		Colector 12 Norte	M	M
		Colector Brisas del Claro	A	A
		Colector 6 Sur	A	A
		Colector 20 Sur	B	B
		Colector 24 Sur	A	A
		Colector 26 Sur	B	B
		Colector 27 Sur	M	M
		Colector 29 Sur	M	M
Canal Baeza	B	Colector U. Católica	B	B
		Colector 5 Norte	M	B
		Colector 7 Norte	A	M
		Colector 17 Norte	M	B
		Mejoramiento Colector 10 Norte	A	M
		Colector Avda. Lircay	B	B
Colector 10 Norte B	A	M		
Estero Piduco	A	Colector 34 Oriente	A	A
		Extensión Colector 33 Oriente	B	M
		Mejoramiento Colector 31 Oriente	M	A
		Extensión Colector 12 Oriente	A	A
		Mejoramiento Colector 7 Oriente	A	A
		Colector 1 Oriente	B	M
		Mejoramiento Colector 12 Sur	M	A

La priorización final propuesta para los colectores del área urbana, se señala en la Tabla 4 y obedece a los siguientes criterios:

- Todos los colectores que pertenecen a un sistema de drenaje de prioridad Alta, suben en un nivel su prioridad, calculada según el criterio técnico–económico.
- Todos los colectores que pertenecen a un sistema de drenaje con prioridad Media mantienen la prioridad calculada según el criterio técnico–económico.

Todos los colectores que pertenecen a un sistema de drenaje con prioridad Baja, bajan en un nivel su prioridad, calculada según el criterio técnico–económico.

#### b) Definición de Red Primaria

La red primaria constituye la parte más importante de la red total de drenaje y su construcción y mantención es de responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas.



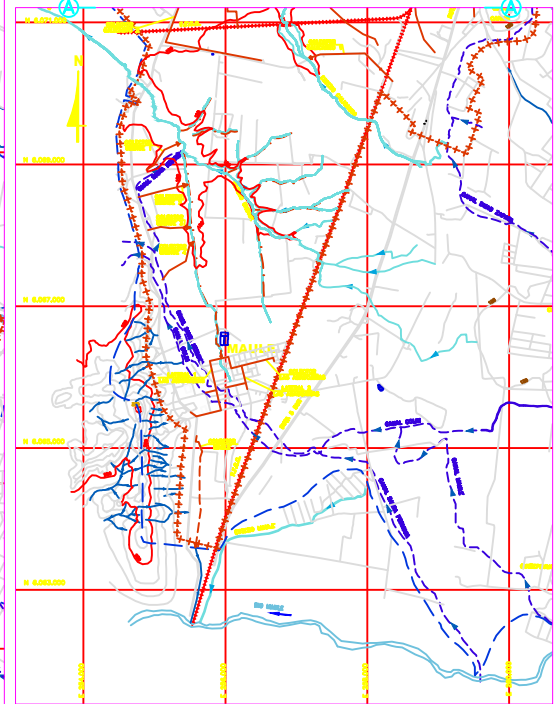
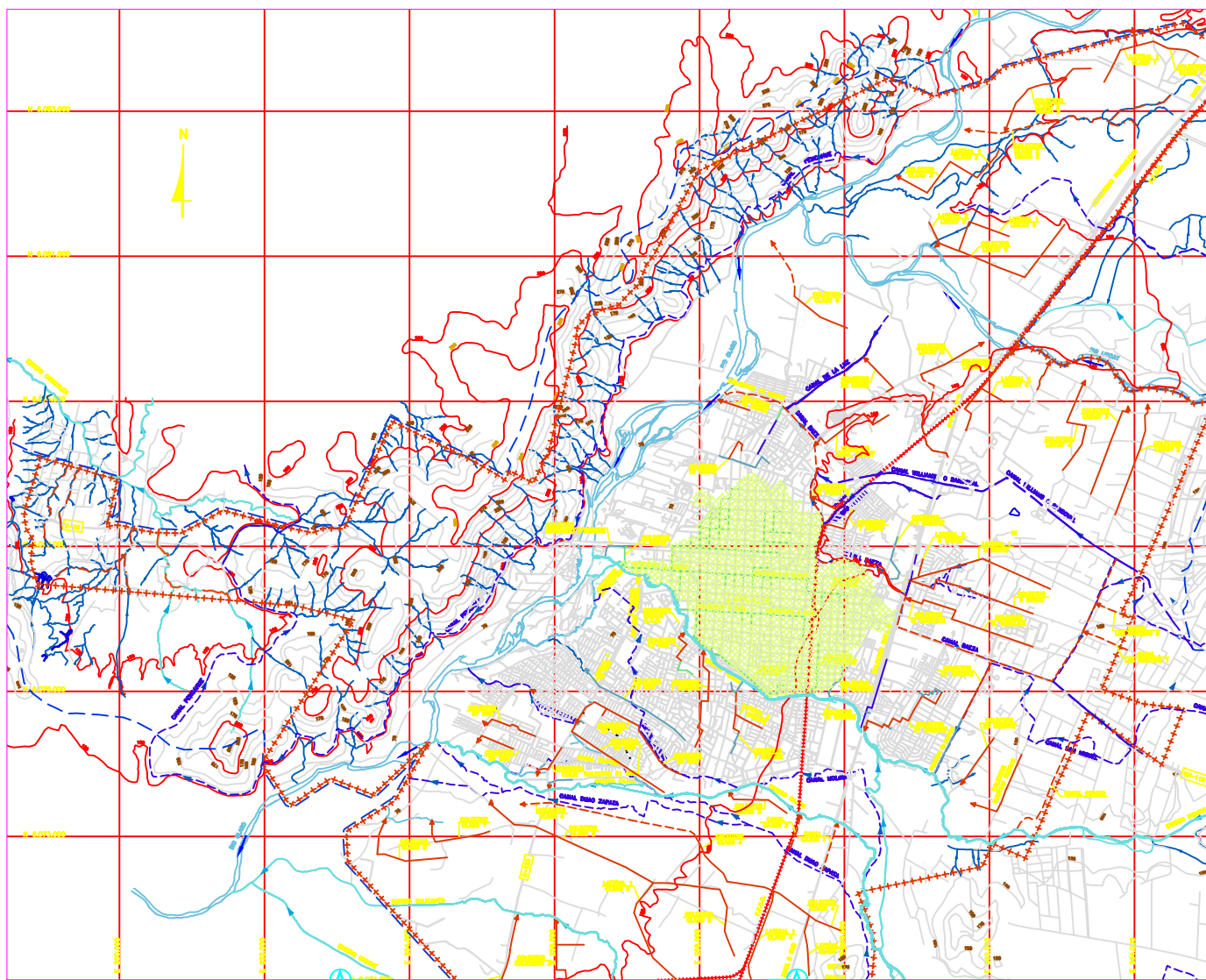
Los cauces receptores que forman parte de la red primaria corresponden al Canal Baeza y a los esteros Piduco, Cajón, Calicanto y Unihue. Las quebradas evacuadoras, mostradas en los planos de Red Primaria Propuesta, también forman parte de esta red receptora primaria.

Por su parte, todas las obras analizadas en el presente estudio, tanto existentes como proyectadas, se han incorporado a la red primaria cuando cumplen con los siguientes criterios:

- Todos los canales a tajo abierto y entubados.
- Todos los colectores que drenan áreas públicas y que tienen un diámetro superior o igual a 500 mm y que, a su vez, tienen una longitud mayor o igual a 400 m hasta su descarga en su respectivo cauce receptor.
- Toda la red unitaria que drena el centro cívico de Talca.

El detalle de las obras integrantes de la red primaria agrupados por sistema se consigna en la Tabla 5, en la cual además se indica el costo de inversión, el orden según la priorización, la longitud y la comuna a la que pertenece. En el caso de las obras existentes que no se modifican no existe costo de inversión ni priorización. En la Fig. 10 se muestra gráficamente la red primaria propuesta para Talca y Maule.

Por su parte se consideró como red complementaria todos aquellos elementos del sistema de drenaje que no forman parte de la red primaria, estimándose su costo en 444.144 UF. (\$6.805.974.000) para una longitud de 61.510 m.



**SIMBOLOGIA**

	ESTERO PRIMARIO		COLECTOR SEPARADO EXISTENTE PRIMARIO		LINEA FERREA		AREA COBERTURA SISTEMA UNITARIO, RED PRIMARIA
	RIO O ESTERO		COLECTOR A TAJO ABIERTO O CANAL		LIMITE CUENCA APORTANTE		CANAL PRIMARIO PROYECTADO
	QUEBRADA Y CAUCES MENORES		CURVA DE NIVEL		LIMITE AREA DE ESTUDIO		COLECTOR PRIMARIO PROYECTADO
	COLECTOR EN DUCTO UNITARIO EXISTENTE						DESCARGA PRIMARIA PROYECTADA

**AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.**

PLANO:  
**RED PRIMARIA**

PROYECTO:  
**PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE TALCA, VII REGION**

FECHA: AGOSTO-2000    ESCALA: S/E    FIG: 10

