

**PROYECTO DE OBRAS DE DEFENSA Y DESAGÜES PLUVIALES  
DE LA CIUDAD DE PERGAMINO**

**SÍNTESIS DEL PROYECTO  
AGOSTO 2008**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. EQUIPO DE TRABAJO	4
3. ESTUDIOS REALIZADOS	6
<b><i>Reconocimiento del Sistema</i></b>	6
<b><i>Planteo de Alternativas de Obras</i></b>	7
<i>Caracterización Geológica – Geomorfológica</i>	7
<i>Caracterización Urbana y Demográfica</i>	10
<i>Estudios Hidrológicos</i>	11
<i>Modelación Hidrológica de la Zona Rural</i>	14
<i>Modelación Hidrológica de la Zona Urbana</i>	20
<i>Planteo General del Problema</i>	21
<b><i>Anteproyecto de las Obras – Selección de la Alternativa más Conveniente</i></b>	24
<i>Información y Relevamientos Topográficos</i>	24
<i>Información y Relevamientos Geotécnicos</i>	24
<i>Dimensionamiento Hidráulico y Análisis del Funcionamiento de las Alternativas</i>	25
<i>Predimensionamiento Estructural de las Alternativas</i>	27
<i>Cómputo y Presupuesto</i>	29
<i>Evaluación Económica y Social</i>	30
<i>Evaluación Ambiental</i>	31
<i>Recomendación de la Alternativa más Conveniente</i>	32
<b><i>Proyecto Ejecutivo de Las Obras</i></b>	34
<i>Relevamientos Topográficos Definitivos</i>	34
<i>Relevamientos Geotécnicos</i>	36
<i>Diseño Hidráulico</i>	37
<i>Diseño Estructural</i>	38
<i>Estudio de Impacto Ambiental</i>	40
<i>Medidas no Estructurales</i>	44
<i>Cómputo, Presupuesto y Documentación Licitatoria</i>	48

## 1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones representan el principal riesgo de origen natural en la ciudad de Pergamino, para avalar tal afirmación sólo es necesario recordar que:

*“Entre 1930 y 1995, se produjeron grandes inundaciones, con desborde del arroyo Pergamino y/o del arroyo Chu -Chú cuyos efectos se tradujeron en amplias zonas anegadas y un importante número de evacuados en los años 1933, 1936, 1938, 1939, 1940, 1944, 1963, 1966, 1975, 1978, 1982, 1984, 1986, 1988, 1991, 1992, 1995 y 2000. La ciudad de Pergamino ha padecido 87 inundaciones, desde 1913 hasta la fecha. De éstas, 40 se pueden considerar de impacto leve (desbordes de los arroyos o inundación sin anegamiento de viviendas), 19 de impacto moderado (Inundación con anegamiento de viviendas. Sin evacuaciones), 25 de impacto alto (Inundación con evacuaciones) y 3 de ellas (1995, 1939 y 1984), de impacto muy alto (debido a su extensión, duración, daños, etc.). También se registra un aumento del impacto de las inundaciones para una misma intensidad de lluvia a lo largo del período analizado.”<sup>1</sup>*

En particular el evento de abril de 1995 dejó su huella imborrable en la memoria colectiva de la ciudad, no sólo por los grandes daños materiales sufridos, sino por algo aún mucho más grave, la pérdida irreparable de cuatro vidas: el bombero voluntario Fernando Tomás Esquivel, muerto en cumplimiento de su deber; Claudio Herro, que murió junto al niño Matías Rodríguez, a quien, en un acto de arrojo, intentaba salvar y la señora Faustina Masciota de Ponterino.

Durante los días 6 y 7 de abril de 1995 se produjo en la ciudad de Pergamino una inundación que ocasionó pérdidas millonarias, afectando tanto bienes particulares como infraestructura urbana.

En un lapso de 6 horas, y luego de dos días de lluvias de mediana intensidad, se abatió una precipitación de más de 300 milímetros. Esto provocó el desborde de los arroyos, inundando la planta urbana, situación que se vio agravada por la imposibilidad de descarga de las redes pluviales debido al elevado nivel de las aguas en el curso.

En la Fotografía N° 1 se observan las marcas (~ 2 m de altura) dejadas por la inundación sobre la vidriera de una farmacia ubicada en las proximidades del terraplén del Arroyo Pergamino.



Fotografía N° 1

El área total afectada fue del orden de las **935 ha** urbanas sobre un total aproximado de **2.300 ha**, con 7.000 personas evacuadas y autoevacuadas.

---

• <sup>1</sup> “Grandes inundaciones en la Ciudad de Pergamino” Hilda Herzer y otros.

En la Fotografía N° 2 se observan los efectos de la crecida sobre el puente de la calle La Merced.

Si bien este fenómeno fue de magnitud extraordinaria, las pautas de desarrollo de la ciudad y los condicionantes antrópicos a su drenaje natural hacen que, aún ante sucesos de menor significación que el citado, se produzcan grandes anegamientos en las áreas deprimidas, situación que se irá agravando a medida que aumenten las áreas pobladas.

Otras tormentas de importancia fueron las ocurridas en enero, febrero, marzo y abril de 2001 y en mayo, octubre y noviembre de 2002, las que, aunque de menor magnitud que la anterior, también generaron inundaciones en diferentes sectores del área urbana.



Fotografía N° 2

En mayo de 2005 la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas (DIPSOH) de la Provincia de Buenos Aires efectuó el llamado a licitación para el desarrollo de los estudios necesarios para realizar el Proyecto Ejecutivo o Licitatorio de un sistema compuesto por medidas estructurales (obras) y no estructurales (acciones) capaz de mitigar los efectos de las inundaciones periódicas sobre el casco urbano de la ciudad de Pergamino. Como consecuencia de dicho proceso licitatorio, la UTE IATASA – ABS fue seleccionada para realizar los trabajos, los que dieron comienzo a principios del año 2007.

## 2. EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de profesionales y técnicos que desarrolló los trabajos estuvo integrado por:

Director de Proyecto:	Ing. Felipe C. Borrelli
Coordinación:	Ing. Miguel F. Mauriño Ing. Rafael Días
Asesor:	Ing. Ludovico Ivanissevich
Director del Área Geología y Geotecnia:	Ing. Eduardo Capdevila
Director del Área Hidrología y Modelos Matemáticos:	Ing. Miguel F. Mauriño
Director del Área Proyectos Hidráulicos:	Ing. Pedro Agabios
Director del Área Proyectos Estructurales:	Ing. Carlos Verdi
Director del Área Medio Ambiente:	Arq. Marta Balderiote Ing. Guillermo Bianchi
Director del Área Economía:	Ing. Alejandro Gallino
Topografía y Catastro:	Agr. Eduardo Bidegain
Geología y Geomorfología:	Dr. Armando Massabie Lic. Paula Bedini
Geotecnia y Mecánica de Suelos:	Ing. Ricardo Barletta Ing. Gustavo Geba Ing. Guillermo Galazzi Ing. Pablo Miche Tec. Daniel Nanini
Hidrología, Modelos Matemáticos y Proyecto Hidráulico:	Ing. Rafael Días Ing. Guillermo J. Bianchi Ing. Pedro Cielli Ing. Miguel F. Wilde Ing. Tomás Borrelli Strelzik Ing. Laura Serrano Ing. Guillermo Serrano Ing. Francisco Nava Ing. Nicolás Panozzi Ing. Nicolás Lastra
Hidromecánica:	Ing. Guillermo Ungaro Ing. Juan Zamichiei
Proyectos Estructurales:	Ing. Raúl Pérez Sucunza Ing. Marcos de Virgiliis

**EQUIPO DE TRABAJO (CONTINUACIÓN)**

Medio Ambiente:

Ing. Alfredo Fonda  
Arq. Juan Antonio Solá  
Lic. Catalina Scagliusi  
Lic. Gonzalo Valencia  
Arq. Esteban Castelli  
Abg. Federico Govoni  
Lic. Silvia Alegre  
Arq. María Andrea Barda  
Tec. Agostina Meneguzzi

Análisis Económico, Cómputo  
y Presupuesto:

Ing. Juan Pérez Jaglin  
Lic. Nicolás Stern

Dibujantes:

Sr. Jorge Tasca  
Sr. Daniel Bertinat  
Sr. Pablo Marino  
Sr. Javier Francisco Báez

Secretarias:

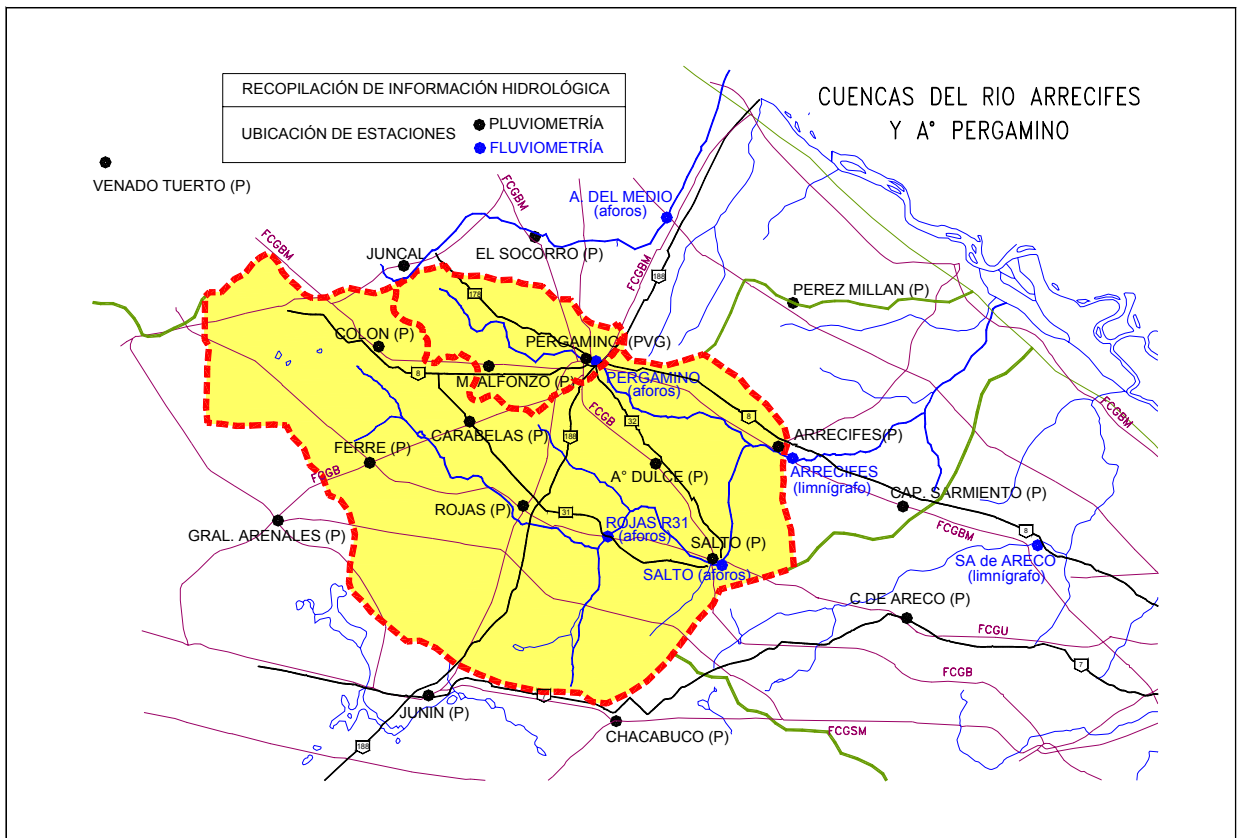
Sra. Bilma Caeiro  
Sra. María Victoria Costafreda

### 3. ESTUDIOS REALIZADOS

#### Reconocimiento del Sistema

Esta primera tarea estuvo destinada a recopilar y analizar la información disponible relacionada con el proyecto, teniendo en cuenta las diferentes escalas de análisis, según se tratara de las cuencas rurales, A° Pergamino y Río Arrecifes (esta última para la calibración del modelo continuo de simulación), o bien, la cuenca urbana de la ciudad de Pergamino, en la cual se debían analizar y desarrollar las obras correspondientes a las redes de desagüe pluvial, estaciones de bombeo y adecuaciones en el cauce del arroyo.

La información recopilada fue la referida a: precipitaciones (pluviografía y pluviometría), clima, edafología, topografía, fotografías aéreas, cartografía, geotecnia y mecánica de suelos, infraestructura existente, urbanismo, demografía y medio ambiente.



Las principales fuentes de información fueron: Administración del Agua de la Provincia de Buenos Aires (AdA), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Instituto Geográfico Militar (IGM), Dirección de Geodesia de la Provincia de Buenos Aires, Municipalidad de Pergamino, Empresas prestadoras de servicios públicos y estudios antecedentes. Con relación a estos últimos, es necesario mencionar, entre otros, los siguientes: “Estudio de Alternativas y Factibilidad de Obras de Regulación y Aprovechamiento Múltiple del Río Arrecifes” Latinoconsult – Conintec 1980/1981 para la Dirección Provincial de Hidráulica y

“Estudio de Obras de Defensa y Control de Inundaciones del Arroyo Pergamino – Etapa de Diagnóstico” Instituto Nacional del Agua (INA) 2005.

Asimismo, se recopiló información referente a los anegamientos registrados en la ciudad, gran parte de la misma fue aportada por la Comisión de Seguimiento de Obras Pluviales de Pergamino (CO.S.O.P.PER). Otras fuentes de información, en este tema específico fueron el INTA, el INA y la Municipalidad.

Una vez analizados los antecedentes, y como parte de la tarea de planificación de los trabajos de campo, se efectuó una recorrida de reconocimiento a partir de la cual se programaron los relevamientos topográficos y geotécnicos de primera etapa, destinados a aportar la información necesaria para el planteo y análisis de alternativas de medidas estructurales.

Se realizó un vuelo a escala 1:10.000 cubriendo la zona de emplazamiento de los posibles embalses. Dicho vuelo fue contratado a la empresa AEROMAPA S.A. y complementó el efectuado en el área urbana, en el año 2005, por esta misma empresa para la Municipalidad,.

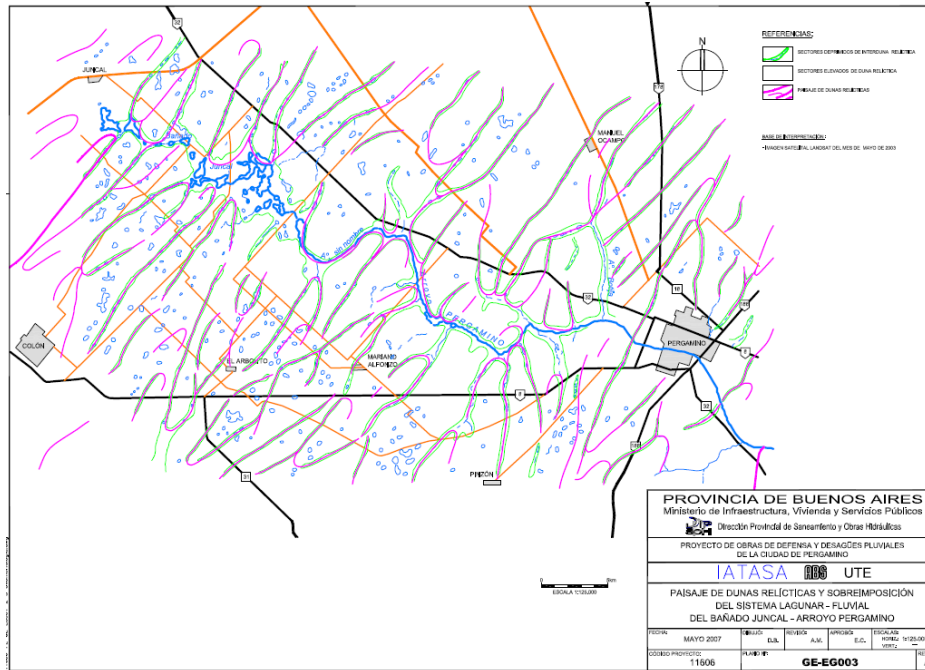
En base a la información recopilada, se preparó la cartografía de base tanto del área rural como urbana. La primera se generó a partir de las Cartas Topográficas en escala 1:50.000 del IGM, en tanto que para el sector de la ciudad se empleó cartografía de Geodesia de la Provincia e información proveniente de la Municipalidad.

### **Planteo de Alternativas de Obras**

Durante esta etapa de los estudios se realizaron caracterizaciones geológicas, geomorfológicas, urbana ambiental y demográfica del área en estudio; estudios geotécnicos y se plantearon alternativas de obras que surgieron a partir de un análisis preliminar de los problemas generales identificados en el sistema. Asimismo, se efectuó un análisis de la distribución temporal de las lluvias intensas en la región.

### ***Caracterización Geológica - Geomorfológica***

La caracterización geológica – geomorfológica se realizó a partir de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ (años 2002 y 2003) y de la fotointerpretación del vuelo en escala aproximada 1:10.000 (año 2005).



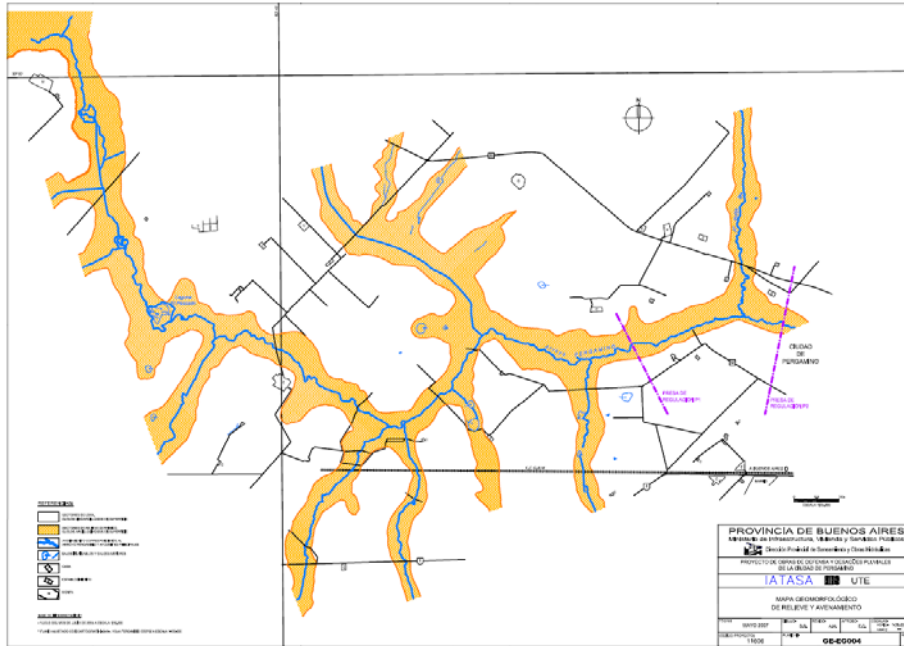
La composición geológica general de los terrenos en los que se ubica el arroyo Pergamino corresponde a la Formación Pampeano, parcialmente cubierta en forma local por la Formación Junín, la que ha sido caracterizada como sedimentos eólicos limo arenosos a arena limosos en general friables y macizos, de color pardo rojizo a pardo claro.

A lo largo de los cauces del sistema fluvial regional, se ha señalado también la presencia de la Formación Luján, que corresponde a los depósitos incluidos de un modo amplio en el Postpampeano.

La información proveniente de perforaciones antecedentes en la zona, confirma en términos generales la composición del subsuelo en los primeros metros de profundidad (Formación Junín, con suelos limosos y limoarenosos en parte de color castaño claro, con profundidad máxima de 10 metros por debajo de 1 a 2 metros de suelo orgánico).

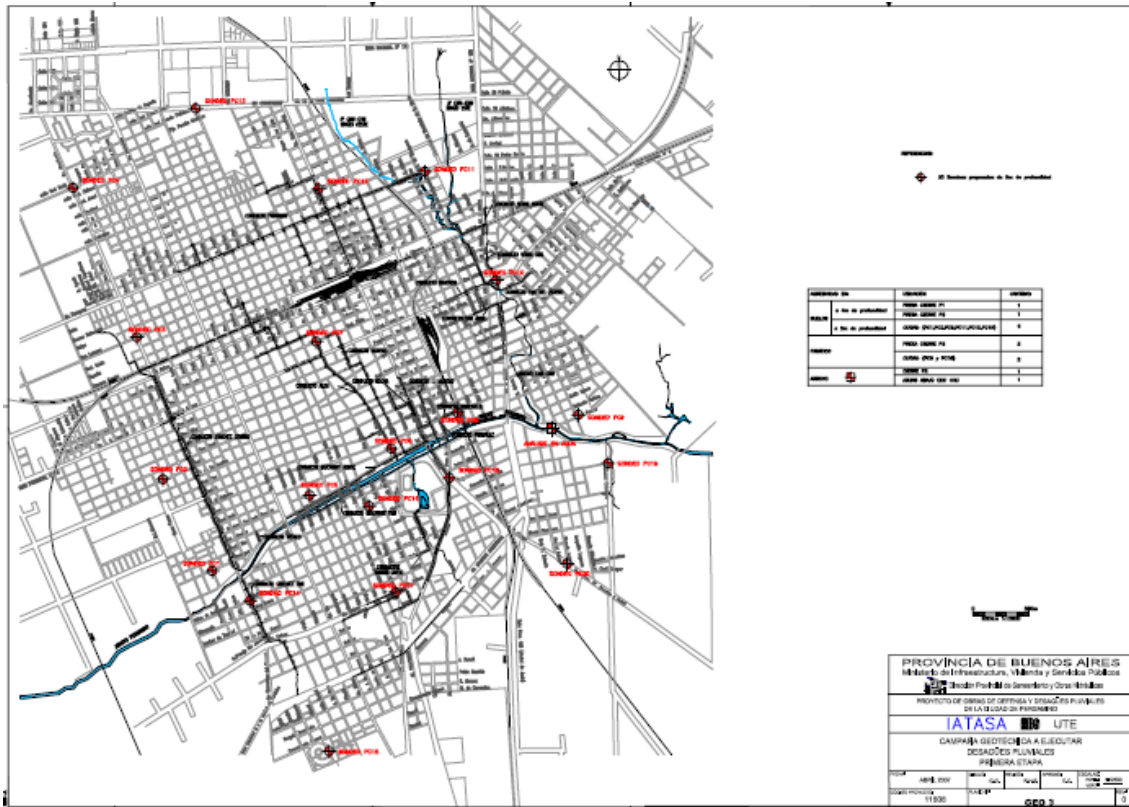
Sobre la base de la fotointerpretación y recorridos de control de campo, se confeccionó un mapa en escala 1:25.000, semiajustado con cartografía del IGM en escala 1:100.000.





En este plano se ubicaron los dos cierres propuestos en el estudio antecedente realizado por el INA, con el objeto de relacionar su posición con relación a las características geomorfológicas de la región.

La investigación geotécnica realizada en esta etapa estuvo básicamente destinada a caracterizar los sitios de implantación de las probables medidas estructurales a analizar posteriormente en la etapa de anteproyecto y selección de la alternativa más conveniente. Se investigaron los sitios de emplazamiento de las presas de regulación propuestas en el estudio antecedente del INA y la ciudad para caracterizar arealmente la misma. En las trazas de las presas se efectuaron diez (10) perforaciones, con un total de 60 metros de longitud y en la ciudad veinte (20) sondeos con una longitud total de 100 metros. Sobre las muestras extraídas se realizaron los siguientes ensayos y determinaciones: granulometría, límites de Atterberg, clasificación por el Sistema Unificado, contenido de humedad natural y ensayos triaxiales no consolidados no drenados en etapas múltiples. Asimismo se efectuaron análisis de agresividad de aguas y suelos.

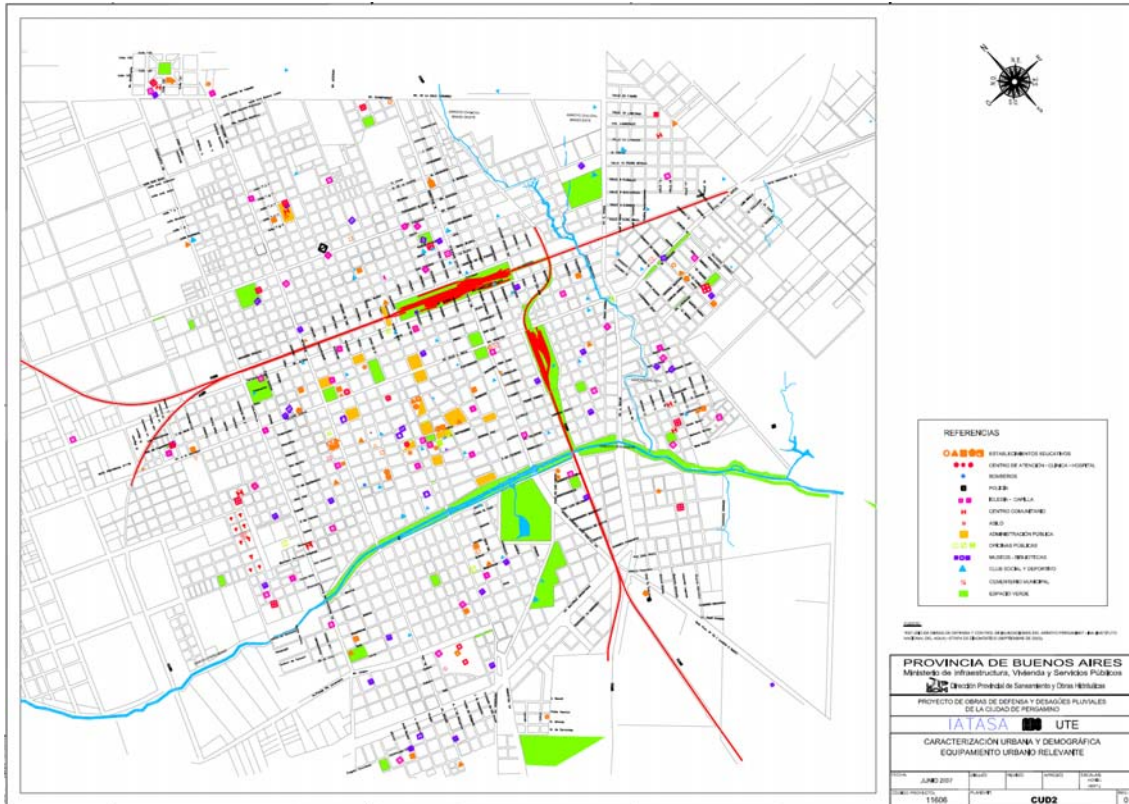


### **Caracterización Urbana y Demográfica**

Con el objetivo de contar con un panorama básico para el planteo y evaluación de medidas estructurales, se procedió a realizar una caracterización urbana y demográfica, que en una primera aproximación, fue realizada a nivel de partido y ciudad. Se analizó el área en estudio identificando las zonas de influencia de las inundaciones urbanas y sus causas. Se estableció la línea de base ambiental actual a partir del medio biótico (fauna, flora y cultivos) y el medio abiótico (suelos, agua, vientos, temperaturas y precipitaciones).

La caracterización urbano – demográfica se realizó a partir de la información censal del año 2001. De la misma surgieron datos de interés en relación con el impacto de las inundaciones, tales como la distribución de la población del partido (99.193 hab.) entre urbana (85.847 hab.) y rural (13.346 hab.) o que casi el 50% de la población es menor de 29 años y que algo más del 70% es menor de 49 años; las viviendas y sus cantidades clasificadas por tipo; la caracterización de la población económicamente activa; el nivel socio – económico de la población y proyecciones poblacionales, que permitieron estimar la población del partido en los años 2011 (algo más de 131.000 hab.), 2021 (algo más de 138.000 hab.) y 2031 (unos 145.00 hab.).

Sobre la base del catastro urbano disponible en ese momento y datos obtenidos del trabajo antecedente del INA, se confeccionó un plano indicativo del equipamiento urbano relevante.



**Estudios Hidrológicos**

Se profundizaron los estudios hidrológicos con relación a los efectuados en estudios anteriores y se desarrolló la modelación matemática hidrológica tanto rural como urbana.

Para la realización de los estudios efectuados, se ha contado con información pluviométrica y pluviográfica obtenida en la Administración del Agua de la Provincia (AdA), en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Dicha información se resume a continuación:

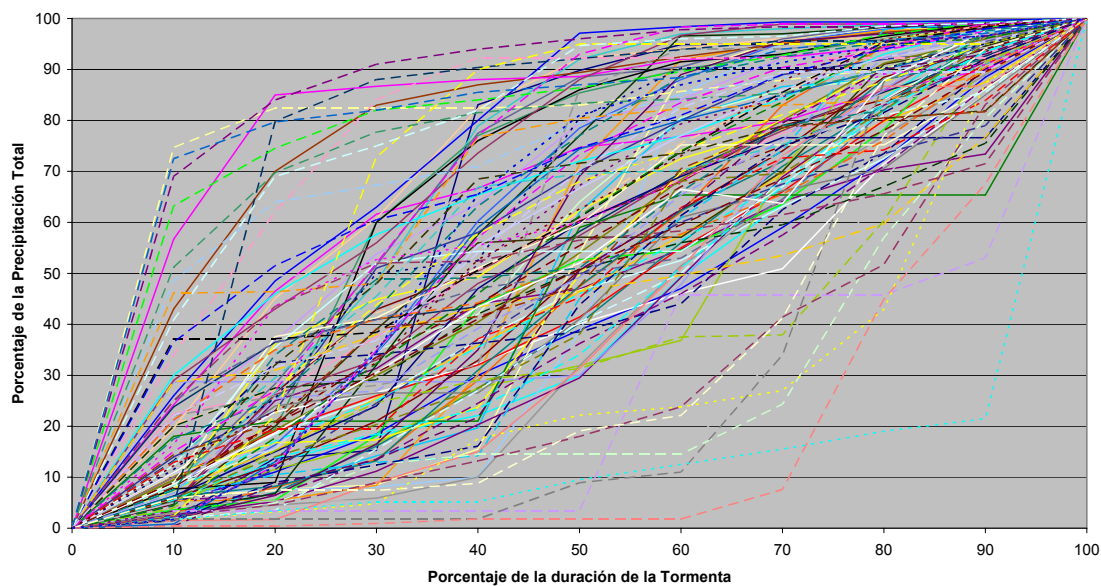
Nombre de la estación	Ubicación		Información	Período disponible	Fuente	Observaciones
	Lat.	Long.				
Pergamino	33°54'	60°35'	Pluviográfica	1972-95	AdA	Tormentas y Curvas I-d-R
Pergamino	33°56'	60°33'	Pluviográfica	Tormentas varias	INTA	Tormentas de Fecha: 6/1/01 - 9/2/01 1/3/01 – 8/4/01 26/5/01 – 13/5/02 14/10/02 – 8/11/02

Nombre de la estación	Ubicación		Información	Período disponible	Fuente	Observaciones
	Lat.	Long.				
<i>Pergamino</i>	33°56'	60°33'	diarios	1972-88	INTA	
<i>El Socorro</i>	33°39'	60°43'	diarios	1980-88	AdA - SMN	
<i>Colón</i>	33°53'	61°05'	diarios	1935-85	AdA - SMN	
<i>A. Mariano</i>	33°54'	60°50'	diarios	1936-79	AdA - SMN	
<i>Carabelas</i>	34°02'	60°52'	diarios	1980-88	AdA - SMN	
<i>Arroyo Dulce</i>	34°06'	60°24'	diarios	1935-88	AdA - SMN	
<i>Arrecifes</i>	34°04'	60°07'	diarios	1935-88	AdA - SMN	
<i>Ferré</i>	34°07'	61°08'	diarios	1912-88	AdA - SMN	
<i>Perez Millán</i>	33°46'	60°06'	diarios	1935-88	AdA - SMN	
<i>Rojas</i>	34°12'	60°44'	diarios	1935-88	AdA - SMN	
<i>Gral Arenales</i>	34°16'	61°17'	diarios	1911-91	SMN	
<i>Junín</i>	34°35'	60°57'	diarios	1911-91	SMN	
<i>Chacabuco</i>	34°38'	60°39'	diarios	1911-91	SMN	
<i>Salto</i>	34°17'	60°16'	diarios	1911-90	SMN	

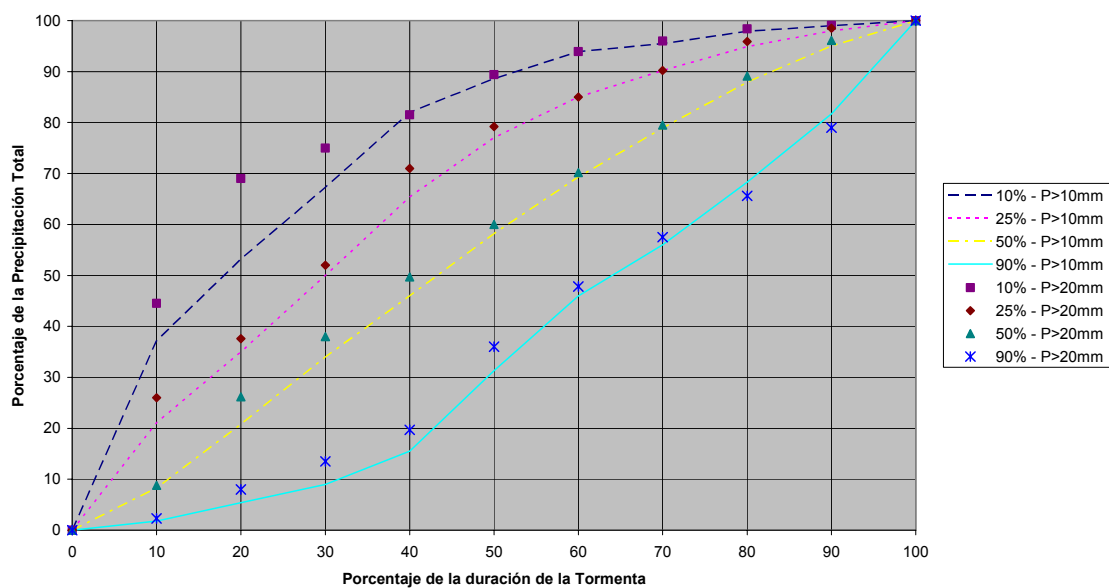
Con relación a esta información cabe mencionar que sobre la misma se han efectuado análisis de consistencia y relleno de series a nivel de dato diario, en particular en las estaciones pluviométricas que han sido empleadas tanto para la calibración como para la explotación del modelo matemático hidrológico continuo Hidroapi, se han efectuado rellenos en el año 1981 y en el período 1937-1964.

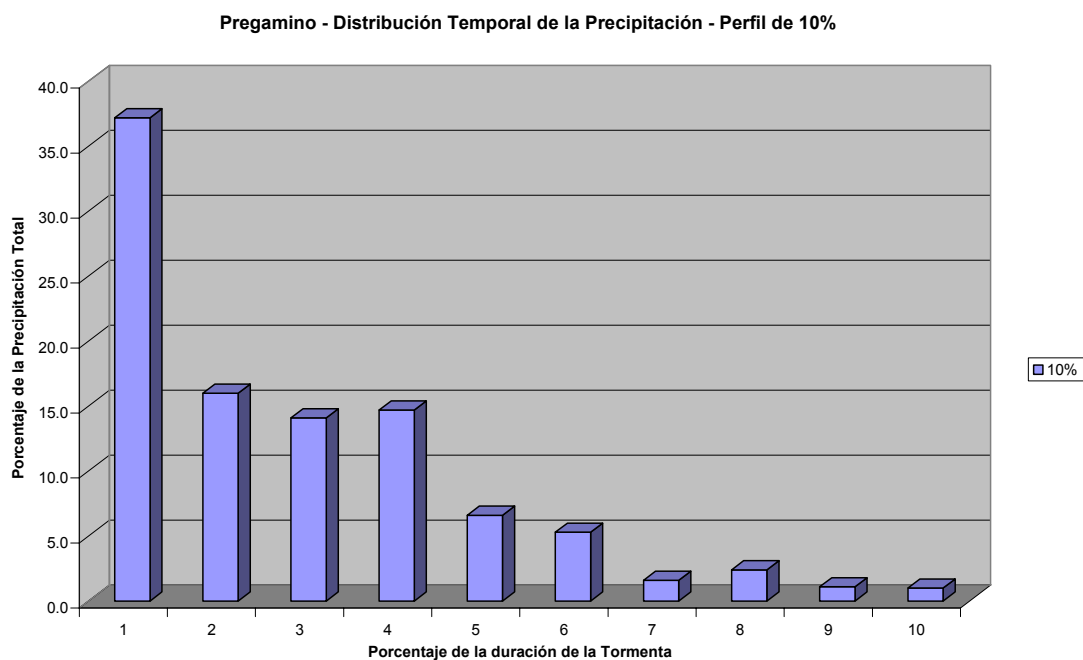
Dentro de los estudios hidrológicos realizados, se caracterizó, a partir de la información pluviográfica recopilada en la Administración del Agua de la Provincia (AdA) y en base a 119 tormentas, la distribución temporal de la precipitación:

**Pergamino**  
**Distribuciones Temporales Históricas**



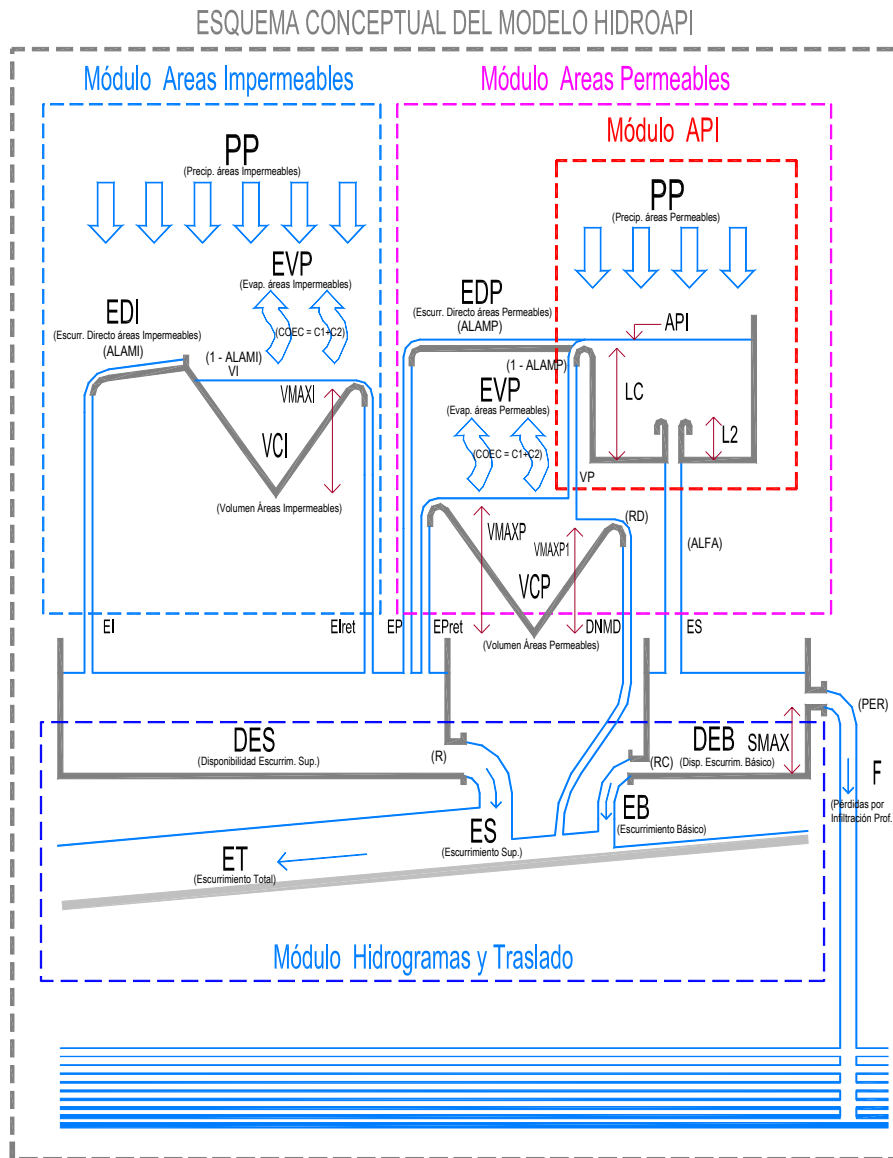
**Pergamino**  
**Distribuciones Temporales Típicas**



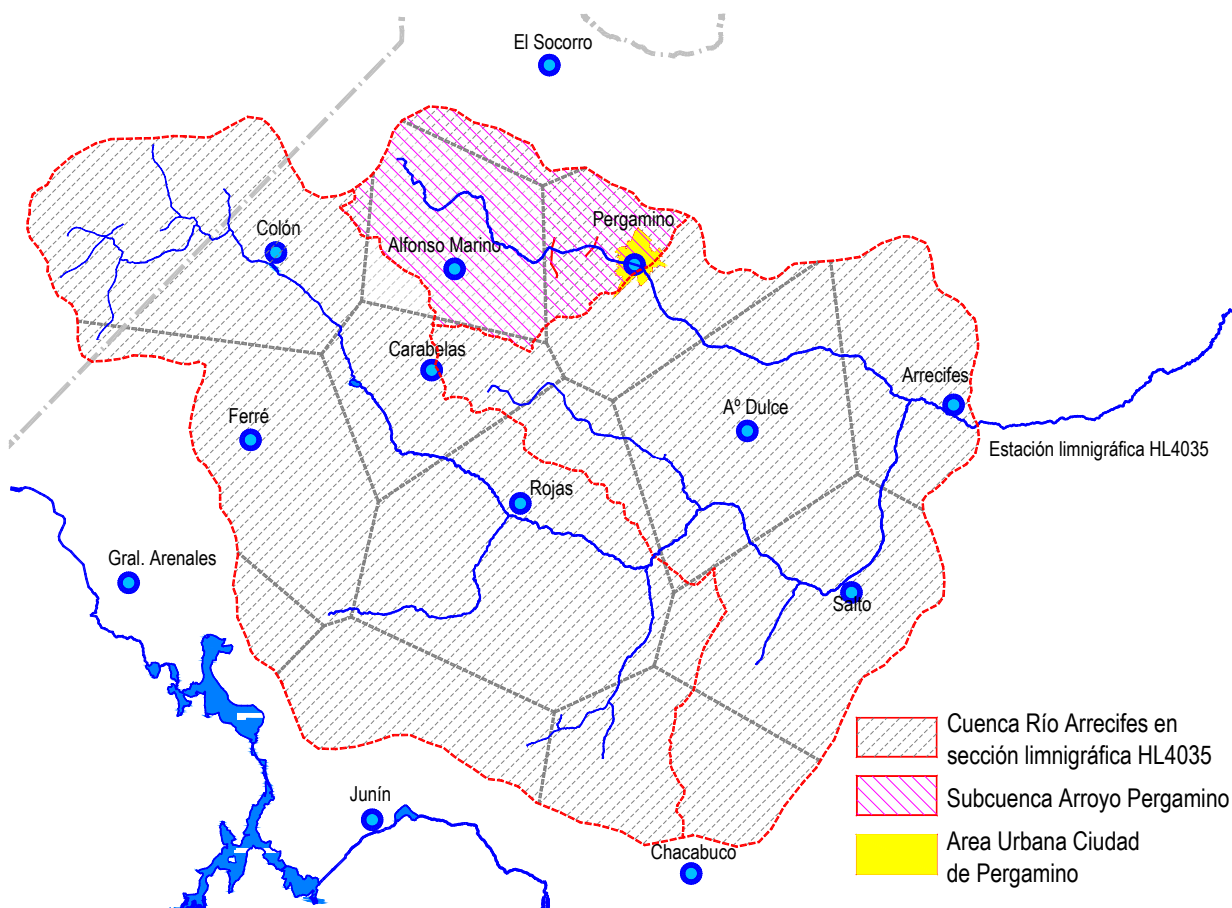


### **Modelación Hidrológica de la Zona Rural**

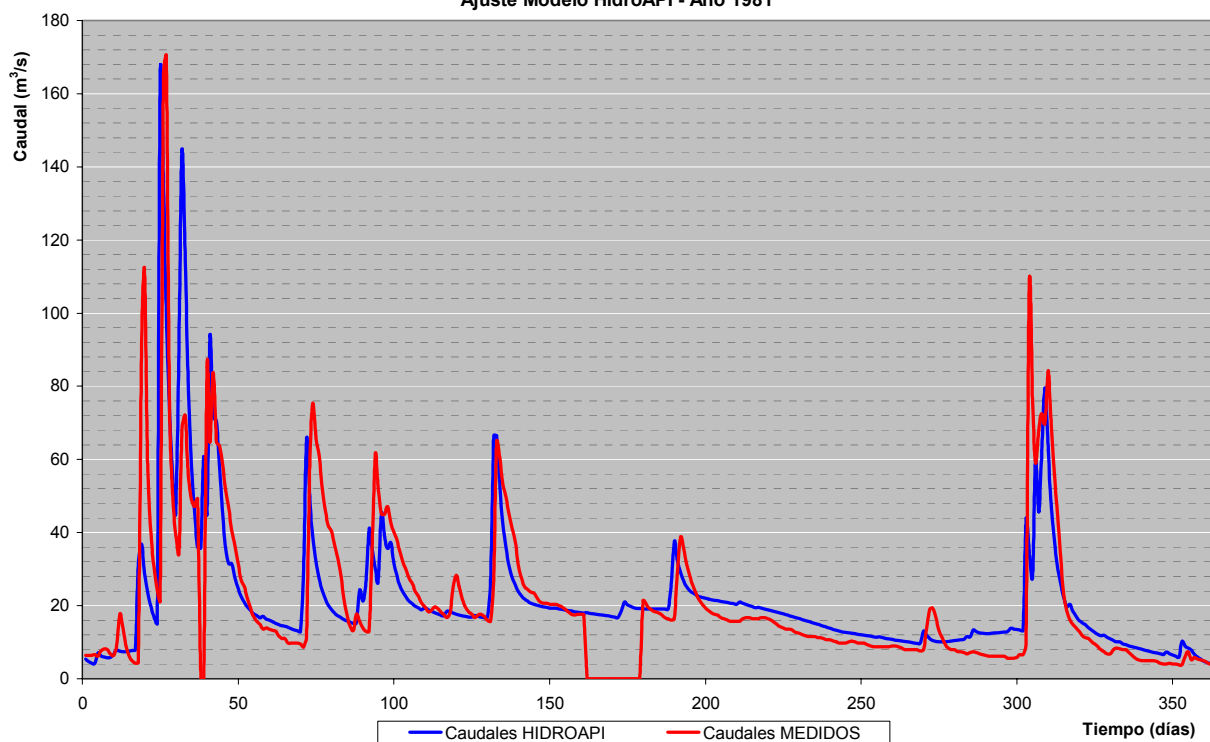
Para la modelación matemática hidrológica de la cuenca rural se empleó el modelo de transformación lluvia – caudal HIDROAPI, de desarrollo propio. El modelo es de tipo continuo y basa su esquema de transformación precipitación – lámina efectiva, en áreas permeables, en método del Índice de Precipitación Antecedente (API). Simula superficies permeables e impermeables en base a una esquematización del sistema físico efectuada por medio de almacenamientos lineales.



La calibración del modelo HIDROAPI se realizó en la cuenca del Río Arrecifes, de la cual el Pergamino forma parte. Se adoptó este criterio debido a que en dicha cuenca se disponía de datos limnigráficos en la sección HL4035 (AdA), con mediciones desde 1963 hasta 1998, lo que permitió, junto con la curva H-Q, obtener series continuas de caudales. Asimismo se contó con datos de precipitación en diferentes estaciones pluviométricas de la cuenca. Efectuados los análisis de consistencia de la información, se rellenaron las series de datos en algunos períodos faltantes y finalmente se decidió calibrar el modelo con el año 1981.



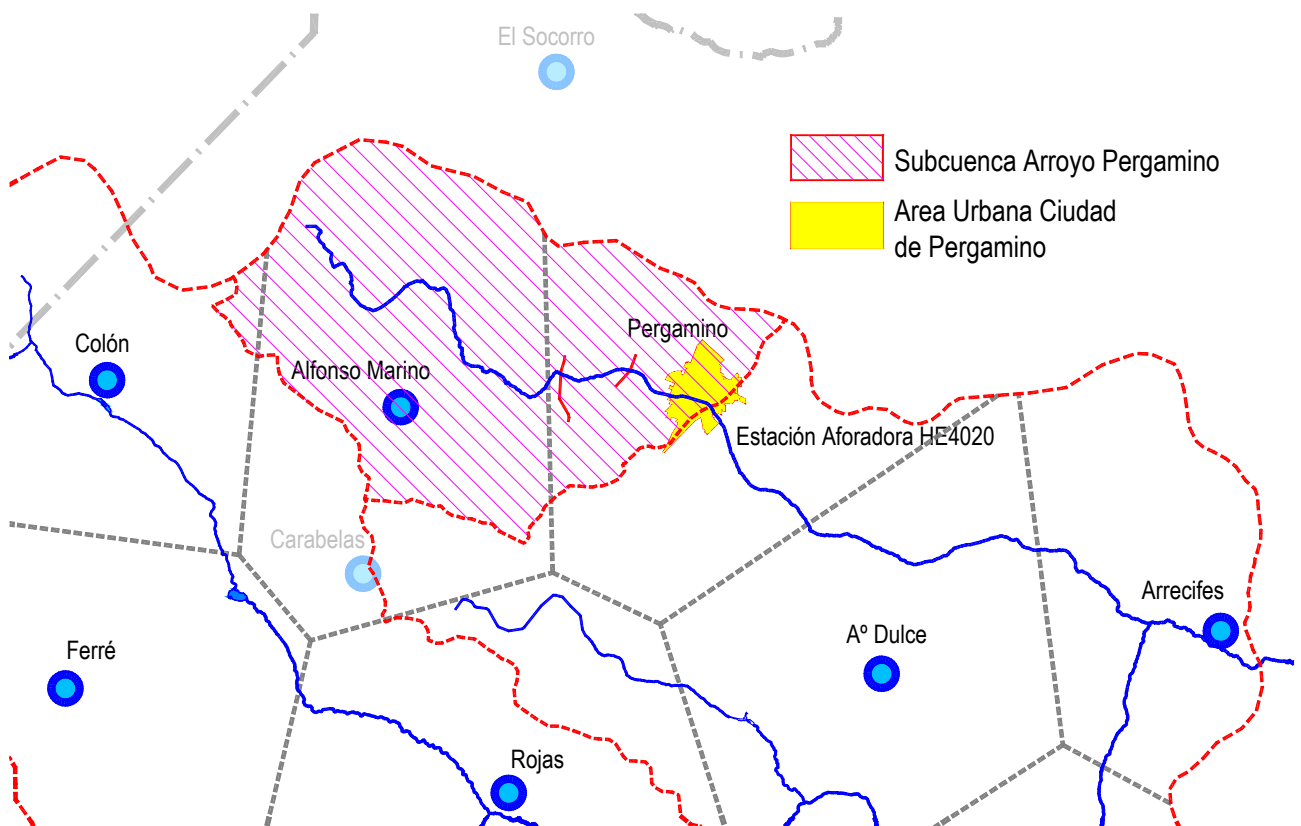
**Ajuste Modelo HidroAPI - Año 1981**



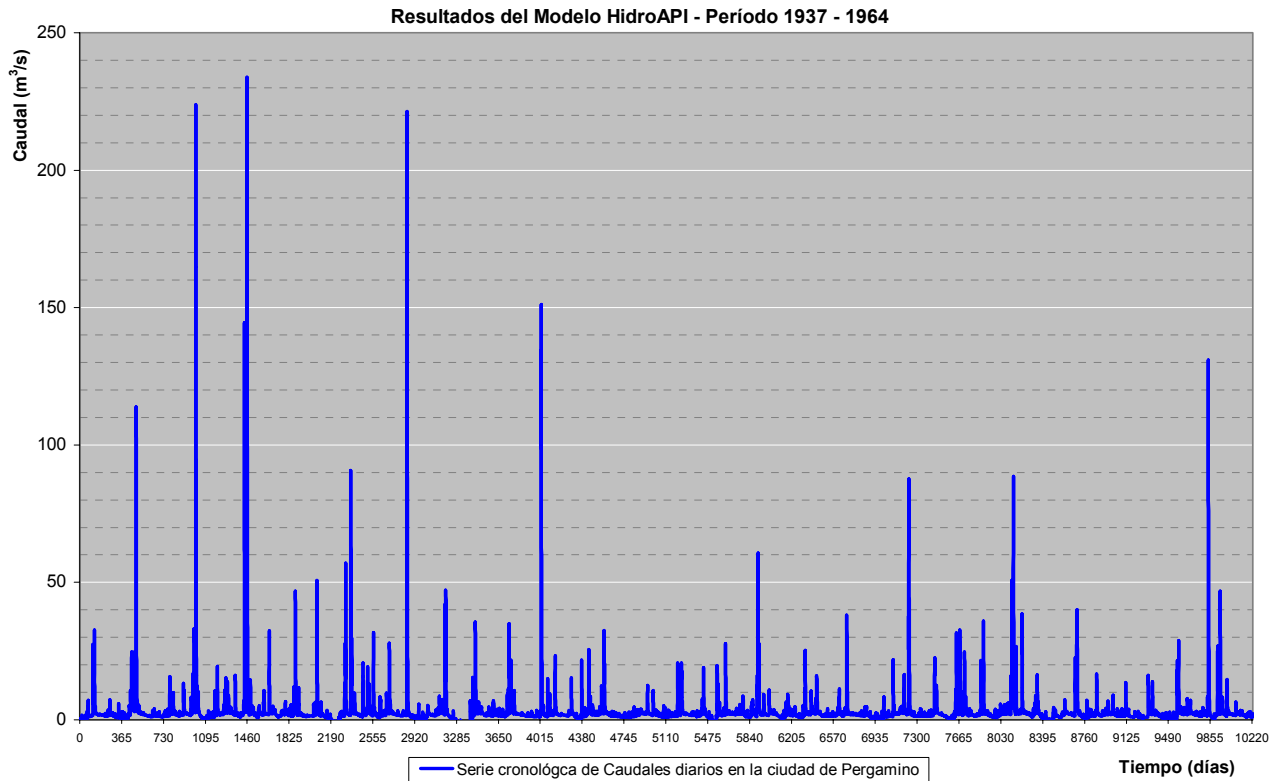


Una vez calibrados los parámetros del modelo, se utilizaron estos para obtener una serie cronológica de caudales aguas arriba de la ciudad de Pergamino, para ello se trazó la cuenca del arroyo Pergamino en la sección de aforos HE4020 del AdA. Esta subcuenca comprende las estaciones pluviométricas de Pergamino, Alfonso Marino, Colón, Carabelas y el Socorro. Debido a la falta de datos en el período de 28 años seleccionado (1937-1964) en las estaciones Carabelas y el Socorro, se redefinieron los polígonos de Thiessen que incumben a esta subcuenca, recalculando los parámetros correspondientes para poder correr el modelo.

La cuenca, con los polígonos redefinidos, eliminando las estaciones sin datos, quedó cubierta principalmente por las estaciones de Pergamino y Alfonso Marino y una pequeña porción por Colón.



A partir de los datos pluviométricos de las estaciones correspondientes a estos tres polígonos, se generó, por medio del modelo HIDROAPI, una serie continua de caudales diarios para un período de veintiocho (28) años (1937 – 1964).

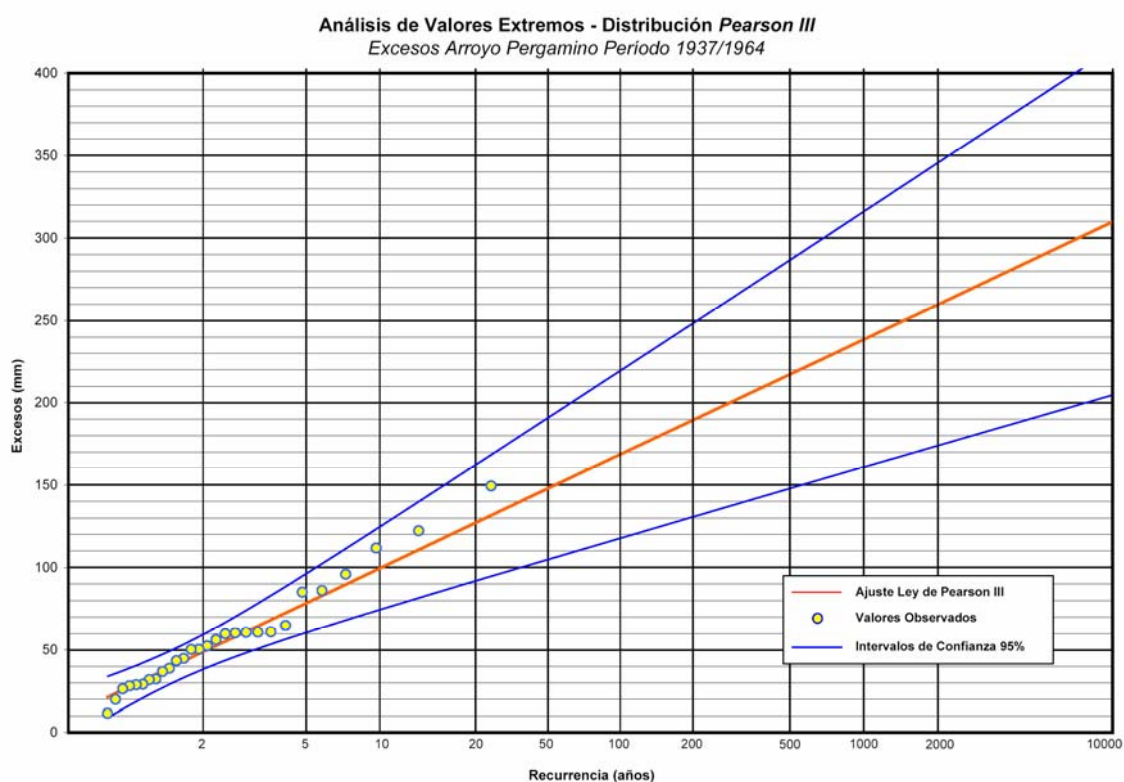


Para la definición de los eventos extremos de diseño y verificación de las medidas estructurales a ser analizadas, con relación a las crecidas por el arroyo, se adoptó el siguiente criterio. Se identificó la serie de excesos superficiales diarios máximos anuales generados con el modelo HIDROAPI:

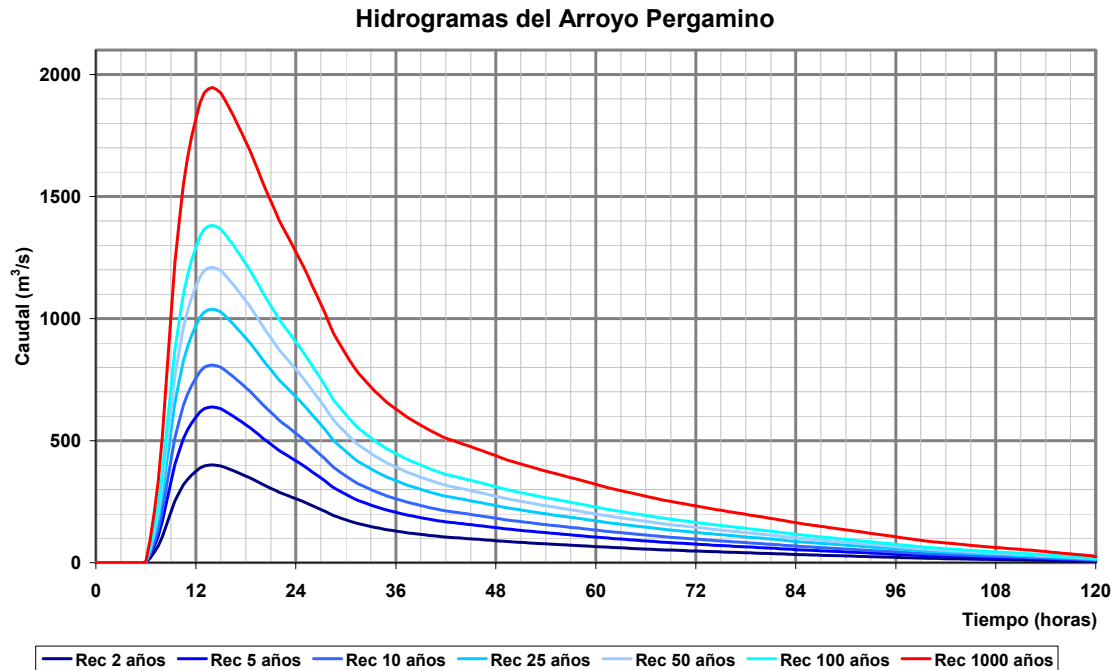
Fecha	Exceso (mm)	Fecha	Exceso (mm)
02/01/37	149.34	13/06/46	50.44
29/12/40	122.22	12/07/41	50.32
08/05/38	111.78	19/10/60	44.82
11/12/63	95.93	02/06/56	43.47
24/10/44	86.14	29/05/57	38.80
02/04/59	85.15	09/05/51	36.86
20/09/45	64.90	17/06/49	32.31
02/06/52	60.97	11/04/61	31.89
01/09/42	60.78	25/04/55	29.14
08/01/48	60.70	11/03/53	28.85
04/01/58	60.36	09/08/62	28.22
06/10/43	59.83	01/08/54	26.36
23/03/64	56.27	10/05/37	20.07
02/04/47	52.51	22/07/50	11.65

La serie anterior fue analizada con distintas leyes de distribución de valores extremos. La distribución Pearson III fue considerada como la de mejor ajuste:

Recurrencia años	Excesos mm
2	49
5	78
10	99
25	127
50	148
100	169
1000	238

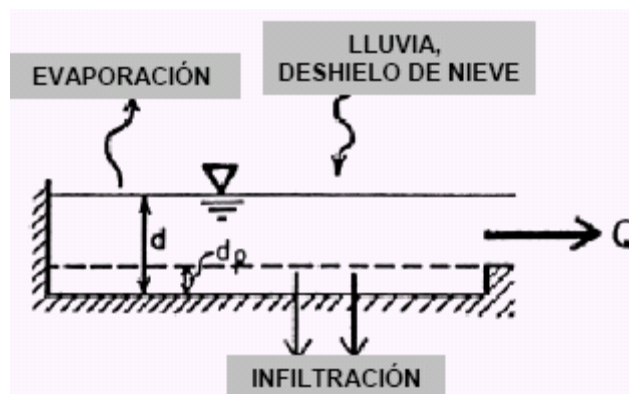


Para realizar la transformación de excesos superficiales en caudales, se optó por generar un hidrograma unitario (H.U.) a partir del hidrograma de crecida obtenido en el trabajo antecedente del **INA**. Los hidrogramas de crecida atribuidos por esta metodología a diferentes períodos de retorno resultaron:



### Modelación Hidrológica de la Zona Urbana

La modelación del área urbana fue realizada mediante el empleo del modelo matemático hidrológico e hidrodinámico “Stormwater Management Model” (SWMM) de la “United States Environmental Protection Agency” (EPA). Este modelo presenta un conjunto “flexible” de herramientas que permiten simular, adecuadamente, un sistema dual de desagües pluviales. Es decir un sistema en el que se contempla tanto la red de calles (Sistema Mayor), como la red de conductos (Sistema Menor). El SWMM es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que puede ser utilizado para un único evento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. Básicamente el Modelo SWMM de la EPA dispone de dos módulos operativos, un “Módulo de Escorrentía o Hidrológico” y un “Módulo de Transporte o Hidráulico”. El “Módulo Hidrológico” funciona con una serie de superficies las cuales al ser “excitadas” mediante un evento de precipitación generan escorrentía. La visión conceptual del fenómeno de escorrentía utilizado por el SWMM se ilustra en el siguiente esquema:



Cada una de las superficies se trata como un “depósito no lineal”. Los aportes de caudales provienen de la precipitación y de cualquier otra superficie situada aguas arriba. La capacidad de este “depósito” es el valor máximo de un parámetro denominado almacenamiento en depresión (dp). Cuando la profundidad del agua (d) en este depósito excede dicho valor máximo, se produce la escorrentía superficial Q (por unidad de área). El caudal de salida se obtiene por aplicación de la ecuación de Manning. La profundidad de agua (d) se actualiza continuamente en cada uno de los instantes de cálculo mediante la resolución numérica del balance de caudales en la cuenca. Las cuencas pueden dividirse en subáreas impermeables y subáreas permeables. Las subáreas impermeables pueden dividirse a su vez en dos: una que contiene el almacenamiento en depresión y otra que no lo contempla.

Para la determinación de la escorrentía producida en las distintas subáreas, el SWMM permite seleccionar el modelo de transformación lluvia-escorrentía a emplear. Los métodos de transformación lluvia-escorrentía que pueden ser utilizados por el modelo son el Método de Horton, el de Green & Ampt y el Método del Número de Curva (CN).

El “Módulo Hidráulico” del SWMM analiza el transporte de la lámina de agua o escorrentía (generada en las distintas superficies que definen las cuencas de aporte), a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento, bombas y elementos reguladores. El transporte de agua por el interior de cualquiera de los conductos representados en SWMM está gobernado por las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento, tanto para el flujo gradualmente variado como para el flujo transitorio (ecuaciones de Saint Venant). El usuario puede seleccionar el modelo hidráulico de transporte, que puede ser: Modelo de Flujo Uniforme, Modelo de la Onda Cinemática o Modelo de Onda Dinámica.

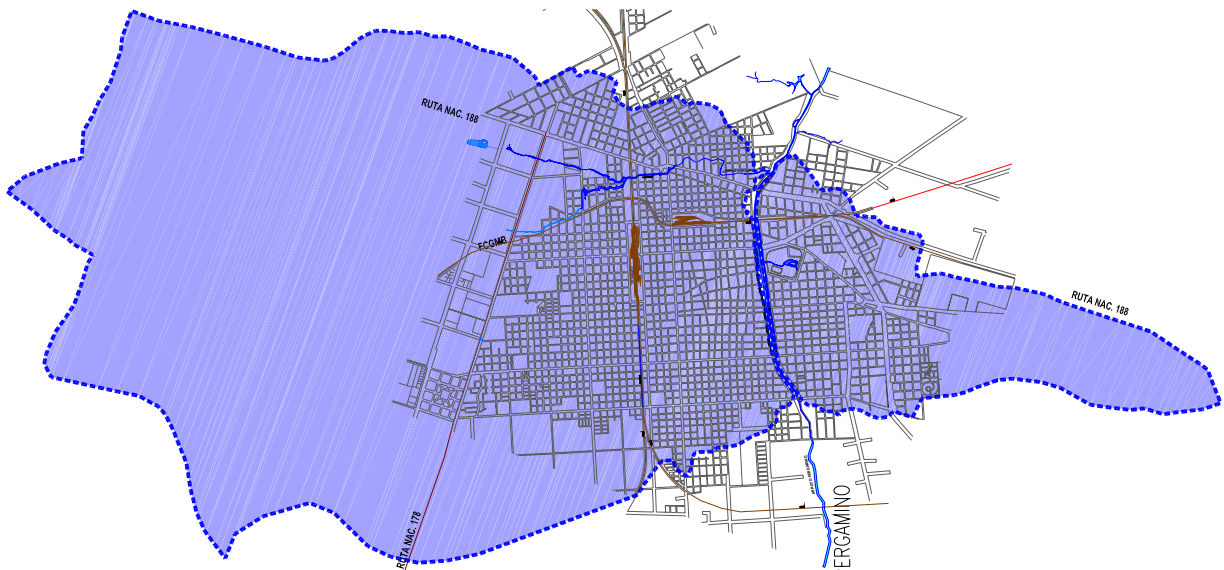
Tal como habitualmente sucede en este tipo de estudio (modelaciones matemáticas de cuencas urbanas), no se contó con información de base que permitiese efectuar una “calibración” en términos estrictos, pero se contó con información secundaria de las consecuencias sobre la ciudad de ciertos eventos históricos de precipitación, lo que permitió una verificación de la modelación realizada. La información utilizada fue de tipo “indirecta”, ya que se basa en la consulta a los propios afectados (información antecedente aportada por la Comisión de Seguimiento de Obras Pluviales de Pergamino – C.O.S.O.P.PER -). Se contó información pluviográfica de la estación Experimental del INTA correspondiente a distintas tormentas (6 de enero de 2001, 9 de febrero de 2001, 1º de marzo de 2001, 8 de abril de 2001, 26 de mayo de 2001, 13 de mayo de 2002, 14 de octubre de 2002 y 8 de noviembre de 2002), de todas ellas se modelaron las tres más intensas (9/2/01, 1/3/01 y 13/5/02) y una de baja intensidad (6/1/01).

El análisis de consistencia efectuado mostró que la modelación reproducía satisfactoriamente, tanto planimétrica como altimétricamente los efectos de los eventos de precipitación considerados, cubriendo situaciones de alta a baja intensidad de precipitación, lo que aseguró la representatividad de la modelación, aún en rangos amplios (eventos de período de retorno comprendidos entre los 2 y los 100 años).

### **Planteo General del Problema**

La ciudad de Pergamino forma parte de una cuenca que aporta al arroyo homónimo en el tramo urbano del mismo. Esta cuenca es de aproximadamente 5600 hectáreas, algo

más de la mitad de las cuales corresponden al sector rural que circunda a la ciudad por el norte y el sur de la misma.



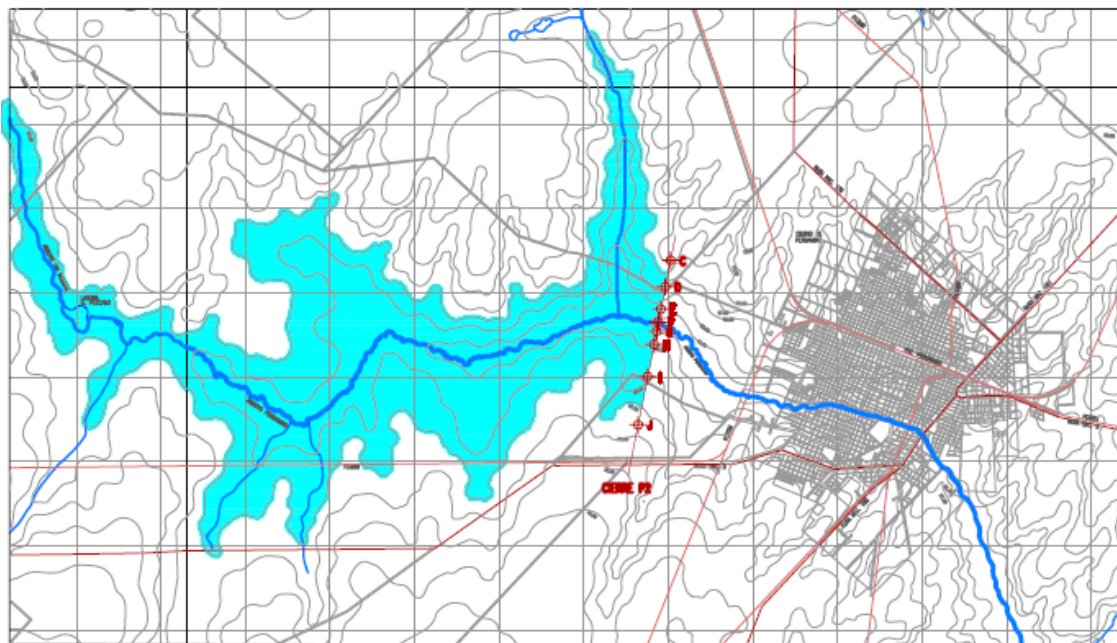
Del análisis morfológico de este sector de la cuenca surgió claramente que no presenta problemas estructurales que dificulten la posibilidad de disponer de una red adecuada de desagües. Esto es así dado que la planta urbana presenta pendientes que habilitan para una gran libertad de diseño de sus redes de desagües. De un primer análisis del estado actual se identificaron dos problemas principales:

- La falta de capacidad de las redes de desagües pluviales existentes junto con la falta de redes en algunos sectores y
- La presencia del curso de agua que atraviesa la ciudad. Este curso, en sus estados de aguas altas, provoca inundaciones dentro del casco urbano y una merma en la capacidad de descarga de los sistemas de conductos pluviales existentes. Hasta hoy, para ir solucionando los problemas pluviales, se han seguido los pasos tradicionales que se plantean frente a esquemas de este tipo: desarrollo de sistemas de conductos pluviales, construcción de terraplenes de defensa longitudinal y uso de compuertas de retención en las bocas de descarga. Más allá de problemas dimensionales de los sistemas de conductos o de corregibles detalles en la geometría de los terraplenes de defensa, estas soluciones funcionan adecuadamente en todos los casos excepto para las situaciones en las cuales los niveles altos del arroyo coinciden con precipitaciones dentro del área urbana.

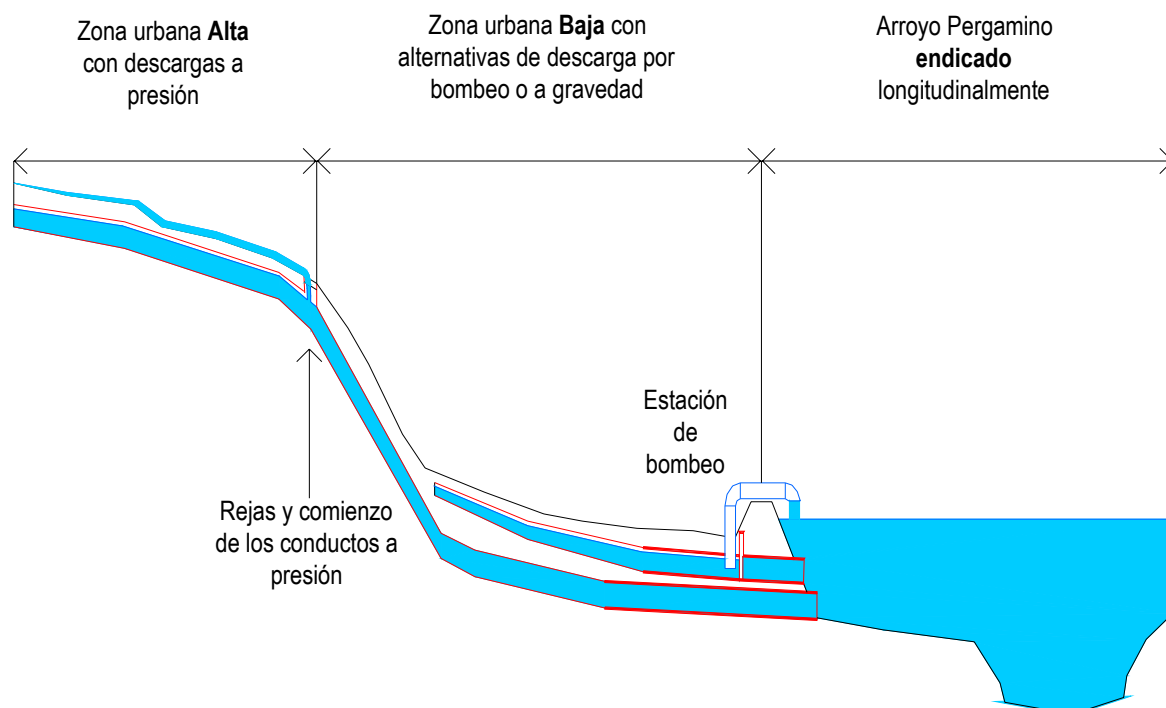
Se llegó a la conclusión de que un adecuado sistema de desagües para la ciudad debería permitir un funcionamiento eficiente de los mismos para combinaciones de caudales altos en el arroyo y precipitaciones en la ciudad. A partir de este principio quedaron planteadas dos líneas de medidas estructurales a analizar:

- **Con obras de regulación.** Obras de regulación sobre el arroyo Pergamino, aguas arriba de la ciudad, capaces de asegurar niveles de agua lo suficientemente

deprimidos frente a la misma de manera tal de impedir los desbordes del curso, permitiendo el funcionamiento eficiente de la red urbana de desagües pluviales.



- **Sin obras de regulación.** Esquema actual al que se le agregan obras para garantizar las descargas contemporáneamente con los niveles elevados de las aguas del arroyo (estaciones de bombeo). Mejora en los niveles y condición de los terraplenes longitudinales existentes.



### **Anteproyecto de las Obras - Selección de la Alternativa más Conveniente**

Se anteproyectaron y analizaron distintas alternativas de medidas estructurales basadas en los esquemas indicados anteriormente (con obras de regulación y sin obras de regulación).

En la alternativa con obras de regulación, se consideraron diferentes ubicaciones de presa y diferentes volúmenes de regulación, tomando en consideración las conclusiones, referidas a estos aspectos, volcadas en “Estudio de Obras de Defensa y Control de Inundaciones del Arroyo Pergamino” realizado con anterioridad por el Instituto Nacional del Agua (INA).

En la alternativa sin obras de regulación, se plantearon diferentes capacidades de bombeo de las estaciones hasta alcanzar un grado de mitigación equivalente al conseguido en la alternativa con obras de regulación.

En ambos casos se consideró el refuerzo y complementación de la red de desagües pluviales existente, todo ello teniendo en cuenta un grado de desarrollo urbano correspondiente a un horizonte de 25 años. Se realizaron los siguientes trabajos:

#### **Información y Relevamientos Topográficos**

Se recopilaron y analizaron distintos relevamientos que abarcaban el sector urbano. Las incoherencias surgidas de dicha revisión obligaron a realizar un nuevo relevamiento cubriendo el sector urbano, apoyado en puntos fijos del IGM y cubriendo unas 2750 hectáreas, entre zonas urbanas y suburbanas. Se elaboró la cartografía básica en escala 1:5000. Complementariamente se relevaron cunetas, zanjas, embocaduras y desembocaduras de alcantarillas, sumideros, etc., con sus dimensiones correspondientes. En el tramo urbano del cauce del arroyo Pergamino, entre el Boulevard F. Sánchez y la Ruta N° 8-188, se relevaron perfiles transversales cada 200 metros. A partir de la Ruta N° 8-188 hacia aguas abajo, en una longitud de 8 Km, se levantaron perfiles del arroyo cada 500 m. A partir del Boulevard Florencio Sánchez hasta la zona de probable materialización de la obra de regulación, aproximadamente 9 Km, el A° Pergamino, se relevó en igual forma que la descrita en el parrafo anterior para el tramo aguas abajo de la Ruta N° 8- 188. En las zonas de probable emplazamiento de la obra de regulación y en la zona del vaso de embalse, a fin de contar con la información básica necesaria para cuantificar volúmenes de embalse disponibles, se realizó un vuelo fotogramétrico y un apoyo topográfico post-vuelo. Con dicha información se confeccionó la restitución altimétrica tanto de la zona de la presa como del embalse, la cual consistió en la determinación de una grilla de cuatro puntos por hectárea y la restitución planialtimétrica de todos los elementos de interés, como ser caminos, ferrocarriles, alambrados, casas, cursos de agua, etc.

Todos los relevamientos topográficos fueron referidos planimétricamente a coordenadas Gauss-Krüger (Sistema Inchauspe) y altimétricamente al cero del I.G.M.

#### **Información y Relevamientos Geotécnicos**

Se contó con la información antecedente del estudio del INA (4 perforaciones con ensayos “in situ” y de laboratorio sobre la traza de una de las presas propuestas en



dicho estudio). Por otra parte, se realizaron 10 perforaciones de longitud variable entre 5 y 12 metros, en correspondencia con las trazas de los ejes de las dos alternativas de presa analizadas. En la ciudad se efectuaron 20 perforaciones de 5 metros de longitud. En todos los casos se realizaron ensayos “in situ” y de laboratorio.

### **Dimensionamiento Hidráulico y Análisis del Funcionamiento de las Alternativas**

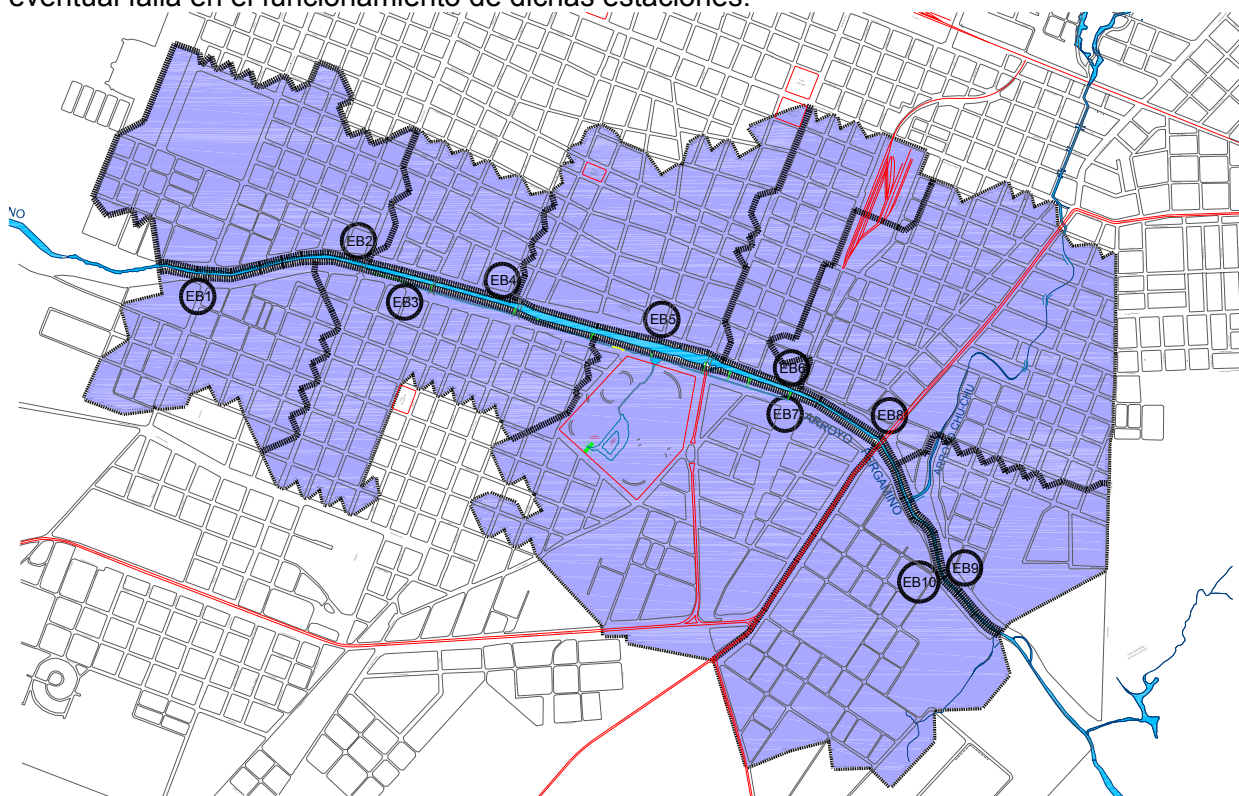
Con las herramientas de simulación disponibles, modelos HIDROAPI y SWMM, se procedió a dimensionar las alternativas de obras planteadas. Dicho dimensionamiento se realizó de manera tal de generar una mitigación similar en todos los casos. Los criterios de diseño fueron los de regular la crecida de 100 años de recurrencia por el arroyo, o generar las condiciones para su paso por la ciudad sin desbordes (terraplenes laterales), y complementar la red de desagües pluviales existente, de forma tal de lograr un funcionamiento adecuado para un evento de lluvia intensa sobre la ciudad atribuible a un período de retorno de 5 años.

Se modelaron tres situaciones en el horizonte de desarrollo de la ciudad de 25 años; ellas fueron: sin obras (estado actual), con obra de regulación y red pluvial adecuada y endicamiento lateral con estaciones de bombeo y red pluvial adecuada. Para la cuantificación del grado de mitigación logrado con cada alternativa, se utilizó un parámetro establecido como la suma de todos los niveles máximos por sobre los umbrales de las viviendas. El nivel de umbral fue estimado como 0.15 m por sobre el nivel de calle. La eficiencia de cada alternativa fue establecida en términos porcentuales con relación a la afectación sin obras, y para eventos comprendidos entre 5 y 100 años de recurrencia. En el caso de la alternativa con obra de regulación resultó:

#### **Eficiencia (%)**

<b>Recurrencia (años)</b>	<b>Con Sistema de Desagües y Presa</b>
5	99
10	98
25	95
50	94
100	92

La alternativa sin obras de regulación comprendió diez estaciones de bombeo a lo largo de los terraplenes de defensa de la ciudad. En la eficiencia se consideró la eventual falla en el funcionamiento de dichas estaciones.



Estación de bombeo	Calle	Margen	Área has	Caudal m <sup>3</sup> /s	nº Bombas	Qunitario m <sup>3</sup> /s
EB1	Florencio Sánchez	Derecha	45.5	4.20	3	1.50
EB2	Colón	Izquierda	77.2	9.50	5	2.00
EB3	Rivadavia	Derecha	61.7	5.60	3	2.00
EB4	9 de Julio	Izquierda	28.6	4.60	3	1.50
EB5	Moreno	Izquierda	65.8	10.00	5	2.00
EB6	Montevideo	Izquierda	40.4	4.00	4	1.00
EB7	Montevideo	Derecha	120.8	6.50	3	2.00
EB8	A° Chu Chu	Izquierda	116.5	9.50	5	2.00
EB9	Ricardo Güiraldes	Izquierda	38.8	3.50	4	1.00
EB10	Ricardo Güiraldes	Derecha	85.2	7.00	5	1.50
			<b>680.5</b>	<b>64.40</b>		<b>66.5</b>

Eficiencia (%)

Recurrencia (años)	Con Sistema de Desagües y Estaciones de Bombeo	Con Sistema de Desagües y Falla del Bombeo
5	99	91
10	98	87
25	94	82
50	91	79
100	73	47

### ***Predimensionamiento Estructural de las Alternativas***

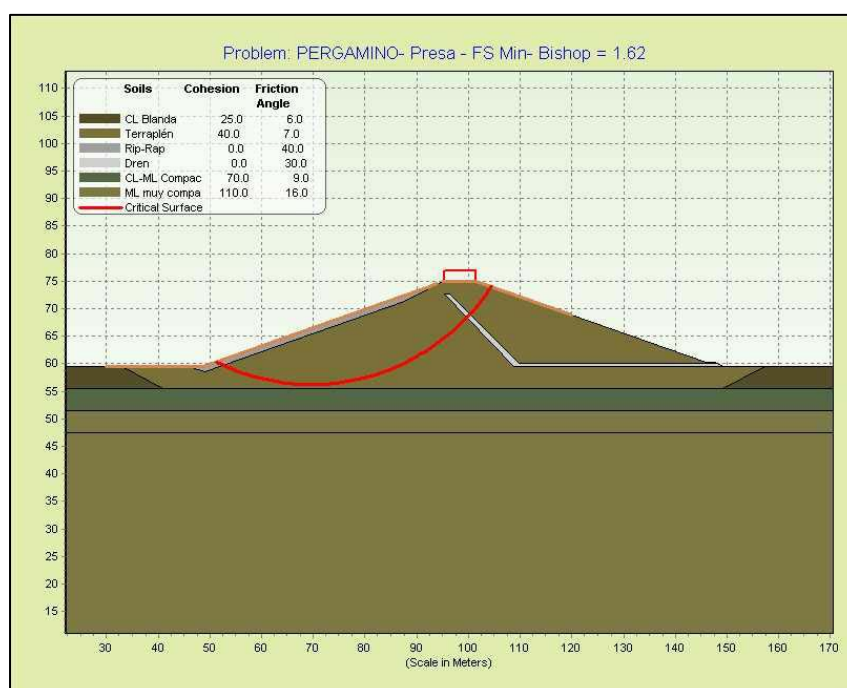
Tuvo por objetivo establecer los elementos básicos para permitir la definición de los costos correspondientes a cada una de las alternativas. Es decir la definición de dimensiones y materiales componentes, de forma tal de permitir computar, para luego presupuestar, cada alternativa para su posterior comparación. La definición estructural fue realizada, mayormente, a nivel de anteproyecto, aunque en algún caso particular se avanzó más allá de dicho grado de definición.

El predimensionamiento contempló dos tipos de estructuras: las de hormigón y las de suelos; estas últimas corresponden, fundamentalmente, a la presa de materiales sueltos prevista en la alternativa con obra de regulación. La cota de coronamiento de la presa fue establecida (por resguardo ante oleaje) en 72.00 IGM, con un vertedero de 50 metros de longitud y un descargador de fondo compuesto por dos secciones de 3.20 m x 1.80 m.

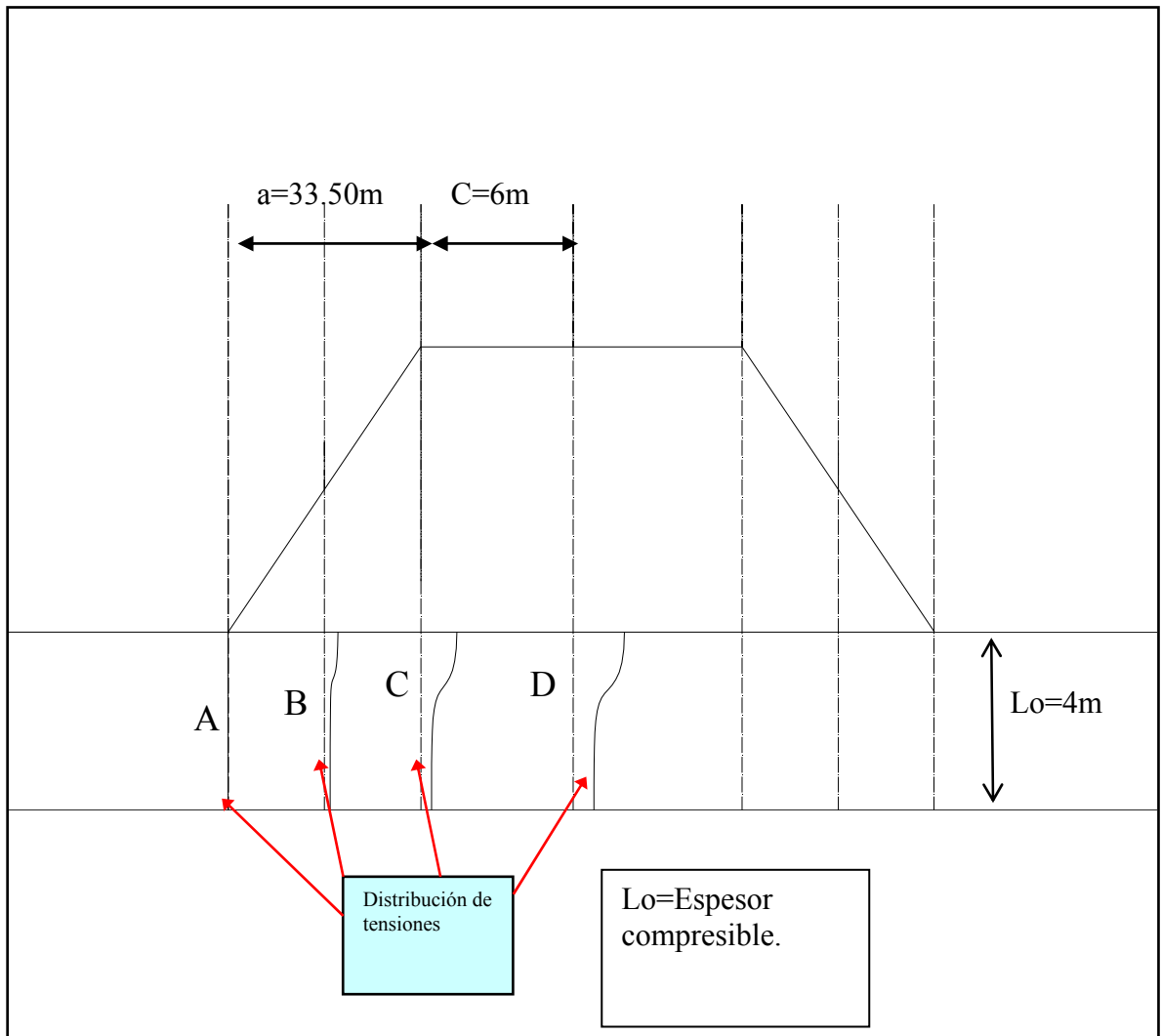
Con respecto a las estructuras de hormigón se predimensionaron espesores y armaduras, en algunos casos en base a cálculos específicos, en otros en base a la adopción de cuantías típicas. Para el cálculo de los conductos de la red pluvial, se consideraron cargas permanentes de peso propio y relleno, empujes horizontales de los suelos, con y sin influencia del nivel freático y sobrecargas móviles (tren de cargas establecido por la DiPSOH).

En el predimensionado de la presa se efectuaron los siguientes análisis:

- Estabilidad Global de la Presa al Deslizamiento: los análisis de estabilidad de taludes al deslizamiento se efectuaron utilizando el programa STABL for Windows 3.0, elaborado por la Universidad de Purdue (EEUU). Se consideraron desembalses rápidos finalizada la construcción y a largo plazo.



- **Análisis de Filtraciones:** Se consideró el coeficiente de permeabilidad del cuerpo de la presa igual a la permeabilidad de los suelos de la fundación con un valor de  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s. Se trazó la red de escurrimiento con líneas equipotenciales y líneas de corriente tanto para el terraplén, como para la fundación.
- **Asentamiento de Fundaciones:** se consideraron cuatro secciones, en correspondencia con la parte central de la presa (D), el extremo superior del talud (C), la mitad del talud (B) y con el pie del talud (A).



### **Cómputo y Presupuesto**

Se computaron y presupuestaron las dos alternativas en análisis. El cómputo se realizó a partir de la definición de los ítems considerados en cada caso y de los planos de las obras, todas ellas definidas a nivel de anteproyecto. Con respecto a los precios unitarios aplicados, algunos de ellos, los más usuales, fueron obtenidos por medio de los correspondientes análisis de precios, en tanto que otros surgieron de precios de referencia de mercado.

### **Sistema con regulación**

Presa de regulación de materiales sueltos, con cota de coronamiento estimada en 72.00 m IGM y taludes 1:3, ubicada aguas arriba de la ciudad de Pergamino (a unos 3 km). La presa posee un orificio de regulación de dos celdas ( $2 \times 3.20 \text{ m} \times 1.80 \text{ m}$ ), un vertedero de 50 metros de longitud con su respectivo cuenco dissipador y una protección contra oleaje (rip-rap) en el talud de aguas arriba. El sistema se completa con una red de conductos de desagües pluviales que se desarrolla en la zona urbana en ambas márgenes del arroyo Pergamino.

### *Sistema sin regulación*

Comprende la adecuación y alteo del actual terraplén de defensa de la ciudad, diez (10) estaciones de bombeo con potencias instaladas comprendidas entre los 280 y 700 kW y una red de conductos de desagües pluviales que se desarrolla en toda el área urbana.

El precio estimado, a nivel de anteproyecto, para cada una de las alternativas resultó:

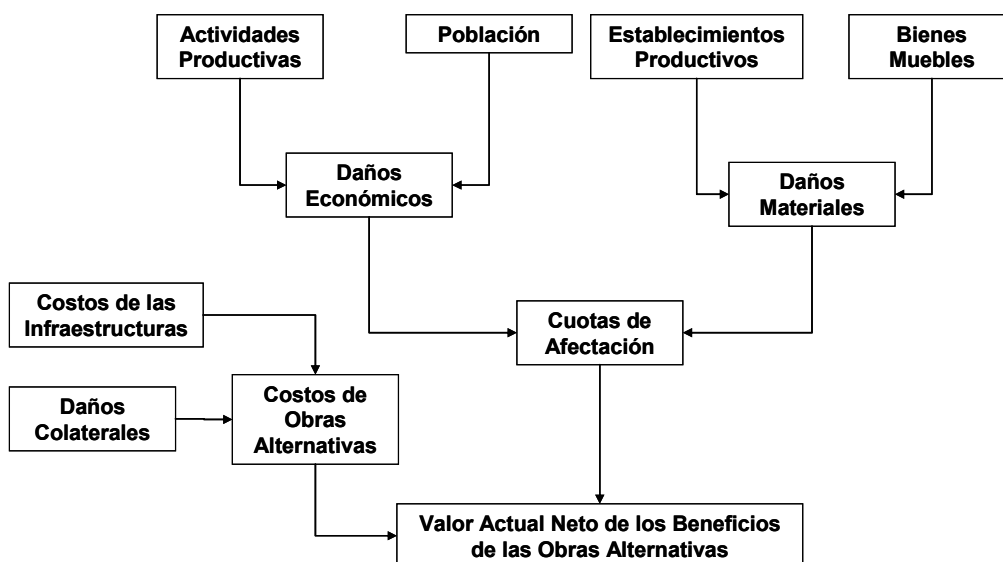
Sistema con Regulación: \$ 209.197.094,73

Sistema sin Regulación: \$ 208.639.183,65

### **Evaluación Económica y Social**

Los proyectos de inversión generan múltiples efectos. La evaluación privada capta aquellos relevantes desde el punto de vista del inversor o accionista. Por el contrario, la disciplina que intenta medir y evaluar el conjunto total de efectos es la evaluación social de proyectos. Esta consiste en analizar el proyecto con la metodología habitual del análisis costo-beneficio, pero ampliando el enfoque de manera que no se circunscriba al impulsor directo del proyecto. En otras palabras, el enfoque social es un enfoque de la totalidad, y es un enfoque orientado a medir primariamente la generación de riqueza producida por el proyecto.

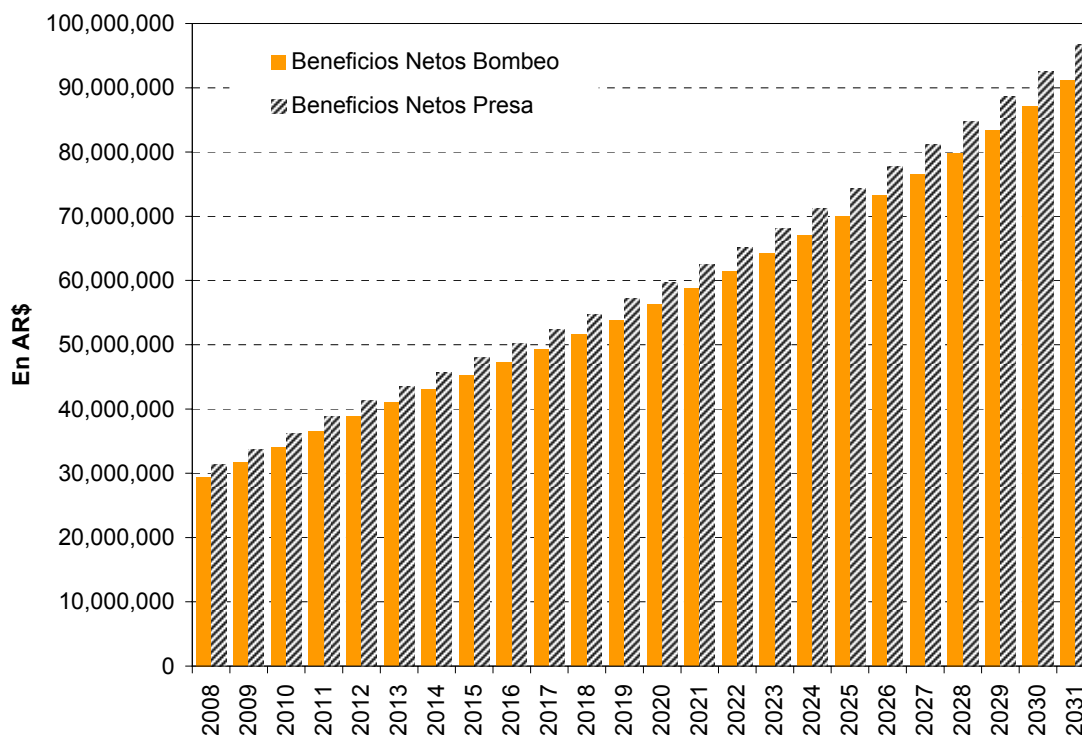
En este contexto se evaluaron los beneficios generados por los proyectos como daños evitados y los costos de las obras. Para la evaluación social de los beneficios netos diferenciales derivados de las obras alternativas propuestas para la mitigación de los efectos de las inundaciones se siguió el siguiente camino:



Dentro de los daños evitados, se consideraron: daños a la infraestructura y mobiliario (bienes muebles e inmuebles), daño social (lucro cesante: inactividad económica, inactividad escolar e inactividad hospitalaria), daño a sectores productivos, gastos gubernamentales.

Los costos considerados comprendieron los montos de obra y los daños colaterales asociados; por ejemplo, en el caso de la presa de regulación, se consideraron los costos por pérdida de producción agropecuaria.

Los beneficios netos de la alternativa con regulación resultaron siempre mayores a los de la alternativa sin regulación:



El Valor Actual Neto de las alternativas analizadas resultó:

<b>Tasa de Descuento</b>	%	12%
<b>Horizonte de Evaluación</b>	Años	25
<b>VAN - Alternativa Sistema de Bombeo</b>	AR\$	145,127,607
<b>VAN - Alternativa Presa de Regulación</b>	AR\$	165,556,564

Sobre estos valores se efectuaron análisis de sensibilidad con relación a la eventual variación de la tasa de descuento, resultando que el beneficio actual neto de las alternativas, en hipótesis de tasas de descuento extremas, esto es alrededor del 20%, continuó siendo positivo.

En base a estos análisis se concluyó que la alternativa con presa de regulación resultaba como la más conveniente.

### **Evaluación Ambiental**

Tuvo por objetivo asegurar que las alternativas consideradas fueran ambientalmente adecuadas y sustentables, y que las eventuales consecuencias ambientales fuesen

reconocidas desde el inicio del ciclo del proyecto y tomadas en cuenta para el diseño definitivo.

El alcance de los estudios ambientales estuvo centrado en: Definir la oferta ambiental del área antes de la realización de las obras y evaluar sus potencialidades y restricciones, con particular énfasis en la descripción de las interacciones ecológicas significativas. Profundizar el conocimiento de los subsistemas natural y sociocultural del área de estudio, con destino a su utilización en la predicción, detección y determinación de los posibles efectos positivos y negativos que el Proyecto producirá en el medio y viceversa. Precisar la definición, delimitación y descripción cartográfica del territorio o cuenca espacial afectada por el proyecto. Estudiar comparativamente la situación ambiental actual y futura con ellas la actuación derivada de las distintas alternativas del Proyecto y sin ellas. Identificar y tratar las inquietudes de las comunidades afectadas por el Proyecto y de las Organizaciones no Gubernamentales (ONGs) locales con intereses ambientales. Garantizar la recolección de información y datos ambientales de base, pertinentes, correctos, confiables, suficientes y oportunos, para las decisiones a ser tomadas y su incorporación como insumos o requerimientos ambientales al diseño de la ingeniería del Proyecto. Especificar las medidas y acciones preventivas y/o correctivas necesarias para evitar el deterioro de la situación ambiental, previo a la etapa de operación del Proyecto.

La línea de base ambiental quedó definida a partir del análisis de los siguientes aspectos:

- **Subsistema Natural:** condiciones atmosféricas, geología y geomorfología, aguas superficiales, aguas subterráneas, calidad del agua, inundaciones, suelos, flora, fauna y áreas naturales protegidas.
- **Subsistema Social:** situación económica, situación socio cultural, población, nivel de vida, organización social, patrimonio cultural, paisaje, ocupación y organización del espacio, sistema urbano local, uso del suelo urbano, uso y tenencia del suelo rural, educación, salud, servicios (gas, energía eléctrica, agua potable, red cloacal), infraestructura de transportes y residuos.

Se identificaron acciones e impactos, tanto en la etapa de construcción como en la de funcionamiento, asociados a cada uno de los componentes de los sistemas alternativos de mitigación de los procesos de inundación (redes de desagües pluviales, adecuación del cauce del arroyo en la zona urbana, presa de regulación, adecuación de terraplenes longitudinales y estaciones de bombeo). De la valoración mediante las respectivas matrices, surgió como más conveniente la alternativa con presa de regulación.

### **Recomendación de la Alternativa más Conveniente**

La evaluación de las alternativas fue realizada desde ángulos o facetas diferentes:

- **Características operativas:** resulta más flexible la alternativa con presa de regulación, ya que para caudales superiores a los de diseño (100 años de recurrencia) esta alternativa continua regulando el sistema, en tanto que en la otra, el sistema falla.



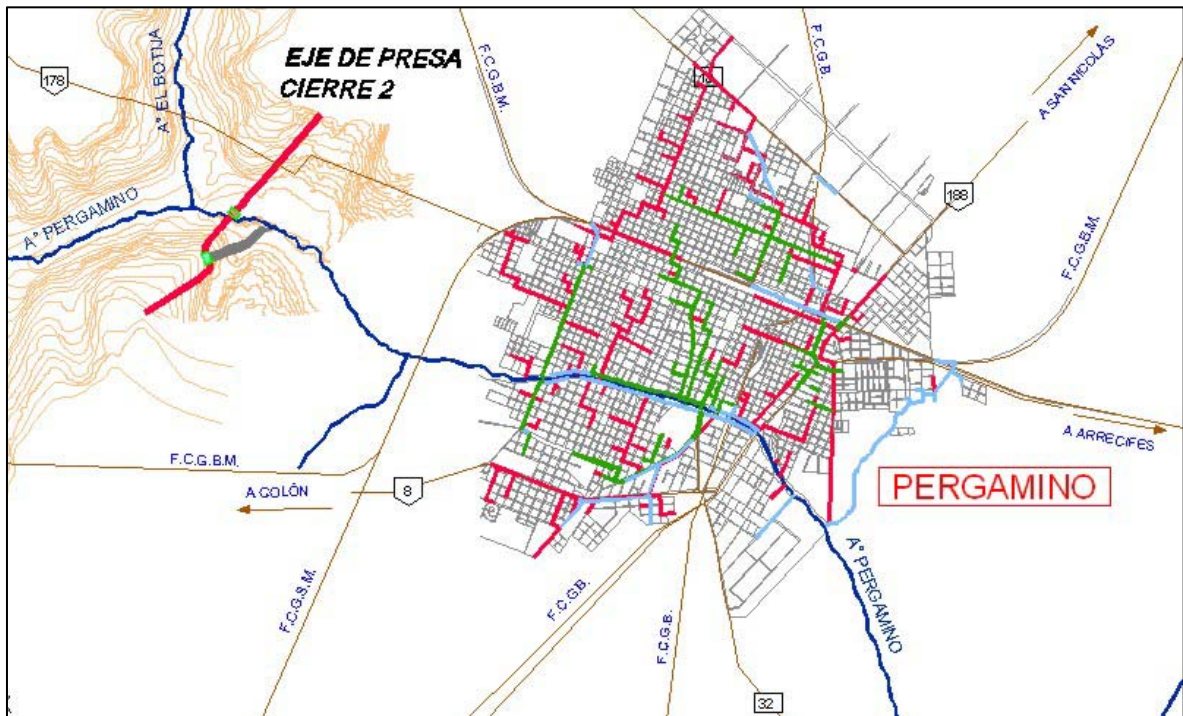
- **Valoraciones económicas:** resulta, como resumen de los análisis económicos efectuados, que la alternativa con presa de regulación se presenta como la más conveniente desde el punto de vista económico.
- **Parámetros de eficiencia:** la eficiencia de ambas alternativas frente a eventos de 5 y 10 años de período de retorno es igual, luego, para tormentas de recurrencias mayores el sistema con presa de regulación mantiene excelentes valores de eficiencia frente a los que arroja el sistema con estaciones de bombeo. Resulta importante el análisis efectuado con el sistema con estaciones de bombeo bajo la hipótesis de fallas en el suministro de energía a las estaciones. En este caso se ve el creciente deterioro de la eficiencia del sistema con el aumento de la recurrencia de la tormenta analizada. De todas formas sólo para eventos de 100 años de retorno con falla de las estaciones aparecen esquinas con niveles de inundación incompatibles con lo que corresponde a un entorno urbano.
- **Seguridad real y percepción social de la seguridad:** está relacionada con la confianza depositada en las obras por parte de la población, en particular aquella que esta directamente amenazada por las aguas. La población tiene, en general, un grado de confianza “bajo” en todo lo que se refiere a la capacidad de los organismos del Estado de operar y mantener adecuadamente sistemas más o menos complejos. La complejidad de las estaciones de bombeo está dada por los elementos mecánicos, electromecánicos y sistemas eléctricos de alimentación que la componen. La relativamente baja frecuencia de su operación, no más de una ó dos veces por año, y en forma parcial, hace necesario que los equipos deban mantenerse con revisiones periódicas y puestas en marcha en prueba sistemáticamente para asegurar que su operación se encuentre garantizada ante la aparición de tormentas importantes. Este es un punto no cuantitativamente valorable, pero que fue tenido en cuenta a la hora de efectuar la recomendación.
- **Evaluación ambiental:** De la matriz de evaluación resultó que la alternativa con presa de regulación resultó la solución más integral, aportando una mejor respuesta a las consideraciones sociales frente a la vulnerabilidad.

Por lo anteriormente expuesto, resultó clara la preeminencia del sistema con presa de regulación sobre el sistema equipado con estaciones de bombeo. Es por ello que como resultado de esta etapa de los trabajos, esta **UTE** recomendó el proyecto ejecutivo de la alternativa conformada alrededor de la presa de regulación.

A partir de los elementos aportados por la UTE para sustentar dicha recomendación, tanto las autoridades provinciales (DiPSOH) y municipales (Intendente y Secretarios) como distintas organizaciones no gubernamentales (entre otros representantes de sectores rurales y la Comisión de Seguimiento de Obras de desagües Pluviales de Pergamino – C.O.S.O.P.PER) aceptaron la misma en forma unánime; surgiendo así la alternativa seleccionada para ser desarrollada a nivel de Proyecto Ejecutivo.

### **Proyecto Ejecutivo de las Obras**

Las medidas estructurales desarrolladas a nivel de proyecto ejecutivo consisten, básicamente, en una presa de regulación ubicada sobre el arroyo Pergamino, a unos 3.5 kilómetros aguas arriba de la ciudad (aguas abajo de la confluencia con el arroyo “El Botija”) y una red de desagües pluviales que se desarrolla dentro del ámbito urbano. Como consecuencia de la generación del embalse de regulación de crecidas, resulta necesario el alteo de un tramo de la Ruta Nacional N° 178 en las proximidades del arroyo “El Botija”. Asimismo, se modifica el puente sobre dicho cauce.



Con relación a la red pluvial proyectada, debe señalarse que la misma incorpora, con la designación de Colector Norte II, III y IV el proyecto “Entubamiento A° Chu-Chú - 1° Etapa” de mayo de 1992 realizado por la entonces Dirección Provincial de Hidráulica (DPH).

Para el desarrollo del proyecto ejecutivo, se realizaron nuevos trabajos de campo. Los mismos, que tuvieron carácter de definitivos al haberse realizado sobre las trazas seleccionadas para las obras, consistieron básicamente en trabajos topográficos y geotécnicos.

### **Relevamientos Topográficos Definitivos**

Con el objetivo de complementar y/o profundizar los estudios efectuados previamente (Anteproyecto de las Obras), se realizó una campaña topográfica durante el mes de Abril de 2008. Se utilizaron las mismas bases de coordenadas empleadas en los relevamientos efectuados en el Anteproyecto, para mantener la absoluta coherencia entre las diferentes campañas. La proyección utilizada fue la Gauss-Krüger – Faja 5 con Datum en Campo Inchauspe para las coordenadas planimétricas y el Nivel Medio

del Mar en Mar del Plata (Cotas I.G.M.) para las coordenadas altimétricas. La técnica utilizada fue el levantamiento GPS a tiempo real (RTK) con modelo de corrección de alturas elipsoidales. Se relevaron:

- *Eje de Presa:* Sobre el eje se realizaron 62 perfiles transversales al mismo, con una distancia máxima de 100m entre cada uno. Se realizaron 23 perfiles al sur del Arroyo Pergamino y 39 al norte (hasta sobrepasar la cota de 72 mlGM), tomando un ancho de 60 a 70 metros a cada lado del eje. Las escalas de representación utilizadas fueron 1:1.000 en horizontal y de 1:50 en vertical. Se confeccionó también un perfil longitudinal por el eje de presa a escala horizontal 1:10.000 y en vertical 1:250, y una planimetría con el esquema del trazado y la nomenclatura de todos los perfiles.
- *Ruta Nacional N° 178:* Sobre el eje de la ruta asfaltada existente se tomaron puntos para definir un perfil longitudinal de la misma que se representó a escala horizontal 1:10.000 y vertical 1:250. La longitud total levantada fue de 3.100 m, tomando como origen “Cero” de Progresivas a la intersección con el Eje de Presa. Se tomaron 5 perfiles transversales representativos. Se realizó un levantamiento de detalle del puente sobre el Arroyo Botija.



- *Ferrocarril General Bartolomé Mitre:* Se tomó la cota del riel norte con la finalidad de realizar un perfil longitudinal continuo que se graficó en tres planos a escala horizontal 1:10.000 y vertical 1:250. La longitud total relevada fue de aproximadamente 13.400m, sobrepasando ampliamente la cota límite de 67.70 mlGM. La cota mínima encontrada en este sector fue de 67,20 m en la Progresiva 6.896
- *Levantamiento área adyacente a Vertedero:* Con el objetivo de complementar la restitución aerofotogramétrica en un área donde no se había alcanzado la cobertura con dicha metodología, se realizaron nueve perfiles con una distancia entre si de 250 metros y una longitud promedio de 4.000 metros. Cubriendo por el Norte desde proximidades del vertedero proyectado, hasta las vías del F.C.G.B.M. por el Sur. El área total relevado fue de 9 km<sup>2</sup>. Se trazaron curvas de nivel que se empalmaron con las procedentes de la fotogrametría.
- *Apoyo a la Investigación Geotécnica:* se ubicaron planialtimétricamente un total de 64 sondeos geotécnicos.

### **Relevamientos Geotécnicos**

Se realizaron dos campañas geotécnicas, una durante el desarrollo del anteproyecto de las alternativas y otra durante el proyecto ejecutivo de la alternativa seleccionada. A continuación se describen las tareas realizadas en ambas campañas.

Las tareas de campaña para el Anteproyecto consistieron en la ejecución, de veinte (20) perforaciones, de cinco metros de profundidad cada una, en la Ciudad de Pergamino y En correspondencia con las trazas de las alternativas de presas estudiadas por el INA, se ejecutaron 10 perforaciones, de 5 metros de profundidad.

Para el desarrollo del Proyecto Ejecutivo se realizaron las siguientes investigaciones:

- Eje de Presa: 15 perforaciones de profundidades variables entre 4 y 20 m
- Zona de la Presa: 2 calicatas en el eje, en cercanía del cauce, de 3 m de profundidad cada uno, para la toma de muestras de suelos inalteradas y 9 calicatas de 3 m de profundidad aguas arriba del eje, para determinar las características de los suelos para la presa y el Alteo de la RNN° 178.
- Ruta Nacional 178: 4 perforaciones de 14 m en la parte superior del terraplén, 4 de 4 m al pie del mismo y 2 sondeos de 20 m de profundidad en la zona del puente sobre arroyo El Botija.
- Ferrocarril Belgrano: una perforación de 14 m en el coronamiento del terraplén y una perforación de 6 m al pie del talud y en la ciudad de Pergamino (10 perforaciones, de cinco metros de profundidad cada una).

Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de las muestras representativas extraídas (contenido natural de agua, límites líquido y plástico, índice de plasticidad, fracción limo más arcilla. Se clasificaron los suelos por el Sistema Unificado de Casagrande. Sobre los testigos obtenidos sin signos visibles de perturbación, se realizaron determinaciones mecánicas (peso de la unidad de volumen en estado natural y seco y parámetros de corte en términos de presiones totales:  $c_u$  y  $\phi_u$ , por medio de la ejecución de ensayos triaxiales escalonados en condición no drenada). Sobre muestras representativas de aguas y suelos, se realizaron ensayos químicos básicos para determinar la agresividad del medio a las estructuras (pH, Sales solubles, Cloruros, Sulfatos y Residuos sólidos).

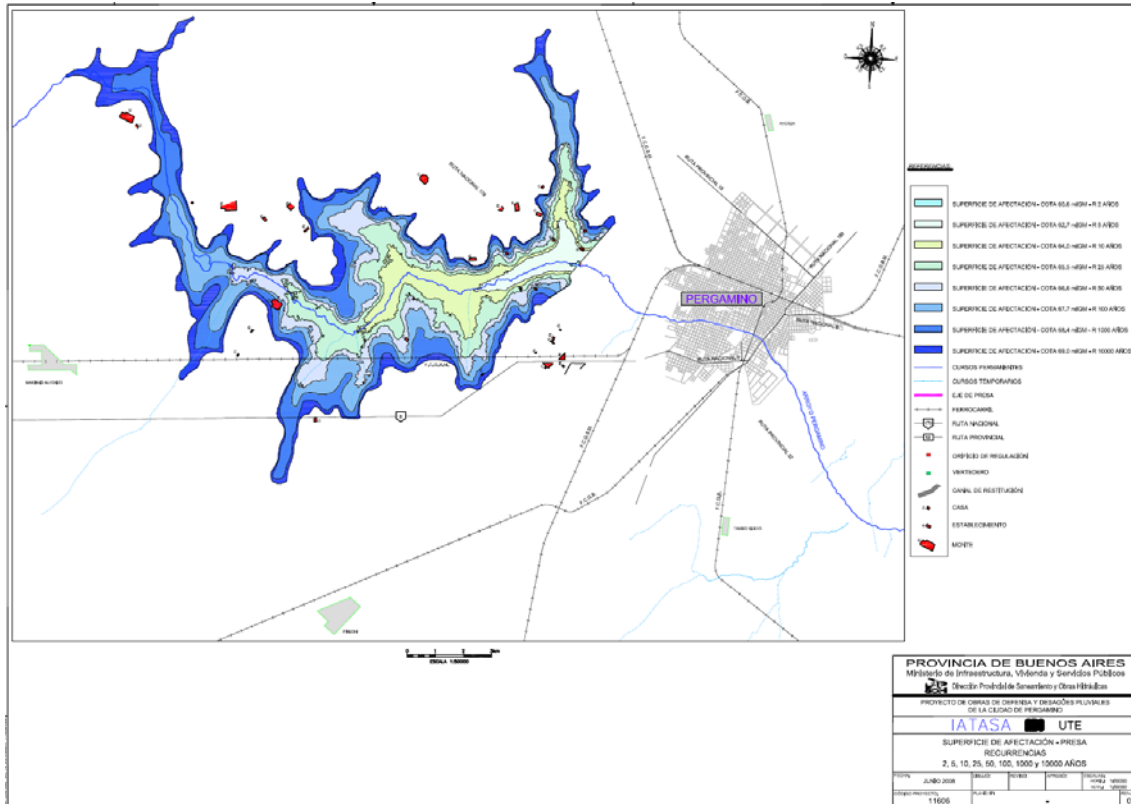
### **Diseño Hidráulico**

Se realizó el ajuste final del sistema de obras en relación con sus dimensiones. Dicho ajuste comprendió tanto la red pluvial proyectada como las obras de regulación, es decir la presa con sus órganos de control.

En el caso de la red pluvial se ajustó el diseño de acuerdo con el estudio de interferencias realizado, en particular se minimizaron las modificaciones de la red cloacal existente en el área urbana. Esta tarea se efectuó de forma tal de mantener el efecto de mitigación previsto en la etapa de anteproyecto, mejorándolo en algunos sectores mediante pequeñas modificaciones de secciones y/o trazas de los conductos pluviales. Todos los ajustes realizados se verificaron, en cuanto al funcionamiento general del sistema, mediante el modelo matemático hidrológico e hidrodinámico SWMM. Cabe señalar que la regulación que se logra con la Presa hace innecesario el empleo de válvulas antiretorno (Clapetas) en las descargas de los conductos.

Se verificó la cota de coronamiento de la presa con respecto a la seguridad por oleaje; se mantuvo la cota de 72.00 mlGM adoptada en el anteproyecto. Se verificó el funcionamiento de los órganos de descarga de la presa, orificio y vertedero, frente a situaciones extraordinarias. En particular el vertedero se verificó para la crecida decamilenaria, controlando el resguardo por oleaje, y para la crecida máxima probable (CPM), estimada como dos veces la decamilenaria, sin considerar dicho resguardo. Se diseñaron los cuencos disipadores de energía para el descargador de fondo y el vertedero. El funcionamiento hidráulico de todas estas estructuras deberá ser verificado en modelo físico, tal como se ha indicado en los Pliegos para el llamado a licitación de la construcción de las obras.

Con respecto a los niveles de funcionamiento del embalse, el correspondiente a la regulación del hidrograma de crecida atribuido a un período de retorno de 100 años (67.70 mlGM), genera una afectación superficial importante en el área de embalse; alcanzando a cinco casas, la Ruta Nacional N° 178 y el ferrocarril General Bartolomé Mitre.



La RNN<sup>o</sup> 178 deberá ser alteada en una longitud de unos 2.800 metros, en las proximidades del arroyo “El Botija” y se deberá reemplazar el puente existente sobre dicho arroyo. Se han proyectado estas modificaciones.

La vía del ferrocarril se verá afectada en una longitud aproximada a los tres mil seiscientos metros, en la cual la cota de creciente correspondiente al evento de 100 años de recurrencia (67.70 mIGM) superará el plano de formación de la vía, alcanzando la cota de riel a lo largo de unos 2400 metros. Esta vía se encuentra actualmente destinada al transporte esporádico de cargas en términos locales y sin una frecuencia establecida. Dado que la actividad de esta vía es muy reducida y de uso privado, no parece necesario el alteo de la misma, ya que mientras que la vía se encuentre afectada se podrá interrumpir el paso de trenes sin generar trastornos económicos de importancia. Por otra parte, tanto el ascenso de los niveles de agua en el embalse, como el descenso de los mismos, se producirá en forma muy lenta, con lo cual no se esperan daños originados en eventuales procesos erosivos que puedan comprometer al terraplén.

Con respecto a las viviendas afectadas por el embalse, se deberán realizar las tramitaciones correspondientes para su expropiación o para el reconocimiento de daños esporádicos.

### **Diseño Estructural**

Se realizaron los diseños estructurales tanto de las obras de hormigón como de las de materiales sueltos. Las primeras corresponden a: red de conductos pluviales de la ciudad, obras de alivio de la presa (orificio, vertedero y cuencos disipadores), puente de servicio sobre el vertedero y nuevo puente de la RNN<sup>o</sup> 178 sobre el A<sup>o</sup> El Botija; en tanto que las segundas (obras de materiales sueltos) son: la propia presa y el alteo de la RNN<sup>o</sup> 178.

Con relación a la presa es posible señalar que, tal como se indicara anteriormente, se ha proyectado de materiales sueltos, a construir con los suelos existentes en la zona.

Su traza ha sido definida en función de requerimientos hidráulicos. La cota de coronamiento es 72.00 mlGM y la altura máxima de la presa, medida desde la fundación en su sección máxima, es de 16 metros.

En el coronamiento del cierre proyectado se ha previsto un uso futuro, restringido y controlado por las autoridades de la presa, para el tránsito eventual de maquinarias agrícolas, no permitiéndose la circulación de vehículos de transporte de cargas.

Dadas las características del coronamiento, se podrá disponer en él de una calzada de tosca de 6 m de ancho, flanqueada por dos banquetas de 2.50 m y un sobreancho adicional para una baranda de defensa de 1 metro a cada lado, sumando en total 13 metros de ancho disponible.

La geometría une los alineamientos rectos con dos curvas de radio 250 metros y dos de 100 metros, no teniendo ninguna de ellas ni sobreancho ni peralte, por lo que no responden a una velocidad directriz determinada. No obstante se estima que la velocidad de circulación dependerá de los equipos que la transiten, no admitiéndose valores superiores a 30 km/h en recta y 20 km/h en las curvas.

Como dato característico debe mencionarse el cruce a nivel de esta futura calzada con la Ruta Nac. N°178, cuya rasante deberá llevarse a la misma cota del coronamiento de la presa en dicho cruce.

La presa es del tipo homogénea de materiales arcillosos, arcillo-limosos y limos tipo CL, CL-ML y ML que se obtendrán de yacimientos ubicados aguas arriba del eje de la misma y dentro de los límites del embalse. Se ha adoptado un talud para los espaldones de aguas arriba y de aguas abajo de 1V:3H. En la zona central se incluye un filtro/dren inclinado, que continúa con una solera drenante ubicada debajo del espaldón de aguas abajo de la Presa y termina en un geotextil que lo separa, y vincula, al enrocado de protección del pie de presa. El filtro/dren tiene la función de captar y conducir el agua de la filtración que se producirá a través del espaldón de aguas arriba de la Presa y llevarlo, de manera controlada, hasta la zanja de pie de la Presa. Así se logrará que no se produzca escurrimiento a través del espaldón de aguas abajo y sus suelos no se saturan y se evitará cualquier aparición de filtraciones en el talud de aguas abajo. El pie de presa y la zanja de drenaje de pie de presa estarán constituidos por enrocados que se separan de los materiales contiguos y de apoyo con un geotextil de características adecuadas a las solicitaciones.

El talud aguas arriba será protegido mediante la utilización de suelo-cemento para defenderlo de la erosión por la acción del oleaje. Las zonas de suelo cemento se construirán en capas, que dispuestas en forma escalonada, permitirán limitar el ascenso de la ola (“run up”) a valores compatibles con el nivel de coronamiento adoptado. Las capas de suelo-cemento en el talud tendrán un ancho de 3.20m y una altura de 0.225m.

Los muros de ala del vertedero tendrán pendientes convenientes, en los taludes hacia el cuerpo de la presa, para que se pueda realizar la compactación de los suelos de la presa contra ellos de manera eficiente, garantizando la calidad del contacto y evitando allí la concentración de filtraciones.

En los tramos extremos de la presa de ambas márgenes, a partir de las progresivas 441.00m en margen izquierda y 5396.00m en margen derecha, el talud de aguas arriba no lleva protección de suelo cemento y solamente se protege con cubierta vegetal. Tampoco se incluye en estos tramos el filtro/dren.

El talud del espaldón de aguas abajo se protegerá, de la erosión que podrían producir las lluvias, mediante una cubierta vegetal. Este revestimiento disminuirá también el caudal que escurrirá sobre el talud durante las lluvias de mayor significación.

La presa tendrá un sistema de auscultación para permitir el monitoreo de su comportamiento durante la construcción y la vida útil, tanto en relación con la obra como con respecto a su eventual efecto en el nivel freático aguas abajo de su emplazamiento.

Con relación al alteo de la RNN° 178 se ha previsto elevar la altura del terraplén del camino y la cota del puente existente sobre el Arroyo Botija, el que deberá ser reemplazado por uno a cota 69.50 mIGM, resultante de considerar la cota de embalse para regular la crecida de 100 años de recurrencia (67.70 mIGM), más una revancha del orden del metro, más la altura de la viga del puente.

Esta ruta se encontrará también con la presa. Para la evaluación de las modificaciones necesarias, se considera que el puente se reconstruirá en el lugar en que se encuentra actualmente y que la traza de la ruta no sufrirá modificaciones. Se adopta una pendiente máxima del 3% con curvas verticales acordes a una velocidad directriz de 120 km/h, correspondiente a la Categoría II, llanura, de las Normas de Diseño de la DNV

Se utilizarán para la ejecución del alteo, fundamentalmente, suelos arcillosos, arcillo-limosos y limosos, de los yacimientos estudiados para el proyecto de la presa.

La sección transversal adoptada tiene 13.30 m de ancho de coronamiento y para los espaldones, se han adoptado un talud aguas arriba y de aguas abajo de 1V:2H. Se ha efectuado un diseño de su sección transversal teniendo en cuenta la cota de terraplén que se requiere y los taludes resultantes de considerar también la solicitación que significa la presencia del agua y la oscilación del nivel del embalse durante su funcionamiento. Los taludes aguas arriba y aguas abajo serán protegidos mediante la utilización de suelo-cemento para defenderlos de la erosión por la acción del oleaje. Las zonas de suelo cemento se construirán en capas, que dispuestas en forma escalonada, permitirán limitar el ascenso de la ola ("run up") a valores compatibles con el nivel de coronamiento adoptado. Las capas de suelo-cemento en el talud de aguas arriba tendrán un ancho de 2.50m y las del talud de aguas abajo de 1.60m. La altura de las capas será de 0.225m.

### ***Estudio de Impacto Ambiental***

El objetivo general de estos estudios ambientales fue el de asegurar que las obras propuestas en el proyecto fuesen ambientalmente adecuadas y sustentables. La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) consistió en identificar y valorar las interacciones positivas y negativas entre las acciones y componentes del proyecto y los factores del ambiente natural, socio-económico y cultural afectados, formulando los criterios ambientales a contemplar en el proyecto de las obras y proponiendo las medidas y recomendaciones preventivas y / o correctivas, estructurales y no



estructurales para la mitigación de impactos potencialmente negativos, tanto durante la construcción como en la etapa de operación del proyecto.

Se identificaron: escalas y área de análisis, marco jurídico e institucional, línea de base ambiental, impactos ambientales (situación con proyecto y sin él). Se delinea el Plan de Gestión Ambiental tanto en la etapa de construcción como de operación del sistema. El proyecto resultó ambientalmente factible.

**COMPONENTES DE MITIGACION: Identificación de Acciones, Causantes e Impactos en el Medio Receptor**

OBRAS	ETAPA DE CONSTRUCCION		ETAPA DE FUNCIONAMIENTO	
	ACCIONES	IMPACTOS AMBIENTALES	ACCIONES	IMPACTOS AMBIENTALES
<p><b>Redes de Desagües urbanos</b>  <b>Componentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductos principales</li> <li>• Conductos Secundarios</li> <li>• Cámaras de conexión</li> <li>• Sumideros</li> <li>• Cámaras de inspección</li> </ul> <p><b>Objetivos Redes de Desagües Urbanos</b>                      Recogen las aguas pluviales y las conducen por debajo del pavimento hasta un curso de agua. Evitan que el agua circule por las calles y/o se estanque en las mismas. Encauzar los excedentes pluviales hacia las redes pluviales redimensionadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación del Obrador</li> <li>• Demolición /rotura de pavimentos y veredas</li> <li>• Zanjeo, excavación, extracción de suelos.</li> <li>• Movimiento de suelos, disposición de escombros y suelos.</li> <li>• Depresión de napas y bombeo</li> <li>• Apuntalamiento y tablestacado</li> <li>• Remoción de obstáculos</li> <li>• Tratamiento de interferencias</li> <li>• Hormigonado de conductos principales.</li> <li>• Colocación de caños /conductos secundarios prefabricados.</li> <li>• Relleno zanja con suelo compactado</li> <li>• Pavimentación</li> <li>• Reconstrucción de veredas.</li> <li>• Transporte y Disposición final de suelos excedentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación a la población</li> <li>• Afectación y molestias al equipamiento comercial, comunitario y patrimonio</li> <li>• Interferencia con los servicios públicos</li> <li>• Afectación y molestias al tránsito vehicular y peatonal</li> <li>• Afectación a la propiedad (al ingreso a la propiedad)</li> <li>• Afectación a la actividad económica</li> <li>• Modificación de la trama urbana y del uso del suelo</li> <li>• Afectación a la calidad del aire y aumento del nivel de ruido</li> <li>• Afectación al paisaje</li> <li>• Afectación a recursos hídricos subterráneos</li> <li>• Afectación a las condiciones edáficas</li> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Demanda insumos y productos para la construcción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de conductos</li> <li>• Limpieza de cámaras y sumideros.</li> <li>• Mantenimiento de conductos</li> <li>• Control de la eficiencia de conducción de las redes de desagües urbanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución en el riesgo de inundaciones que se traducirá a su vez:</li> <li>• Disminución de las molestias al equipamiento comercial, comunitario y patrimonio</li> <li>• Disminución de las molestias al tránsito vehicular y peatonal</li> <li>• Disminución de las molestias a las actividades económicas</li> <li>• Generación de empleo por actividades de mantenimiento</li> <li>• Aumento de las condiciones de protección por disminución del riesgo</li> <li>• Mayor seguridad para las inversiones</li> <li>• Disminución de daños a la propiedad pública y privada</li> <li>• Aumento del valor inmobiliario</li> <li>• Resignificación de zonas que dejaron de ser inundables.</li> <li>• Revaloración del paisaje urbano recreativo.</li> </ul>

<b>COMPONENTES DE MITIGACION: Identificación de Acciones, Causantes e Impactos en el Medio Receptor</b>				
<b>OBRAS</b>	<b>ETAPA DE CONSTRUCCION</b>		<b>ETAPA FUNCIONAMIENTO</b>	
	<b>ACCIONES</b>	<b>IMPACTOS AMBIENTALES</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>IMPACTOS AMBIENTALES</b>
<p><b>Presa de Regulación</b>  <b>Componentes</b>  <b>Presa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Presa de Tierra</b></li> <li>• <b>Muros laterales</b></li> <li>• <b>Descargador de fondo</b></li> <li>• <b>Vertedero</b></li> <li>• <b>Embalse vacío, Utilización con restricciones</b></li> <li>• <b>Camino coronamiento</b></li> <li>• <b>Equipamientos accesorios</b></li> </ul> <p><b>Áreas de préstamo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Retiro de la cubierta vegetal</b></li> <li>• <b>Excavaciones</b></li> <li>• <b>Movimiento de suelos</b></li> <li>• <b>Control de taludes</b></li> <li>• <b>Recuperación y adecuación del yacimiento revegetación</b></li> </ul> <p><b>Objetivos de la Presa de Regulación</b>  <i>Permite limitar el caudal de la crecida que afecta al tramo urbano del arroyo, por debajo de los 200 m3/s. El efecto regulador permite atenuar y retardar la onda efluente, garantizando la correcta descarga de los conductos pluviales.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación obrador</li> <li>• Delimitación de la zona de obras</li> <li>• Limpieza del sitio</li> <li>• Caminos de servicio</li> <li>• Retiro de alambrados, obstáculos e instalaciones en la traza</li> <li>• Eventuales demoliciones</li> <li>• Excavación fundaciones: muros laterales, descargador, vertedero y disipadores de energía</li> <li>• Movimiento de suelos</li> <li>• Explotación y estudio de yacimientos</li> <li>• Desvío del curso durante la construcción.</li> <li>• Obras en el cauce</li> <li>• Ejecución obras de H°</li> <li>• Red de Monitoreo</li> <li>• Estudios de títulos de propiedad en áreas a ser anegadas y de la presa</li> <li>• Alteo de rutas y Puente de conexión entre la ciudad de Pergamino y zonas rural</li> <li>• Reconstrucción de alambrados y caminos de acceso a propiedades al finalizar la obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación a la población</li> <li>• Afectación y molestias al equipamiento comercial, comunitario y patrimonio</li> <li>• Interferencia con los servicios públicos</li> <li>• Afectación y molestias al tránsito vehicular y peatonal</li> <li>• Afectación a la propiedad</li> <li>• Afectación a la actividad económica</li> <li>• Modificación del uso del suelo</li> <li>• Afectación a la calidad del aire y ruido</li> <li>• Alta afectación al paisaje</li> <li>• Afectación a recursos hídricos subterráneos</li> <li>• Afectación a las condiciones edáficas</li> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Afectación a la calidad del agua</li> <li>• Eventuales deslizamiento de laderas</li> <li>• Afectación al uso y manejo del espacio público</li> <li>• Disposición de suelos excedentes</li> <li>• Demanda de insumos y productos de construcción</li> <li>• Aumento en la actividad económica</li> <li>• Aumento de economías informales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmantelamiento del Obrador y readecuación del sitio</li> <li>• Mantenimiento limpieza del Embalse</li> <li>• Monitoreo de las obras</li> <li>• Control de restricciones para utilización del vaso del embalse</li> <li>• Mantenimiento de los accesos.</li> <li>• Forestación compensatoria y adecuación paisajística.</li> <li>• Control y monitoreo de las áreas de préstamo</li> <li>• Monitoreo del A° Pergamino</li> <li>• Sistema de alerta PADE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación a las actividades económicas in situ</li> <li>• Afectación al uso del suelo</li> <li>• Molestias a la población</li> <li>• Afectación y molestias al tránsito vehicular y peatonal</li> <li>• Afectación a la propiedad</li> <li>• Generación de empleo por actividades de mantenimiento</li> <li>• Afectación al paisaje</li> <li>• Generación de empleo por actividades de mantenimiento</li> <li>• Aumento de las condiciones de protección contra inundaciones</li> <li>• Disminución del riesgo</li> <li>• Mayor seguridad para las inversiones</li> </ul>

**UTE IATASA – ABS S.A.**  
**OBRAS DE DEFENSA Y DESAGÜES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE PERGAMINO**

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL DE LOS COMPONENTES DE LA OBRA PROYECTADA																																													
ALTERNATIVAS	COMPONENTES DEL PROYECTO	COMPONENTES DEL SISTEMA AMBIENTAL																								PUNTAJE DEL COMPONENTE	PUNTAJE TOTAL																		
		AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN			AFECTACIÓN O MOLESTIAS EQUIPAMIENTO COMERCIAL, COMUNITARIO Y PATRIMONIO			GENERACION DE EMPLEO			INTERF. SERVICIOS PUBLICOS			AFECTACIÓN, USO, TENENCIA Y DOMINIO			AFECTACIÓN MOLESTIAS TRÁNSITO VEHICULAR Y PEATONAL			AFECTACIÓN ACTIVIDAD ECONOMICA			MODIFICACION DE LA TRAMA URBANA Y USO DEL SUELO					AFECTACIÓN A LA CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO			AFECT. PAISAJE Y MORFOLOGIA			AFECTACION A RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS Y SUPERFICIALES			AFECTACION A LAS CONDICIONES EDAPICAS			AFECTACION A LA FLORA Y FAUNA					
		AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII			AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII			
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	REDES DE DESAGÜES	-10	-5		-10	-5		10	10	1	-10	-5		-1	-1		-10	-10		-10	5		-1	-1		-10	-5		-10	-5		-1	-1		-1	-1		-1	-1		-1	-1		-89	<b>-167</b>
	PRESA	-5	-5	-1	-1	10	-1	10	10	5	-1	-5	-1	-5			-10			-5	10	-5	-5			-10	-1	-5	-10			-5	-1	-1	-5	-5		-5	-5		-5			-78	

Referencias	VALORACION	POSITIVO	NEGATIVO
	ALTO	10	-10
	MEDIO	5	-5
	BAJO	1	-1

PROYECTO DE OBRAS DE DEFENSA Y DESAGÜES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE PERGAMINO

**IATASA** **ABS** **UTE**

TITULO: **MATRIZ DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL PONDERADA**

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL DE LOS COMPONENTES DE LA OBRA PROYECTADA																																													
ALTERNATIVAS	COMPONENTES DEL PROYECTO	COMPONENTES DEL SISTEMA AMBIENTAL																								PUNTAJE DEL COMPONENTE	PUNTAJE TOTAL																		
		AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN			AFECTACIÓN O MOLESTIAS EQUIPAMIENTO COMERCIAL, COMUNITARIO Y PATRIMONIO			GENERACION DE EMPLEO			INTERF. SERVICIOS PUBLICOS			AFECTACIÓN, USO, TENENCIA Y DOMINIO			AFECTACIÓN MOLESTIAS TRÁNSITO VEHICULAR Y PEATONAL			AFECTACIÓN ACTIVIDAD ECONOMICA			MODIFICACION DE LA TRAMA URBANA Y USO DEL SUELO					AFECTACIÓN A LA CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO			AFECT. PAISAJE Y MORFOLOGIA			AFECTACION A RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS Y SUPERFICIALES			AFECTACION A LAS CONDICIONES EDAPICAS			AFECTACION A LA FLORA Y FAUNA					
		AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII			AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII	AO	AID	AII			
ETAPA DE FUNCIONAMIENTO	REDES DE DESAGÜES	10	10	1	10	10		10	5					1	1					5	1		1			5						5	5		-1									79	<b>174</b>
	PRESA	10	10	5	10	10		10	10	5	-5			-1	10	-1	-5	10	10	-1	10	-1	-1			5	-1					-5	10	-1	-1			-1			-5	-1		95	

Referencias	VALORACION	POSITIVO	NEGATIVO
	ALTO	10	-10
	MEDIO	5	-5
	BAJO	1	-1

### ***Medidas no Estructurales***

La experiencia mundial en planes de manejo y control de inundaciones, tanto en áreas urbanas como rurales, ha demostrado que la sola concreción de un sistema de obras de protección no es suficiente, en sí misma, para lograr los objetivos deseados. En efecto, la mitigación de los daños y perjuicios producidos por crecidas extraordinarias, se ha basado, tradicionalmente, en el proyecto y ejecución de obras hidráulicas, las que por sí solas no han logrado alcanzar la efectividad deseada. Es por ello que en los últimos años se ha reconocido la necesidad de acompañar el proyecto y ejecución de obras hidráulicas (medidas denominadas como estructurales), con otro tipo de acciones (medidas no estructurales), que complementan a las anteriores.

Estas acciones, o medidas no estructurales, comprenden un variado espectro de posibilidades, las que, en la mayoría de los casos, dependen de las condiciones particulares locales de cada sistema físico (cuenca) en estudio. Por lo que no resulta posible generalizar sobre las mismas, ya que deben ser identificadas y estudiadas en cada caso particular a fin de evaluar la conveniencia de aplicación de cada una de ellas. Sin embargo, existen ciertos tipos de medidas que deben ser desarrolladas en la mayoría de los casos. Medidas de este tipo son los planes de manejo y los de contingencia. En este contexto es que se establecieron los principales lineamientos de del “Plan de Manejo General de la Cuenca”, del “Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana” y del “Plan de Contingencias”.

#### *Plan de Manejo General de la Cuenca*

Se desarrollaron los lineamientos para efectuar un seguimiento de distintos aspectos vinculados a la cuenca rural (control de estado de los órganos de descarga, sedimentación y limpieza del embalse) y a la cuenca urbana (control del crecimiento de áreas impermeables a lo largo del tiempo, limpieza de conductos, sumideros y cámaras). Todo ello en el marco de un sistema de gestión organizado de forma tal de contar con una activa participación local, que asegure el control de la implementación tanto de las medidas estructurales como de las no estructurales.

#### *Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana*

Se prepararon lineamientos para la implementación del sistema, indicando el esquema mínimo de sensores necesarios y la posibilidad de ampliación del monitoreo. En términos generales, el monitoreo, se basa en la medición de precipitaciones, niveles y caudales. Estos datos, junto con la información que brinda el radar meteorológico del INTA Pergamino, se combinan para permitir un pronóstico de eventuales situaciones climáticas. Se establecieron distintos niveles de alerta y se propusieron distintos medios de comunicación, tanto para la transmisión de los datos de los sensores como para la difusión del alerta.

#### *Plan de Contingencia*

En términos generales, un Plan de Contingencias debe dar respuesta a los probables riesgos o eventos a los que puede estar expuesta la comunidad. Dichos eventos pueden presentarse de manera aislada o simultánea, y aunque el manejo de cada uno de ellos puede tener puntos en común, en general cada tipo de evento presenta

particularidades bien definidas. Por ejemplo, un terremoto exige conocimientos y recursos diferentes a los necesarios para enfrentar la contingencia de una inundación o de una erupción volcánica.

Resulta así, que cada evento requiere para su manejo y mitigación el conocimiento y la adopción de medidas acordes con las condiciones propias de su naturaleza.

En este contexto, se puede definir como “Plan de Contingencias” a la previsión del marco orgánico-funcional y de los mecanismos que permiten la movilización de recursos humanos y materiales necesarios para la protección de personas y bienes en caso de grave riesgo colectivo.

Para la implementación de un plan de este tipo, es decir de un plan destinado a lograr la mitigación de los impactos generados por procesos físicos graves, es necesario disponer de una adecuada evaluación de los riesgos y las vulnerabilidades a que, eventualmente, estará expuesta la comunidad.

Los principales factores que deben ser considerados son: amenazas, riesgos y vulnerabilidades, ya que al presentarse en forma simultánea, espacio y tiempo, generan las catástrofes.

Para que un suceso o fenómeno, natural o antrópico, sea considerado como un riesgo, debe existir cierto grado de probabilidad de ocurrencia del mismo, y que la comunidad esté expuesta a esas amenazas con distinto grado de vulnerabilidad, según la magnitud real con que la amenaza se manifieste. En el caso particular de procesos de inundación no sólo importa el nivel de afectación sino la permanencia (duración de la inundación).

Los desastres o catástrofes tienen su origen en los fenómenos naturales y en acciones de la actividad humana y, en ambos casos, el carácter o calificación de catastrófico lo da la presencia del ser humano, pues en ausencia de éste, el suceso tiene connotaciones distintas.

En el caso de la ciudad de Pergamino el riesgo, para los habitantes y sus bienes materiales, proviene de un proceso físico concreto: las inundaciones originadas por crecidas del Arroyo Pergamino y por la deficiencia estructural de los sistemas de desagües pluviales del casco urbano. Los impactos originados por este tipo de proceso físico (inundaciones), pueden ser clasificados como directos e indirectos. Correspondiendo el primer término a los ocurridos en el área inundada, y el segundo, a los ocurridos fuera de ella.

El desarrollo del Plan de Contingencias requiere de la definición de medidas tales como modificar la utilización de las zonas inundables, propiciando regular su ocupación, a fin de disminuir su vulnerabilidad y educar a la comunidad para asegurar la sustentabilidad del sistema y lograr una adecuada actuación de la población en la emergencia.

En la implementación de las medidas no estructurales existen dos actores fundamentales. Por un lado se encuentran los organismos oficiales, sean éstos municipales, provinciales o nacionales, y por el otro la población principalmente la afectada.

En gran medida el éxito de la implementación de cualquier medida no estructural se basa en el manejo realista de las situaciones, basado en un ordenado y racional

conjunto de programas de acción de corto, mediano y largo plazo para las situaciones del **antes, durante y después** del suceso. Para ello es necesario tener un conocimiento preciso de:

- El ciclo de la gestión de desastres (reducción, planificación, respuesta y recuperación).
- La dinámica de los distintos grupos implicados.
- Las necesidades de información de los distintos grupos.

Además es necesario que se cumplan determinadas pautas, sin las cuales el logro de los objetivos es muy difícil; se las menciona a continuación:

- Relación entre los organismos intervinientes.
- Comunicación y Coordinación de los anteriores con la comunidad.

Para cumplir con el objetivo del plan, es de gran ayuda el planteo de algunas preguntas esenciales:

¿Qué puede ocurrir?

¿Quiénes pueden resultar afectados?

¿Cuándo?

¿Dónde?

¿Por qué?

¿Cómo se debe actuar?.

En base a estos aspectos, se desarrollaron una serie de lineamientos para la implementación de un Plan:

- Identificación de las áreas de riesgo: se generaron planos de afectación para diferentes situaciones.
- Estrategia de aplicación de medidas no estructurales: se delinearon dos tipos de estrategias una de tipo preventivo (disminución de la vulnerabilidad de las zonas afectadas) y otra para el manejo de las situaciones que no han podido ser mitigadas (atenuación del impacto socioeconómico de las inundaciones). La primera estrategia implica la adopción de medidas tales como la implementación de la red de monitoreo y alerta, la regulación del uso del suelo, el ordenamiento territorial, bases de datos, educación y concientización de la población, etc.

En los siguientes cuadros se resumen los lineamientos aportados:

<b>Medidas no Estructurales</b>	
<b>Sistemas de monitoreo y alerta temprana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar red de alerta con equipamiento y mantenimiento de equipos necesarios</li> <li>• Nombrar organismos y responsables del sistema</li> <li>• Crear red de comunicación</li> <li>• Establecer pautas de alerta (tiempos de anticipación, alturas, cantidad de lluvias caída)</li> <li>• Actualización de base de datos</li> </ul>
<b>Regulación del uso del suelo en las zonas inundables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir y/o mejorar densidades</li> <li>• Prohibir uso y ocupación de áreas inundables</li> <li>• Definir áreas inundables en Código de Zonificación</li> </ul>
<b>Ordenamiento ambiental y políticas de desarrollo urbano en el área</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de evolución de superficies impermeables, en particular valores límites del FOS</li> <li>• No afectar cordones cuneta en la repavimentación</li> <li>• Aumentar superficies de áreas verdes</li> <li>• Prohibir el estacionamiento de vehículos y/o volquetes en calles inundables cuando haya pronóstico de lluvias intensas.</li> <li>• Recolección de residuos flexible respecto a los pronósticos en las áreas inundables, y según la estacionalidad,</li> <li>• Compra pública de tierra en zonas bajas para cambiar el uso (destino recreación)</li> </ul>
<b>Actualización de Base de Datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener actualizada red de comunicación con todos los centros y organismos involucrados</li> </ul>

<b>IMPLEMENTACIÓN PLAN DE EMERGENCIAS. Medidas a Considerar</b>	
<b>ANTES</b>	<p>Identificación de los organismos y responsables que deben intervenir.</p> <p>Confección de red de comunicación mediante listados con nombre y teléfono de los responsables de cada área.</p> <p>Capacitación de personal que actuará en la emergencia.</p> <p>Programas de simulaciones y simulacros.</p> <p>Programas de mantenimiento de equipamiento y provisiones de emergencia, así como fuentes de energía adicionales.</p> <p>Listado de eventuales centros de evacuación.</p> <p>Programación de la ubicación de centros de Evacuación y Centros de Salud y Disponibilidad de Ambulancias y Bomberos, en relación con las distintas subáreas afectadas.</p> <p>Concientización y capacitación de la población del área bajo riesgo para actuar antes, durante y después de la emergencia.</p>
<b>DURANTE</b>	<p>Evacuación de la población.</p> <p>Localización de familiares y/o allegados de personas implicadas en una situación de emergencia.</p> <p>Acompañamiento a afectados, familiares y allegados en su traslado a domicilios (propio, de familiares, etc.) o centros específicos (hospitales, centros de acogida, etc.).</p> <p>Información y asesoramiento a afectados y/o familiares (difundir noticias).</p> <p>Búsqueda y/o localización y facilitación de recursos materiales, alimenticios, etc. tanto para los afectados como el personal participante en la resolución de la emergencia.</p> <p>Coordinación con servicios o grupos de acción de salvamento, seguridad, sanitarios, logísticos, etc. intervinientes en la emergencia.</p> <p>Organización y coordinación de los afectados ante posibles evacuaciones.</p> <p>Control de identificaciones, derivaciones, ubicaciones y situación de los afectados tanto en el lugar de la emergencia como en centros de evacuación si lo precisara el caso.</p> <p>Colaboración en la búsqueda de personas desaparecidas.</p> <p>Organización y coordinación del posible voluntariado interviniente en la emergencia.</p> <p>Asesoramiento e información a los voluntarios de las tareas de índole psicosocial a realizar.</p> <p>Organización y adaptación, ante una evacuación de las infraestructuras determinadas como centros de acogida.</p> <p>Información a los familiares y/o allegados del personal profesional y voluntario que interviene en la emergencia acerca de su situación personal.</p> <p>Colaborar en programas de emergencia en el ámbito de la cooperación internacional.</p> <p>Corte preventivo de calles, rutas y caminos que lleven al área de emergencia y organización del tránsito pasante.</p>

<b>DESPUES</b>	Reagrupamiento familiar de evacuados. Derivación de los afectados a programas, servicios o recursos específicos contra las inundaciones. Evaluación de la intervención en general y de la intervención social en particular. Asesoramiento-apoyo (Terapia en la crisis). Realización de informes sociales. Plan de vigilancia epidemiológica en salud mental sobre la población infantil. Ayuda a los damnificados por las inundaciones. Políticas de seguros.
----------------	---

Se ha efectuado un análisis de rotura de presa que ha permitido establecer la prácticamente inexistente probabilidad de ocurrencia de dicho proceso físico. El mismo ha comprendido un análisis de sensibilidad basado en hipótesis extremadamente conservadoras. De registrarse en forma conjunta la secuencia de eventos desfavorables asociados a las hipótesis antes mencionadas, se generarían caudales efluentes totales que podrían generar daños muy significativos, en lo que a nivel de inundación se refiere, tanto desde el punto de vista de daños materiales como de eventual pérdida de vidas humanas. Por ello resulta recomendable un estricto control del cumplimiento de las especificaciones del proyecto durante la ejecución de la obra, y un atento seguimiento del comportamiento de la misma durante la etapa de funcionamiento. Estos dos aspectos se encuentran fuertemente vinculados al Sistema de Gestión mencionado en la Memoria Técnica del proyecto (Medidas No Estructurales, punto 7.2 “Plan de Manejo General de la Cuenca”) y al “Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana”, punto 7.3 de dicha Memoria.

Se hace notar que de los análisis efectuados surge que si se monitorean los niveles de embalse y otros parámetros indicados en el mencionado punto 7.3, se estará en condiciones de anticipar situaciones que puedan ser consideradas como altamente críticas. El control visual del estado de la presa complementaría esta información y permitiría llevar adelante el Plan de Contingencias.

### ***Cómputo, Presupuesto y Documentación Licitatoria***

Se computaron y presupuestaron todas las obras que integran el sistema de presa de regulación y red de desagües pluviales de la ciudad, es decir: presa de regulación (con su puente de servicio), alteo de la Ruta Nacional N° 178 y red de desagües pluviales en la zona urbana.

Atendiendo a que el proyecto fue realizado para el horizonte de desarrollo urbano a 25 años, se recomendó una secuencia de obras que permita ir cubriendo las necesidades de mitigación de los procesos de inundación a lo largo del tiempo. En esta secuencia se considera prioritaria la presa de regulación.

Las etapas constructivas recomendadas son las siguientes:

1. Presa de regulación (comprende el alteo de la RNN° 178) y ramales Villegas, Villegas II, Parque, San Nicolás, Sánchez, España. Jáuregui II, Quiroga, Colector Norte I, Boulevard Drago, Almirante Brown, Tucumán y FFCC de la red pluvial.



2. Colector Norte II, III y IV (corresponden al proyecto “Entubamiento del Arroyo Chu-Chú – 1º Etapa” realizado la Dirección Provincial de Hidráulica del año 1992) y ramales Venini, V. Campos y Güiraldes.

3. Resto de la red pluvial

Con respecto a la organización e implementación de las medidas no estructurales, se recomienda dar inicio a las mismas con anterioridad al inicio de realización de las obras.

Se preparó la documentación técnica y legal necesaria para el llamado a licitación para la construcción de las obras.

El presupuesto de las obras resultó:

Presa de Regulación	\$ 105.826.946,74
Red de Desagües Pluviales	
Etapa 1	\$ 36.135.801,26
Etapa 2	\$ 26.535.504,49
Etapa 3	<u>\$ 45.307.772,67</u>
TOTAL	\$ 213.806.025,16