

BUENOS AIRES, 15 de abril de 1981.-

Sr. SECRETARIO GENERAL  
Consejo Federal de Inversiones  
Cnl(R) Carlos Benito PAJARINO  
S / D

EXPEDIENTE N°

Agregado N°

69223

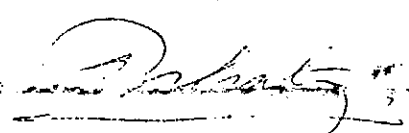
15 ABR 1981


FECHA

De nuestra mayor consideración:

De acuerdo a lo estipulado en el Contrato por el regimen de locación de obra oportunamente suscripto según resolución número 81-069 de fecha 6 de febrero de 1981, cumplimos en elevar a Ud. la metodología correspondiente al sector hidrología-hidráulica del Estudio "Bases para un Proyecto de Recuperación de Tierras Bajas en el Delta Entrerriano".

Agradeciendo la oportunidad que se nos ha brindado de prestar nuestros servicios profesionales a esa Institución, saludamos a Ud. con la mayor consideración.

  
Victor POCHAT  
Ing. Civil

  
Alberto CALCAGNO  
Ing. Civil

Adj.: Cuatro (4) ejemplares de la metodología citada.

26181



BASES PARA UN PROYECTO DE RECUPERACION  
DE TIERRAS BAJAS DEL DELTA ENTRERRIANO

METODOLOGIA

HIDROLOGIA - HIDRAULICA

Ing. Victor Pochat  
Ing. Alberto Calcagno

0  
X. 12  
P 26  
I

Abril 1981

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

## METODOLOGIA

### HIDROLOGIA - HIDRAULICA

#### Indice

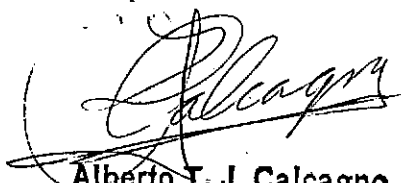
- I .- Planteo Metodológico
- II .- Objetivos del Area Hidrología-Hidráulica
- III.- El Area de Estudio
- IV .- Disponibilidad de Información Básica
- V .- Listado de Actividades
- VI .- Descripción de las Tareas

- Anexo A Diagrama de Bloques
- Anexo B Cronograma
- Anexo C Carga Profesional
- Anexo D Presupuesto Estimativo
- Anexo E Referencias Bibliográficas

## INTRODUCCION

El presente trabajo desarrolla la metodología parcial correspondiente al área hidrología-hidráulica. El término parcial quiere enfatizar que tanto el objetivo como el alcance y desarrollo de las tareas que la integran están concebidas en estrecha interrelación con los correspondientes de las restantes áreas, geomorfología, ecología, hidrogeología y agronomía, con las que se ha constituido un conjunto interdisciplinario destinado al estudio del Delta Entre rriano y la recuperación de sus tierras inundables. Como tal está organizada para brindar y recibir información de las restantes áreas, razón por la cual el cumplimiento de los objetivos formulados en los plazos propuestos depende de la oportunidad y amplitud de la información provista por esos otros sectores.

El desarrollo de esta metodología está concebido como correspondiendo a la etapa inicial de un estudio más ambicioso sobre la interrelación polder-sistema natural, en la que el énfasis está puesto en el tratamiento e interpretación de la información disponible, reservándose para una oportunidad posterior la implementación de técnicas más sofisticadas necesarias para aproximar una respuesta cuantitativa a esa interrelación, lo que requiere previamente de una extensa campaña de obtención de información básica adicional.



Alberto T. J. Calcagno  
Ingeniero Civil



Víctor Pochat  
Ingeniero Civil

## I.- PLANTEO METODOLOGICO

El estudio propuesto, del cual la metodología que aquí se desarrolla encara sólo una parte, tiene por objeto analizar la recuperación de tierras inundables mediante la habilitación de polderizaciones en un área de aproximadamente 400.000 ha, ubicadas sobre el álveo del río Paraná en la región comprendida entre las localidades de Diamante al Norte, el cauce principal del río Paraná al Este, el brazo Paraná Pavón al Sud y el arroyo Correntoso, riacho Victoria y otros por el Oeste. Esta zona es normalmente referida como el Delta Entrerriano.

Desde el punto de vista hidrológico es una zona sumamente compleja. Las islas, y aún una buena parte de la tierra firme se inundan durante las crecientes anuales, situación ésta que es afectada en forma combinada por los aportes del río Paraná y el efecto concurrente aguas abajo de las mareas, los vientos y el aporte del río Uruguay.

La recuperación de tierras inundables de esa zona exige, como toda obra de ingeniería hidráulica, una evaluación de la alteración que la misma provoca en el sistema natural en que se inserta, con el objeto de conocer los aspectos positivos y negativos de ese impacto, así como definir los parámetros particulares de diseño que deben adoptarse para lograr en forma acelerada una nueva situación de equilibrio positiva con ese medio físico.

En efecto, la sistematización de áreas inundables mediante endicamientos perimetrales situados en el "cauce mayor", importa una alteración al régimen de ocupación del mismo durante las crecidas en distinto grado de magnitud en función de la extensión areal, disposición y ubicación del polder. Ello se traducirá

en una modificación del proceso de escurrimiento alterando la distribución de caudales, los niveles de agua, los regímenes de velocidades y por tanto la deposición y arrastre de sedimentos, tanto más cuanto mayor sea la afectación de las zonas activas del escurrimiento durante los pulsos de inundación.

El terraplén perimetral del polder es la frontera entre el sistema general, el Delta, y el local, el polder. Como tal aísla a la zona recuperada de las situaciones de inundación, a cuyos efectos su diseño está condicionado al comportamiento del sistema general, tal como por ejemplo la cota de coronamiento del terraplén que deberá tomar en cuenta los niveles de agua esperables para la situación de diseño más crítica considerada. Pero también constituye una barrera para el drenaje natural de los aportes que recibe del exterior (vía infiltración y precipitación), circunstancia que deberá ser compatibilizada con el funcionamiento del polder como unidad sistematizada de producción.

Quedan definidas entonces dos escalas de análisis para el sector hidrología-hidráulica. Una global o regional, adecuada para evaluar la influencia de la polderización en el régimen de caudales y niveles de la zona exterior al polder, y otra, local, para definir las pautas de diseño del endicamiento y de su red de drenaje y riego complementario. La primera formulará sus conclusiones en estrecha colaboración con el área geomorfología y ecología, mientras que la segunda lo hará con hidrogeología, ecología y agronomía.

En términos ortodoxos, la evaluación del impacto de la polderización en el sistema Delta requiere comparar los valores que ciertos parámetros representativos del escurrimiento toman antes y después de construída la obra, bajo condiciones hidrológicas equivalentes. En este caso los parámetros pueden ser ni

veles en correspondencia con determinadas escalas hidrométricas, caudales máximos en determinadas secciones, duración y tiempo de traslación de la onda de crecida, extensión o secuencia de ocupación de las áreas inundadas, velocidades críticas, etc.

La descripción de la situación natural puede ser encarada en base al análisis de la información topográfica e hidrológica disponible. El grado de conocimiento que se logre dependerá de la calidad y densidad de esa información. Por el contrario, la descripción en términos similares de la situación modificada por la obra de ingeniería requiere disponer de una herramienta matemática que permita "simular" el proceso de escurrimiento en esas condiciones y que brinde información sobre los parámetros utilizados para la evaluación. Esa herramienta será tanto más precisa cuanto más adhiera en su formulación a los principios teóricos básicos que rigen el escurrimiento de las aguas a superficie libre y cuanto más detallada sea la información sobre el sistema físico que se incorpora a la misma.

En este caso particular la zona en estudio constituye un caso complejo de escurrimiento al menos bidimensional, complicado por el almacenamiento y posterior escurrimiento lateral toda vez que el nivel de las aguas en los cauces supera los albardones costeros durante los pulsos de inundación. La diversidad de cauces menores de distinta importancia cuya individualidad se va perdiendo a medida que avanza la onda de crecida y la escasa pendiente topográfica e hidráulica que resulta en el lento movimiento de grandes masas de agua en las zonas inundadas, son entre otros, obstáculos serios a la formulación de modelos de simulación confiables.

A esa complejidad se une la falta de información planialtimétrica de detalle suficiente para estimar las capacidades de conducción hidráulica de los cursos definidos y los volúmenes activos y pasivos de inundación para distintos niveles en el cauce principal, así como la inexistencia de información hidrológica histórica sobre la red de escurrimiento interior que permita interpretar y calibrar el proceso de circulación y acumulación de las aguas.

Estos conceptos son confirmados por los resultados y conclusiones de un estudio de crecidas del Río Paraná (ver Anexo E, Ref.8) que constituye el más reciente esfuerzo de modelación, aunque global y dentro de un contexto más amplio, de la zona que nos ocupa. En él no sólo se plantea el poco conocimiento del fenómeno del flujo en áreas inundadas, por no disponerse de datos sobre el almacenaje del valle fluvial y de la capacidad de conducción de las áreas correspondientes, sino que se insiste en la falta de datos topográficos e hidrológicos de esa zona que no permite una calibración de la herramienta.

Todo ello descarta al nivel del estudio propuesto y con la información existente, la utilización de técnicas modernas de simulación y predicción de escurrimientos superficiales, único método capaz de posibilitar una aproximación cuantitativa de los efectos de los distintos esquemas de polderización que se quieran analizar. Es menester considerar además que la implementación de un modelo hidrodinámico de redes fluviales o similar requerirá un esfuerzo de enorme magnitud en términos de dinero y tiempo para la obtención en campaña de la información básica complementaria y para la constitución y calibración del modelo.

Por tanto, la metodología que se propone para el área hidrología-hidráulica se sustenta en la máxima utilización de la información disponible, tanto



especifica como producida por los otros equipos intervinientes, con destino a la caracterización cualitativa del escurrimiento. Esta brindará elementos de juicio orientativos, que insertos en el marco interdisciplinario del estudio propuesto, posibilitarán la formulación de recomendaciones tendientes a la habilitación de uno o más módulos de polderización.

En este sentido, se procederá, previa selección fundamentada de los límites del sistema general o regional a considerar, a definir los escenarios hidroológicos representativos que serán utilizados en el estudio. Estos escenarios resultarán de seleccionar, sobre la base del proceso de depuración y elaboración de toda la información disponible en las series históricas, situaciones de crecidas características de distintos períodos de recurrencia. Ellos incluirán los hidrogramas de crecidas provenientes de aguas arriba, el aporte de los tributarios propios del tramo, las condiciones de aguas abajo sujetas a la influencia del viento y las mareas y el estado inicial del sistema.

Para cada escenario hidrológico así definido se tratará de evaluar el área máxima de inundación alcanzada, así como describir el proceso de ocupación y desocupación de las áreas inundadas. Para ello se recurrirá al conjunto de la información planialtimétrica y batimétrica que se detecte, adecuadamente homogeneizada, a los datos sobre niveles de agua aportados por las escalas hidrométricas y al conjunto de la información complementaria resultante de las tareas de fotointerpretación provistas por el área geomorfología y ecología. La información así generada, que asociará zonas inundadas con distintas situaciones hidrológicas características permitirá, en el marco de un proceso de análisis interdisciplinario, zonificar las áreas del Delta Entrerriano en función del grado de su partici

pación activa o pasiva en el escurrimiento de las aguas. De esta manera se podrán formular recomendaciones sobre la ubicación y disposición de las polderizaciones y, en conjunto con otros estudios de apoyo que luego se comentan, estimar el orden de magnitud de los efectos que producirán en el sistema Delta los distintos esquemas de polderización que se consideren.

Como estudios paralelos o de apoyo, se procesará por un lado la información hidrométrica con vistas a detectar en los registros la influencia del endicamiento de Las Lechiguas, con el objeto de evaluar los efectos de esa obra de características similares. Por otro, se analizará en detalle la información existente referente a estudios y experiencias similares en la zona y en otros lugares del mundo. En particular no se descarta la conveniencia de llevar a cabo un programa de corridas especiales que aporten información complementaria, utilizando el tramo terminal del modelo hidrodinámico implementado para el estudio de crecidas antes mencionado, en la medida que ello sea operativamente posible.

El análisis descripto en los párrafos anteriores permitirá además formular recomendaciones respecto de los estudios que convendría encarar en una etapa posterior a la propuesta. En efecto, sobre la base de la revisión bibliográfica de modelos matemáticos aplicables a este tipo de sistemas, y de las características particulares del escurrimiento que se determinen, se podrá aconsejar la herramienta matemática más adecuada a los objetivos propuestos, así como proponer el plan de trabajos complementarios de campaña necesarios para la obtención de la información básica adicional que requiera la constitución y calibración de ese modelo.

Finalmente, en relación con el sistema local, el polder, una vez definidas la disposición y área a polderizar, el área hidrología-hidráulica analizará el comportamiento de las variables hidrometeorológicas que condicionan los aportes al sistema interior así como el diseño del terraplén para las situaciones hidrológicas críticas que se adopten como hipótesis de trabajo. En conjunto con las otras áreas se planteará el balance hídrico superficial en base al cual se propondrán las pautas de diseño para la red interna de drenaje y/o riego complementario.

## II.- OBJETIVOS DEL AREA HIDROLOGIA - HIDRAULICA

De lo expuesto en el punto anterior, el alcance que se propone para las tareas del área hidrología-hidráulica puede sintetizarse en los siguientes objetivos:

- a. Caracterización del comportamiento hidráulico del área de estudio en base a la información aportada por los datos hidrológicos y meteorológicos disponibles.
- b. Caracterización del escurrimiento en la zona del Delta Entrerria no procurando la zonificación del área según su contribución al escurrimiento de las aguas de inundación para distintos hidrogramas de crecida considerados como representativos.
- c. Caracterización hidrometeorológica de la zona modal en base a la información disponible.

- d) Elaboración de pautas de diseño a ser recomendadas para la disposición del endicamiento perimetral y en la definición de la red interna de drenaje y/o riego complementario necesaria para la sistematización del área recuperada.
- e) Definición de criterios y recomendación del esquema matemático-computacional más adecuado para la modelación de la zona en estudio con vistas a la cuantificación de los efectos de los distintos esquemas de polderización que se quieran evaluar. Definición del programa de trabajos complementarios requeridos para completar la información topográfica e hidrológica necesaria para la modelación.

En particular, cabe aclarar que los objetivos b y d requieren el aporte de la información y la participación de los expertos de las restantes áreas, según se indica en el diagrama de bloques del Anexo A.

### III.- EL AREA DE ESTUDIO

La zona en estudio puede ser referida genéricamente como la zona del Delta Entrerriano asociada al tramo del río Paraná comprendido entre Diamante, Km 403, y el eje Ramallo-Ibicuy a la altura del Km 195. Constituye parte del tramo terminal del Paraná argentino que se identifica como Paraná Inferior. Esta zona que se orienta en dirección Este-Sudeste, va abriéndose progresivamente entre las barrancas bajas de Entre Ríos y las barrancas firmes de la margen dere-

cha. El cauce principal del Río Paraná acompaña la costa entrerriana hasta Diamante para luego pasar zigzagueante a través de las islas hacia la costa opuesta, santafesina, y aguas abajo hasta Villa Constitución, donde se divide en dos brazos, uno de los cuales, el Paraná Pavón, que limita por el sud a la zona de estudio, se orienta hacia al oeste para tomar el nombre de Paraná Ibicuy luego de recibir los aportes del río Guaaleguay. En ese tramo el río ensancha notablemente su perfil transversal, presentando un aumento progresivo del número de islas, canales y riachos.

Por su carácter fundamental de vía navegable, las características hidrológicas del cauce principal del Río Paraná son mucho mejor conocidas que la de los otros riachos y brazos, de los cuales no se dispone prácticamente de información sistemática. A la altura de Rosario, donde se dispone de una curva altura-caudal para el brazo principal, el caudal medio total estimado es del orden de los 17.000 m<sup>3</sup>/s, presentando los máximos en marzo y abril y un repunte durante julio. El aporte de los tributarios locales parece coincidir generalmente con ese régimen y su incidencia es muy poco significativa. Se estima que las inundaciones en el Delta Entrerriano comienzan cuando en Rosario se sobrepasa el caudal de 20.000 m<sup>3</sup>/s, lo que corresponde a un nivel crítico de 4,00 m en la escala local. Este dato es estimativo, ya que la falta de información topográfica de las riberas hace dificultosa una determinación precisa. El análisis de frecuencias de alturas hidrométricas indica que ese nivel se alcanza prácticamente todos los años, lo que indica que ciertas zonas del área son afectadas en forma permanente por los pulsos de inundación.

Los caudales máximos en Rosario correspondientes al cauce principal son del orden de los 24.000 m<sup>3</sup>/s, valor que puede ser comparado con el correspondiente a un período de recurrencia de 1.000 años, compatible con el diseño de endicamientos, que es de 60.000 m<sup>3</sup>/s. Entre los afluentes más importantes que aportan al área de estudio se encuentran el Carcaraná, sobre margen derecha, con un medio anual de 120 m<sup>3</sup>/s y el arroyo Nogoyá, sobre margen izquierda, con unos 60 m<sup>3</sup>/s. En este tramo el río Paraná exhibe una pendiente media del orden del 0,03 o/oo, con una profundidad media de 10 m. (33 pies). El material sólido transportado es significativo. El de arrastre se estima en 10 millones de metros cúbicos por año, mientras que la concentración de material en suspensión es del orden de las 300 ppm. En condiciones naturales el tiempo de traslación de las ondas de crecientes significativas entre Diamante y Ramallo es del orden de los 10 días.

#### IV.- DISPONIBILIDAD DE INFORMACION BASICA

La información básica de interés para el área hidrología-hidráulica es la planialtimétrica, con destino a la descripción geométrica e hidráulica de los cauces y zonas de inundación, y la hidrometeorológica, con destino a la evaluación de la distribución en el tiempo y el espacio del recurso. En general la información se encuentra diseminada en distintos organismos y reparticiones nacionales y provinciales. En lo que sigue se presenta una aproximación sumaria al inventario de la información detectada:

##### a. Datos Topográficos

Se dispone de cartografía del Instituto Geográfico Militar a esca-

las 1:250.000, 1:100.000 y 1:50.000, esta última con puntos acotados, pero con grandes zonas de bañados sin información altimétrica. Existen planos batimétricos del cauce principal del Paraná en el tramo de interés, así como datos batimétricos de la línea de navegación y márgenes descriptos en el Derrotero Fluvial y Libros de Navegación con mapas a escala 1:50.000.

Fuera del río Paraná propiamente dicho, la información batimétrica es más escasa y se reduce a unos seis perfiles batimétricos sobre el riacho Victoria, del cual una pequeña zona está cubierta con planos batimétricos, situación que se repite para el brazo Paraná Pavón, con sólo 7 km cubiertos con planos batimétricos y el resto sólo descripto por tres perfiles transversales. No se descarta, empero, la posibilidad de conseguir datos adicionales, recurriendo a organizaciones y empresas locales o a partir de la información generada para la confección de numerosos trabajos sobre el Delta.

La información aerofotogramétrica comprende imágenes satelitarias (bandas 5 y 7), fotos aéreas escala 1:20.000 de la crecida de 1966 relevadas por el Servicio de Hidrografía Naval, fotos aéreas de la zona Rosario Victoria a escala 1:20.000 y finalmente un vuelo reciente a escala 1:50.000 efectuado por la Brigada Aérea con asiento en Paraná, durante 1980.

#### b. Datos Hidrológicos

La información hidrológica disponible se refiere fundamentalmente a niveles de agua provenientes de la red de escalas operadas por la Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vía Navegables (DNCPVN) con destino a la navegación fluvial. La red cubre fundamentalmente el cauce principal, con esca-

las cuyos registros, en la mayoría de los casos son suficientemente extensos como para un análisis estadístico confiable. No obstante existen huecos que deberán ser rellenados y se deberá prestar especial atención al estudio de los cerros de las escalas para su compatibilización, atento a la escasa pendiente superficial de los escurrimientos.

En lo que hace a datos de caudales, la situación es crítica. La estación llave más cercana se encuentra sobre el cauce principal del Paraná, en Rosario, de forma que sus informaciones se refieren exclusivamente a ese curso. No se dispone de datos sistemáticos de caudales en los restantes brazos y riachos, sino solamente de algunos aforos aislados realizados por medio de campañas expeditivas que han demostrado poca consistencia. Es justamente en esa zona donde la caracterización del escurrimiento se presenta especialmente dificultosa.

#### V.- LISTADO DE ACTIVIDADES

Con el objeto de satisfacer los objetivos del área hidrología-hidráulica, se ha desglosado el trabajo propuesto en tareas o estudios parciales cuya nómina se describe a continuación. La numeración utilizada corresponde a las identificaciones que se emplean en los Anexos A y B del presente trabajo.

##### Nº DE CODIGO

##### ACTIVIDAD

0100

METEDROLOGIA

0110

Inventario, selección y recopilación de la información meteorológica.



Nº DE CODIGOACTIVIDAD

0120	Análisis, depuración y elaboración de la información meteorológica.
0130	Caracterización meteorológica del área de estudio.
0140	Caracterización meteorológica del área de polde-rización.
0200	HIDROLOGIA
0210	Inventario y recopilación de la información hidro-lógica.
0220	Análisis y elaboración de datos hidrológicos.
0225	Reconocimiento en campaña y relevamientos expedi-tivos.
0230	Definición y descripción de los escenarios hidro-lógicos representativos.
0240	Análisis de la influencia de Las Lechiguanas.
0250	Caracterización hidrológica del área de polderi-zación.
0260	Recomendaciones para la obtención de nueva infor-mación hidrológica.

Nº DE CODIGOACTIVIDAD

0300	TOPOGRAFIA
0310	Inventario y recopilación de la información topográfica y aerofotogramétrica.
0320	Análisis, depuración y compatibilización de los datos topográficos.
0325	Reconocimientos en campaña y relevamientos expeditivos.
0330	Actualización planimétrica y densificación altimétrica.
0340	Recomendaciones para la obtención de nuevos datos topográficos.
0400	OTROS ANTECEDENTES
0410	Recopilación y evaluación de antecedentes.
0420	Revisión de modelos matemáticos.
0430	Evaluación y selección del modelo.
0500	HIDRAULICA
0510	Determinación de los bordes del sistema.
0520	Caracterización del escurrimiento y zonificación de las zonas inundables.
0530	Estudios hidráulicos complementarios.

Nº DE CODIGO

ACTIVIDAD

0540

Definición de las pautas de diseño locales.

0600

INFORME FINAL

VI.- DESCRIPCION DE LAS TAREAS

0100 METEOROLOGIA

0110 Inventario, Selección y Recopilación de la Información Meteorológica

Se realizará el inventario completo de todas las estaciones de medición de parámetros meteorológicos dentro de la zona de influencia meteorológica de la zona en estudio. A tales efectos se detectará la información existente en distintas instituciones y organismos nacionales y provinciales en Entre Ríos, Buenos Aires, Santa Fe y Capital Federal, la que será inventariada en forma sistemática mediante formularios adecuados. En función de este inventario y a través de un análisis comparativo de categoría, confiabilidad, extensión del registro, oportunidad y densidad de interrupciones, se seleccionará la red básica de estaciones a ser considerada para la caracterización climatológica del área global. Se procederá entonces a la recopilación de las variables meteorológicas asociadas a esas estaciones, datos que serán adecuadamente sistematizados para su posterior análisis de consistencia y elaboración.

#### 0120 Análisis, Depuración y Elaboración de la Información Meteorológica

Se procesarán los datos climatológicos correspondientes a la red básica seleccionada con el objeto de obtener series históricas representativas en los períodos adecuados para la caracterización climatológica del área de estudio. En forma sistemática se aplicarán tests estadísticos de consistencia y confiabilidad a las series recopiladas, procediéndose a la depuración y al relleno de huecos donde sea necesario y, cuando ello sea posible, mediante correlaciones simples o múltiples entre estaciones aisladas o conjuntos de ellas. En caso necesario, se practicarán reconocimientos in situ de aquellas estaciones cuyos datos presenten dudas.

Como resultado de este trabajo se dispondrá, en cada estación de la red básica, de series para cada parámetro meteorológico de interés, tal como precipitación, viento, temperatura y evaporación.

#### 0140 Caracterización Meteorológica del Area de Polderización

Utilizando los resultados del análisis regional se seleccionarán las estaciones meteorológicas cuya información resulte necesaria para realizar una caracterización representativa de las condiciones meteorológicas en el área seleccionada para estudiar una polderización. Se determinarán los regímenes de lluvia, viento y evaporación fundamentalmente. Se confeccionará un estudio de lluvias intensas, así como un análisis detallado de frecuencias de intensidad y dirección de ráfagas máximas de viento. Estos últimos

estudios brindarán elementos de juicio directos para la formulación de las pautas de diseño.

## 0200 \ HIDROLOGIA

### 0210 Inventario y Recopilación de la Información Hidrológica

Se procederá a inventariar y recopilar en forma sistemática toda la información hidrológica que se detecte en la zona de estudio y la que resulte necesaria fuera de ella. Tal información comprende registros de niveles hi drométricos, datos de caudales en estaciones llave, aforos sistemáticos y expeditivos, curvas altura-caudal, mediciones de transporte de material por arrastre y en suspensión, análisis de muestras de agua, así como toda información vinculada a los métodos e instrumental empleados para obtenerlas.

A estos efectos se recurrirá a las instituciones oficiales nacionales, fun damentalmente la DNCPVN, así como provinciales y también privadas. Se pres tará especial atención a la detección y evaluación de estudios hidrológicos con fines específicos que se hubieran realizado para el área de estudio, donde se indique la disponibilidad de información primaria y secundaria de interés.

### 0220 Análisis y Elaboración de los Datos Hidrológicos

Se llevará a cabo un estudio detallado de toda la información hidrológica detectada en los distintos organismos, con el objeto de obtener datos repre

sentativos y confiables en los que basar el análisis hidrológico del área y la obtención de conclusiones válidas.

En cada estación hidrométrica se analizarán los datos de niveles mediante técnicas estadísticas apropiadas para determinar la consistencia y confiabilidad de las series. Se depurará la información y se rellenarán los huecos donde ello sea posible y necesario. Paralelamente se verificarán los datos de instalación de cada una de las escalas mediante las monografías respectivas, prestándose especial atención a las cotas de los ceros. El conjunto de estos análisis permitirá calificar las distintas estaciones según la calidad y extensión de sus registros, así como disponer en cada una de ellas de series representativas confiables. Cabe destacar que se dará mayor énfasis a la información asociada a los períodos de crecida por ser ellos los de importancia para el presente estudio.

En las estaciones con datos de altura-caudal, fundamentalmente Rosario y tal vez Paraná, se analizarán en detalle los antecedentes relativos a los aforos que fundamentan esas leyes, así como los procedimientos de ajuste empleados. Todas las curvas altura-caudal que se utilicen para transformar series de niveles medidos en caudales, incluyendo aquellas obtenidas por medios indirectos (p ej. modelo matemático) serán debidamente evaluadas en relación a la sección transversal donde se ubiquen.

También se analizarán en detalle los aforos aislados que se hubieran ejecutado y cuya información se disponga. En base a las características de la sección de aforos, instrumental y metodología empleada para la medición, se deberá evaluar la representatividad de esas mediciones. Cabe destacar

que los aforos ubicados en cursos distintos de los principales, pueden ser vitales para la interpretación del escurrimiento interno y en la distribución de caudales y evaluación de la capacidad de conducción de la red interior de drenaje.

Finalmente se analizará la información disponible sobre transporte de sedimentos, tanto en arrastre como en suspensión, recopilada en los distintos organismos. La misma será sistematizada y evaluada para determinar su grado de representatividad.

#### 0225 Reconocimiento en Campaña y Relevamientos Expeditivos

Se efectuará un reconocimiento de todas las estaciones hidrométricas y de aforos cuya información se utilice en el estudio con el objeto de aportar información obtenida in situ al análisis de confiabilidad de los datos. Como consecuencia de ese análisis podría resultar conveniente la realización de mediciones de control o relleno tanto de niveles como de caudales en algunos puntos a determinar, en cuyo caso se recurrirá a metodologías expeditivas para su medición.

#### 0230 Definición y Descripción de Escenarios Hidrológicos Representativos

Tiene por objeto definir situaciones históricas hidrológicamente críticas, caracterizadas por hidrogramas de crecida del río Paraná de distintas magnitudes, comprendidas entre aquéllas para las que no se producen inundaciones y las máximas históricas registradas, tomando en cuenta los efectos particulares que afectan las condiciones de borde aguas abajo del sis

tema.

Cada una de ellas, identificada en términos probabilísticos por su período de recurrencia, comprenderá el conjunto de niveles hidrométricos, caudales en el curso principal y en los tributarios y demás datos hidrológicos contemporáneos que se dispongan en cada caso. El conjunto de esa información configurará un campo de datos, fundamentalmente niveles y caudales, variables en el tiempo durante un período determinado y cubriendo un área definida, constituyendo una red básica para la caracterización del escurrimiento superficial y el análisis de la traslación de la onda de crecida.

#### 0250 Caracterización Hidrológica del Área de Polderización

Se estima que el análisis de caracterización del escurrimiento en el área de estudio, asociado a eventos hidrológicos de distinta probabilidad, permitirá evaluar mediante algún criterio de extrapolación el nivel máximo de agua que deberá considerar el endicamiento perimetral, así como aproximar el rango de variación normal de niveles que deberá tomarse en cuenta para el diseño. La revancha por oleaje, si cabe, puede constituir otra variable hidrológica que condiciona el diseño del terraplén exterior y será determinada en base a los resultados del estudio de ráfagas, la disposición del endicamiento y el grado de exposición del área inundada en la dirección del viento.

#### 0260 Recomendaciones para la Obtención de Nueva Información Hidrológica

Las recomendaciones sobre el modelo matemático más conveniente para el es



tudio ulterior del sistema, serán acompañadas por una propuesta de campaña de trabajos complementarios de hidrología, programada para llenar los vacíos de información en materia de niveles y caudales que se requiera para lograr una respuesta adecuada del modelo al funcionamiento hidráulico del sistema.

0300 TOPOGRAFIA Y AEROFOTOGRAMETRIA

0310 Inventario y Recopilación de la Información Topográfica y Aerofotogramétrica

Se procederá a recopilar toda la información topográfica disponible en la zona del estudio que sea de interés para el análisis. Se detectarán los relevamientos topográficos ejecutados por distintos organismos nacionales, provinciales y empresas privadas con fines generales o específicos. La revisión de antecedentes de estudios en la zona permitirá detectar la existencia de datos topográficos útiles.

Se prestará especial atención a la disponibilidad de líneas de nivelación y poligonales y redes geodésicas en el área de estudio, que brinden información planialtimétrica complementaria para el estudio de las inundaciones. En particular se evaluará en detalle la información topográfica disponible sobre la vinculación altimétrica de los cerros de las escalas hidrométricas a un plano general de referencia.

Otro punto de interés está constituido por la detección y recopilación de información topográfica de los cauces, en la forma de perfiles transversa-



les, relevamientos batimétricos y datos de las zonas inundables, que permit  
tan inferir las características geométricas de los cauces y planicies inun-  
dables.

Con igual criterio se detectará la información aerofotogramétrica existen-  
te en organismos oficiales y empresas privadas. La misma es un indicador  
valioso en el estudio de la ocupación de las zonas inundables durante los  
pulsos de inundación. Esta tarea se llevará a cabo en forma coordinada con  
las de igual índole que ejecuten los otros equipos intervinientes.

#### 0320 Análisis y Compatibilización de los Datos Topográficos

Siendo la información topográfica un elemento fundamental para el objetivo  
de este estudio, se considera indispensable encarar un proceso de compati-  
bilización de toda la que se haya detectado relativa a la zona en estudio.  
Se procederá a confeccionar un mapa base a escala adecuada, probablemente  
1: 100.000, sobre el que se volcarán todos los datos planimétricos y alti-  
métricos resultantes de los trabajos generales y locales ejecutados por or-  
ganismos y empresas oficiales y privadas. En cada caso se evaluará la in-  
formación en relación a los métodos y técnicas de medición empleadas, pro-  
curándose una depuración y compatibilización de la misma a los efectos de  
asegurar una red de puntos planialtimétricos lo más densa y confiable posi-  
ble.

#### 0325 Reconocimiento en Campaña y Relevamientos Expeditivos

La tarea de compatibilización de datos topográficos requerirá efectuar un

reconocimiento en campaña para verificar la confiabilidad de informaciones que presenten dudas. No se descarta asimismo la posibilidad de que se considere conveniente la ejecución de trabajos de control y/o verificación, en cuyo caso se plantearán metodologías expeditivas para su realización.

#### 0330 Actualización Planimétrica y Densificación Altimétrica

Desde que uno de los objetivos básicos del estudio es asociar áreas inundadas con magnitud de crecidas, la información altimétrica tiene fundamental importancia. Lamentablemente ella es la más escasa de todas las disponibles, particularmente en las zonas de más interés. Por ello no se descarta la utilización de técnicas expeditivas de restitución aerofotogramétrica para su densificación, aunque sea en forma grosera.

Si la información depurada resultante de la tarea 0320 y 0325 se considera adecuada para brindar apoyo a los fotogramas del vuelo escala 1:50.000 disponibles, se planteará la realización de un trabajo de actualización planimétrica y densificación altimétrica sobre la base de técnicas de restitución. Utilizando como base la cartografía IGM escala 1: 50.000 y apoyando los fotogramas en los puntos de apoyo disponibles, se procederá a volcar toda la información planimétrica provista por ese vuelo, así como a incorporar puntos acotados por instrumento que permitan estimar curvas de forma de la topografía o perfiles transversales de las zonas de inundación.

#### 0340 Recomendaciones para la Obtención de Nuevos Datos Topográficos

La recomendación sobre el modelo matemático más conveniente será acompañada

por un programa de relevamientos topográficos, batimétricos y eventualmente aerofotogramétricos, que se consideren imprescindibles para la constitución del modelo. Dicho programa será elaborado tomando en cuenta las necesidades mínimas del modelo, la información disponible y las características particulares que la zona de estudio impone a este tipo de relevamientos.


0400 OTROS ANTECEDENTES

0410 Recopilación y Evaluación de Antecedentes

Constituye una tarea de fundamental importancia a este nivel de análisis. Se recopilará toda la información que se detecte en relación a estudios similares encarados en nuestro país o en el extranjero, la que puede brindar datos de interés sobre técnicas de análisis y evaluación de resultados aplicables a este estudio. En particular se prestará especial atención a los métodos utilizados en casos similares para estudiar los efectos de polimerizaciones en el sistema general de escurrimiento y a las técnicas de análisis de aspectos hidrológicos asociados a este tipo de sistemas.

0420 Revisión de Modelos Matemáticos

Se recopilará con la mayor amplitud posible todos los antecedentes que se detecten sobre modelos matemáticos aptos para la simulación de escurrimientos superficiales en valles de inundación y conformación deltaica, en particular aquellos que hayan sido extensamente utilizados y cuenten con discusión de resultados.



En cada caso se analizarán los fundamentos teóricos, el planteo del sistema de ecuaciones, las condiciones de borde, el método de linearización y solución de esas ecuaciones, el esquema computacional, la estabilidad y convergencia de los resultados, los requerimientos de memoria central, tiempo de ejecución, etc.

#### 0430 Evaluación y Selección del Modelo

Los distintos modelos analizados serán evaluados tomando en cuenta las características de la zona de estudio, las condiciones de borde disponibles, el objetivo del estudio, la información hidrológica y topográfica existente y los requerimientos adicionales, la confiabilidad esperable de los resultados, el costo de operación, etc. De ese análisis surgirá un orden de prioridades en base al cual se formulará la recomendación correspondiente.

#### 0500 HIDRAULICA

##### 0510 Definición de los Bordes del Sistema

Tiene por objeto definir los bordes o límites del sistema a ser estudiado, de forma tal que englobando al área propuesta de estudio, asegure una descripción satisfactoria de los flujos entrantes y salientes del sistema.

##### 0520 Caracterización del Escurrimiento y Zonificación de las Areas Inundables

El objeto de esta tarea es lograr una caracterización del escurrimiento en las áreas inundables que permita zonificar el área en estudio en fun-

ción de su contribución al escurrimiento de las aguas durante los pulsos de inundación de distinta magnitud, correspondientes a los diferentes escenarios hidrológicos considerados. A tales efectos se integrará el campo de datos de niveles y caudales correspondiente a cada escenario hidrológico con la información planialtimétrica elaborada, lo que permitirá en primera aproximación asociar áreas de inundación con niveles y caudales de escurrimiento. Con el aporte de la información geomorfológica y ecológica del área, se analizará la evolución y traslado de la onda de crecida, con el objeto de describir aproximadamente el proceso de ocupación y desocupación de las tierras inundables. De esa forma se estará en condiciones de evaluar qué zonas particulares contribuyen en mayor o menor medida a la circulación de los derrames o cuáles se ven afectadas en mayor o menor proporción por una crecida de magnitud dada. Con esa información se estima posible proponer una zonificación del área de estudio que permita definir las zonas menos comprometidas para la habilitación de un esquema de polderización.

#### 0530 Estudios Hidráulicos Complementarios

En base al conocimiento del comportamiento del sistema que se vaya logrando durante el desarrollo de la tarea 0520 y a la disponibilidad de información topográfica e hidrológica, se podrán definir oportunamente otros estudios hidráulicos parciales que aporten información complementaria de interés. Entre ellos no se descarta la conveniencia de ejecutar un programa complementario de corridas utilizando el tramo correspondiente a la zona en estudio del modelo matemático hidrodinámico implementado para el estu-

dio de crecidas antes mencionado (Anexo E). Si bien tal modelo considera una representación muy global del área de interés y por tanto no satisface los requisitos impuestos a la simulación matemática del Delta Entrerriano, puede aportar informaciones complementarias útiles que permitan acotar o confirmar las conclusiones obtenidas en el análisis anterior.

#### 0540 Definición de las Pautas de Diseño Locales

Una vez definida la ubicación y disposición de la zona a polderizar, y estudiados los aportes hídricos al interior de la zona endicada, será necesario plantear las pautas para el diseño de la red interior de drenaje y/o riego complementario y para el dimensionamiento de la instalación de bombeo y control de la napa.

En conjunto con los expertos de las restantes áreas, y particularmente hidrogeología y agronomía, se formulará un balance hídrico que contemple las situaciones de diseño normales y críticas que se definan. Los resultados de dicho balance determinarán los excesos y defectos de agua en las distintas épocas y situaciones, los cuáles habrán de ser resueltos mediante una red de conducción o drenaje según el caso. Las pautas que definirán la disposición y diseño de esas obras serán adoptadas tomando en cuenta los aspectos hidráulicos, agronómicos, hidrogeológicos y ecológicos intervinientes.

#### 0600 INFORME FINAL

En esta tarea se incluyen los informes parciales de cada grupo de tareas,

los que finalmente se traducirán en el Informe Final del área.

0100 METEOROLOGIA (continuación)

0130 Caracterización Meteorológica del Area de Estudio

Sobre la base de los datos elaborados pertenecientes a la red básica de estaciones, se realizará una caracterización del clima a nivel regional la que brindará elementos de juicio para el estudio de esas variables meteorológicas a nivel local o de polderización.

Se prestará especial atención al estudio de lluvias, vientos y evaporación. Con respecto a las precipitaciones, se describirá detalladamente la distribución de lluvias sobre el área de estudio en base a métodos tradicionales, tales como el trazado de isohietas o la determinación de los polígonos de Thiessen. Se analizarán las situaciones históricas consistentes con los escenarios hidrológicos considerados en el estudio. Se formulará un estudio de tormentas que permita evaluar la magnitud de las precipitaciones esperables para distintos períodos de recurrencia.



0200 HIDROLOGIA (continuación)

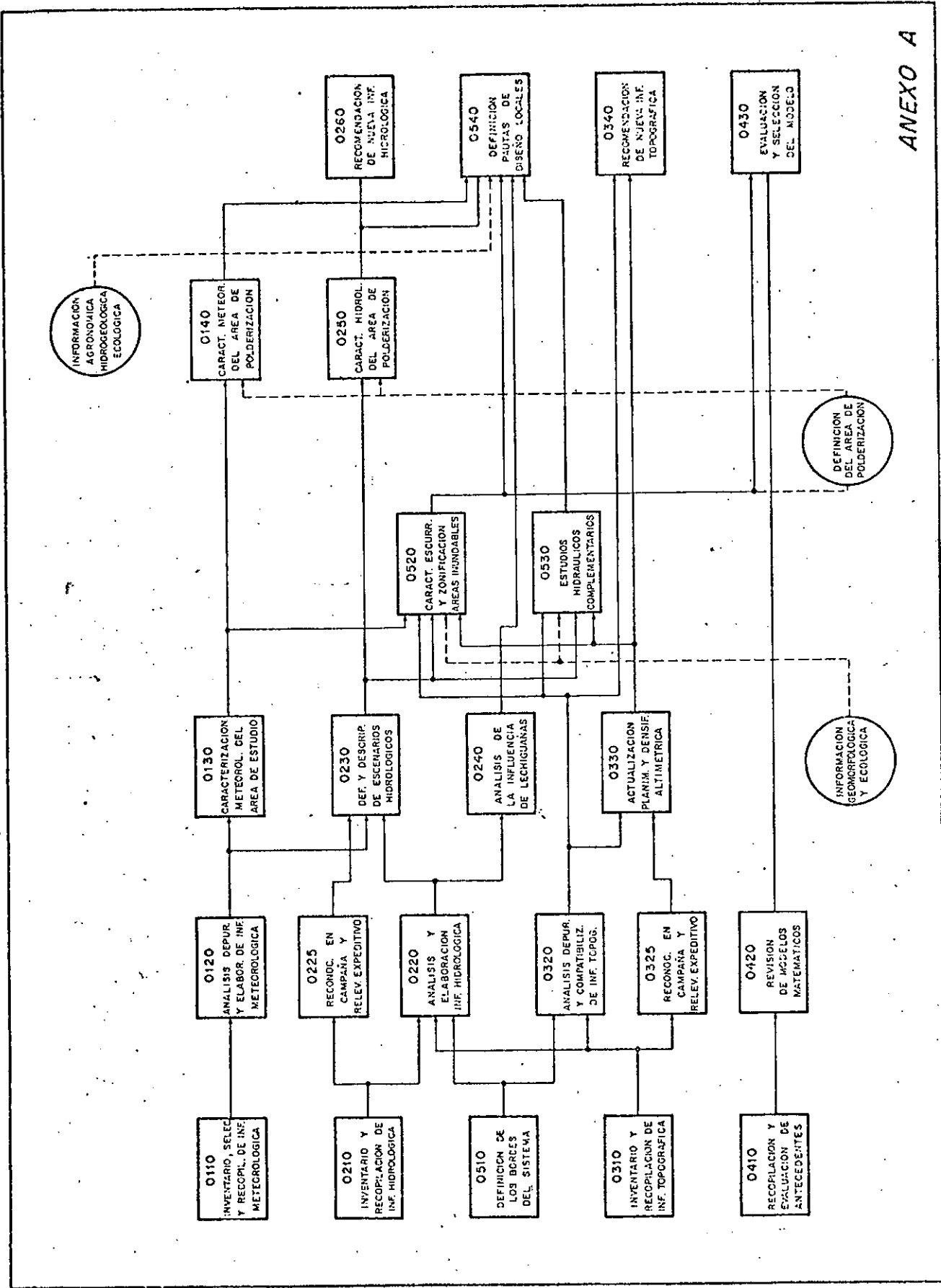
0240 Análisis de la Influencia de Las Lechiguanas

Se analizará la información hidrométrica para situaciones hidrológicas comparables antes y con posterioridad a la habilitación del endicamiento Las Lechiguanas con el objeto de detectar, posibles afectaciones de esa obra en términos de niveles de agua.

ANEXO A

DIAGRAMA DE BLOQUES

LIBRARY



ANEXO B

CRONOGRAMA

	Nº	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8
0100 METEOROLOGIA	0110	INVENTARIO, SELECCION Y RECOPIACION	=====							
	0120	ANALISIS, DEPURACION Y ELABORACION		=====				(B)		
	0130	CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO			=====					
	0140	CARACT. DEL AREA DE POLDERIZACION						=====		
0200 HIDROLOGIA	0210	INVENTARIO Y RECOPIACION	=====							
	0220	ANALISIS Y ELABORACION		=====						
	0225	RECONOC. CAMPAÑA Y RELEV. EXPEDITIVO		=====						
	0230	DEFINICION ESCENARIOS HIDROLOGICOS			=====					
	0240	ANALISIS INFLUENCIA LECHIGUANAS			=====					
	0250	CARACT. DEL AREA DE POLDERIZACION						=====		
	0260	RECOMEND. NUEVOS DATOS HIDROLOGICOS							=====	
0300 TOPOGRAF. Y AEROFOT.	0310	INVENTARIO Y RECOPIACION	=====							
	0320	ANALISIS DEPUR. Y COMPATIBILIZACION		=====						
	0325	RECONOC. CAMPAÑA Y RELEV. EXPEDITIVO		=====						
	0330	ACTUAL. PLANIM. Y DENSIF. ALTIMETRICA			=====					
	0340	RECOMEN. NUEVOS DATOS TOPOGRAFICOS							=====	
0400 ANTECEDENTES	0410	RECOPIACION Y EVALUACION	=====							
	0420	REVISION MODELO MATEMATICO		=====						
	0430	EVALUACION Y SELECCION						=====		
0500 HIDRAULICA	0510	DEFINICION BORDES SISTEMA			(A)					
	0520	CARACT. ESCURRIMIENTO Y ZONIFICACION				=====				
	0530	EST. HIDRAULICOS COMPLEMENTARIOS				=====		(C)		
	0540	DEFINICION PAUTAS DISEÑO LOCAL						=====		
	0600	INFORME FINAL			=====		=====			=====

(A) INFORMACION  
GEOMORFOLOGICA  
Y ECOLOGICA

(B) DEFINICION  
DEL AREA DE  
POLDERIZACION

(C) INFORMACION  
AGRONOMICA  
ECOLOGICA E  
HIDROGEOLOGICA

ANEXO B

ANEXO C

PLANTEL PROFESIONAL

ANEXO C

PLANTEL PROFESIONAL

A. Profesionales Principales

<u>TAREA</u>	<u>ESPECIALIDAD</u>	<u>MESES HOMBRE</u>
0100	Experto Meteorólogo	2
0200	Experto Hidrólogo	4
0300	Agrimensor	3
0400	Experto Modelos Matem.	2
0500	Experto Hidráulico	4

B. Profesionales de Apoyo

<u>TAREA</u>	<u>ESPECIALIDAD</u>	<u>MESES HOMBRE</u>
0100	Lic. Meteorología	4
0200	Ingeniero Hidráulico	4
0500	Ingeniero Hidráulico	4

ANEXO D

PRESUPUESTO ESTIMATIVO



PRESUPUESTO ESTIMATIVO (")I. HONORARIOS PROFESIONALES

a. Profesionales principales	15 m/h.....\$	232.500.000.-
b. Profesionales de apoyo	12 m/h.....\$	111.600.000.-

II. SALARIOS AUXILIARES TECNICOS  
Y ADMINISTRATIVOS

a. Dibujante	4 m/h.....\$	18.600.000.-
b. Dactilografía	3 m/h.....\$	9.300.000.-
	SUBTOTAL	372.000.000.-

III. GASTOS GENERALES .....\$ 62.000.000.-IV. GASTOS ESPECIFICOS (')

Actualización planimétrica.....	\$	62.000.000.-
Reconocimientos en campaña.....	\$	34.100.000.-
Computación .....	\$	<u>15.500.000.-</u>
SUBTOTAL		545.600.000.-

V. IMPUESTOS (") .....\$ 27.900.000.-VI. UTILIDAD .....\$ 57.350.000.-

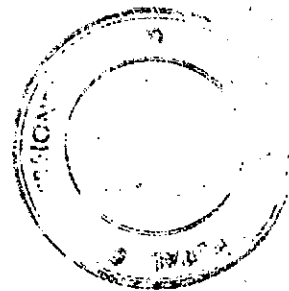
TOTAL \$ 630.850.000.-

(') No se incluyen eventuales relevamientos expeditivos

(") No se incluye I.V.A.

ANEXO E

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- CONSULTARG- "Proyecto de Defensa contra las Inundaciones en la Provincia de Entre Ríos". MOSP, 1970.
- 2.- LATINOCONSULT S.A. Y ESTUDIO GRADOWCZYK-IVANISSEVICH-S.A.- "Complejo Vial Zárate-Brazo Largo, Estudio de Suelos, Socavaciones y Fundaciones para los puentes del tramo IV y determinaciones complementarias". Mayo 1973.
- 3.- LATINOCONSULT S.A. Y ESTUDIO GRADOWCZYK-IVANISSEVICH-S.A.- "Estudio Fluvio-Hidrológico del Endicamiento de la isla Lechiguana Sur". Lechiguana S.A. 1971.
- 4.- Segundo CABRAL, Manuel DIAZ MARTA y Raúl FRIEDMAN- "Antecedentes para un Estudio del Drenaje y Mejoramiento de la Navegación en el Delta Entrerriano". Inédito.
- 5.- NEDECO- "Reclamation Projects in the Parana Delta" The Hague, Netherlands.
- 6.- DIAZ MARTA, Manuel - SALLABER, Juan - FRIEDMAN, Raúl - "Desarrollo del Delta de Entre Ríos. Un problema Hidráulico y su Posible Solución". Resistencia, Abril 1975.
- 7.- LITWIN, César (Coordinador)- "Las inundaciones en el Delta Entrerriano-Memoria Hidrológica y Esquema de Defensa" Proyecto Mejoramiento de la Navegación del Río Paraná. ARG.-023-Bs.As. 1978.

8.- ENTIDAD BINACIONAL YACIRETA- "Estudio de Crecidas de los Ríos Paraná y Paraguay". Motor Columbus y Asoc. Octubre 1979.