

Informe Técnico Estudio Hidrológico e Hidráulico

Punta del Tigre, San José
Setiembre 2019



Titular del Emprendimiento



Informe Técnico

Estudio Hidrológico e Hidráulico

Proyecto:

Técnico Responsable: Ing. Civil H/S Carlos Amorín

Técnicos Colaboradores: Ing. Civil H/A Rodrigo Junes
Ing. Civil H/A Santiago Narbondo
Ing. Civil H/A Federico Vilaseca

Punta del Tigre, San José

Setiembre 2019

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETO	1
1.2	OBJETIVO	1
2.	INFORMACIÓN DE BASE	2
2.1	INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA	2
2.2	FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y SATELITALES.....	2
3.	DESCRIPCIÓN DEL DRENAJE EN EL PREDIO.....	4
3.1	SERIES TEMPORALES DE FOTOGRAFÍAS SATELITALES	4
3.2	RELEVAMIENTOS EN CAMPO	5
3.3	CONCLUSIONES PARCIALES.....	8
4.	MODELACIÓN HIDROLÓGICA.....	9
5.	ESTUDIO HIDRÁULICO DE CANALES	11
5.1	CONSIDERACIONES GENERALES.....	11
5.2	CANAL 1.....	12
5.3	CANAL 2.....	13
5.4	CANAL 3.....	14
5.5	CANAL 4.....	14
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	16

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4-1: PARÁMETROS PRINCIPALES DE LAS SUB-CUENCAS GENERADAS.	9
TABLA 4-2: CAUDALES PICO PARA LAS SUB-CUENCAS GENERADAS.	10
TABLA 5-1: RESULTADOS DE APLICACIÓN DE ECUACIÓN DE MANNING A LOS DOS TRAMOS DEL CANAL 1.	12
TABLA 5-2: TIRANTE Y VELOCIDAD MÁXIMOS EN EL CANAL 1, CONSIDERANDO FLUJO GRADUALMENTE VARIADO Y TIRANTE NORMAL DEL TRAMO SUR COMO CONDICIÓN DE BORDE DE AGUAS ABAJO.	13
TABLA 5-3: RESULTADOS DE APLICACIÓN DE ECUACIÓN DE MANNING AL CANAL 2.	14
TABLA 5-4: RESULTADOS DE APLICACIÓN DE ECUACIÓN DE MANNING AL CANAL 3.	14
TABLA 5-5: RESULTADOS DE APLICACIÓN DE ECUACIÓN DE MANNING AL CANAL 4.	15

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1: UBICACIÓN DEL PREDIO EN ESTUDIO (DELINEADO EN BLANCO).	1
FIGURA 2-1: MDT GENERADO A PARTIR DE RELEVAMIENTO DE DETALLE PROPORCIONADO POR UTE.	2
FIGURA 2-2: ORTOFOTO EN BASE A RELEVAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO CON DRONE.	3
FIGURA 3-1: CANALES PREEXISTENTES EN EL PREDIO. FOTOGRAFÍA SATELITAL DEL 28/8/2014 (FUENTE: GOOGLE EARTH)....	4
FIGURA 3-2: SITUACIÓN ACTUAL DEL PREDIO, CON ZANJAS GENERADAS LUEGO DE LA INTERVENCIÓN Y ANULACIÓN DE CANALES PREEXISTENTES. FOTOGRAFÍA SATELITAL DEL 10/12/2018 (FUENTE: GOOGLE EARTH).	5
FIGURA 3-3: PRESENCIA DE AGUA ESTANCADA EN CAMINO INTERNO AL NORTE DEL PREDIO.	6
FIGURA 3-4: PRESENCIA DE AGUA ESTANCADA EN CONDUCCIONES PERIMETRALES DEL PREDIO, LÍMITE ESTE.	6
FIGURA 3-5: PRESENCIA DE AGUA ESTANCADA EN CONDUCCIÓN INTERNA DEL PREDIO.	7
FIGURA 3-6: PRESENCIA DE MATORRALES EN CANAL PREEXISTENTE.	7
FIGURA 3-7: VISTA AÉREA DEL BAÑADO Y ALCANTARILLA BAJO ACCESO AL PARQUE COSTERO ALBERTO KURZ.	8
FIGURA 4-1: DELIMITACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS SUB-CUENCAS DETERMINADAS.....	10
FIGURA 5-1: UBICACIÓN DE CANALES ESTUDIADOS.	11
FIGURA 5-2: PERFIL LONGITUDINAL DEL CANAL 1.	12
FIGURA 5-3: PERFIL DE FLUJO EN TRAMO NORTE, CONSIDERANDO FLUJO GRADUALMENTE VARIADO Y TIRANTE NORMAL DEL TRAMO SUR EN CONDICIÓN DE BORDE AGUAS ABAJO.	13
FIGURA 5-4: FOTOGRAFÍA AÉREA DEL CANAL 4 TOMADA DURANTE LA SALIDA DE CAMPO.	14

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO

El objeto de estudio del presente informe técnico corresponde al predio donde se implantará un Parque Solar Fotovoltaico de hasta 50 MW de potencia. Este predio está ubicado sobre Avenida Italia y Berro, departamento de San José, al Noroeste de la central eléctrica de ciclo combinado Punta del Tigre. La ubicación del mismo se muestra en la Figura 1-1.



Figura 1-1: Ubicación del predio en estudio (delineado en blanco).

1.2 OBJETIVO

El objetivo general del presente informe consiste en la realización del Estudio Hidrológico e Hidráulico que permita evaluar las condiciones de drenaje en el predio a implantar el proyecto de un Parque Solar Fotovoltaico, frente a eventos de precipitación.

Los objetivos particulares son:

- Realizar un análisis cualitativo de la problemática en el predio en función de la información disponible y relevamientos de campo.
- Realización una modelación hidrológica del predio en condiciones actuales.
- Analizar condiciones de drenaje actual del predio y especificar las recomendaciones necesarias para mejorar el mismo.

2. INFORMACIÓN DE BASE

A continuación se presenta la información utilizada como insumo para las diferentes etapas del estudio realizado.

2.1 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA

Se contó con un relevamiento topográfico de detalle proporcionado por la UTE. El mismo se utilizó para extraer la información para la determinación de las sub-cuencas de aporte dentro del predio y de la geometría de los principales canales de drenaje presentes en el mismo. A partir de este relevamiento se generó un modelo digital de terreno (MDT), el cual se presenta en la Figura 2-1.

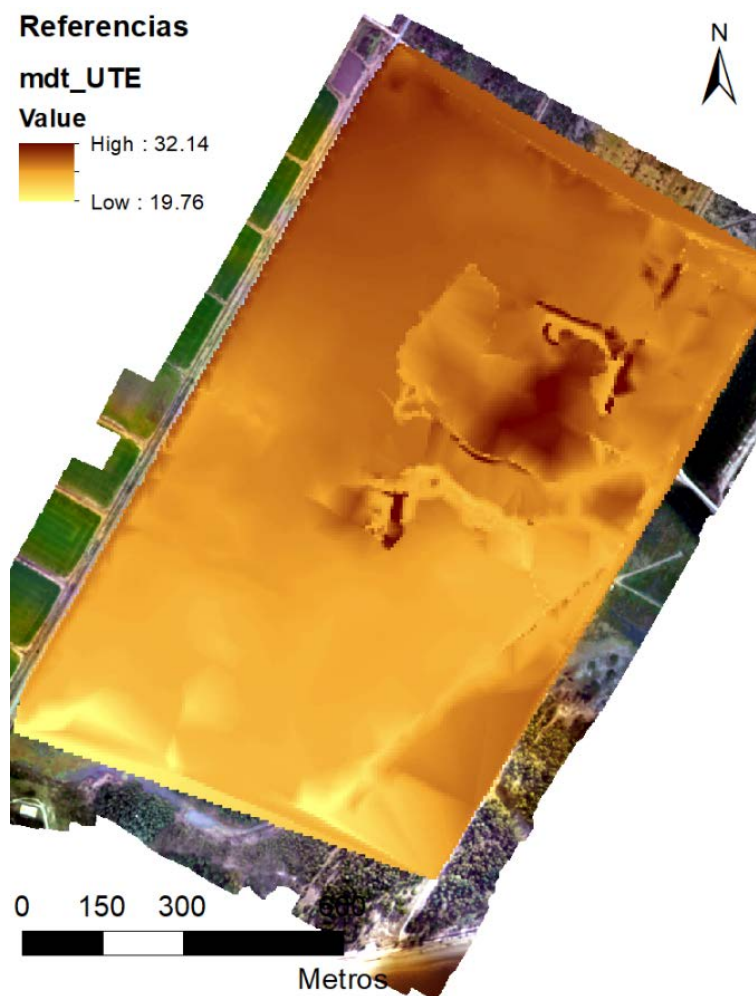


Figura 2-1: MDT generado a partir de relevamiento de detalle proporcionado por UTE.

2.2 FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y SATELITALES

Se utilizaron fotografías satelitales históricas disponibles en Google Earth, para observar la evolución en el tiempo de las obras de drenaje del predio en estudio. Se realizó asimismo una visita al sitio en estudio, en la cual se hizo un relevamiento fotogramétrico con “drone”, el cual

luego fue procesado para obtener una ortofoto actualizada del área en estudio. La mencionada ortofoto se utilizó como complemento de las fotografías satelitales históricas, contando con una resolución mucho mayor que estas últimas. En la Figura 2-2 se presenta la misma.



Figura 2-2: Ortofoto en base a relevamiento fotogramétrico con drone.

3. DESCRIPCIÓN DEL DRENAJE EN EL PREDIO

En primera instancia se realizó un análisis cualitativo de la información disponible, de modo de comprender el funcionamiento general del drenaje en el predio. Esto permitió identificar los potenciales problemas que se puedan presentar y las causas de los mismos. A su vez, la descripción del drenaje del predio se utilizó posteriormente como base para el estudio hidrológico.

3.1 SERIES TEMPORALES DE FOTOGRAFÍAS SATELITALES

El predio cuenta con varias zanjas y canales excavados artificialmente. Se constató, mediante el análisis de fotografías satelitales históricas, que las conducciones en el predio fueron implementadas básicamente en dos etapas:

1. En primera instancia, cuando el terreno era utilizado con fines agrícolas, se construyó una primera red de canales para desagüe del mismo.
2. Posteriormente, a partir del año 2015, una zona del predio se utilizó para acopio de materiales, y en otro sector se realizaron excavaciones, presuntamente para la obtención de material de préstamo. Luego de estas intervenciones se generaron nuevos canales en la zona excavada y varios de los canales preexistentes fueron anulados.

Las diferencias entre las etapas anteriores pueden apreciarse en la Figura 3-1 y la Figura 3-2.

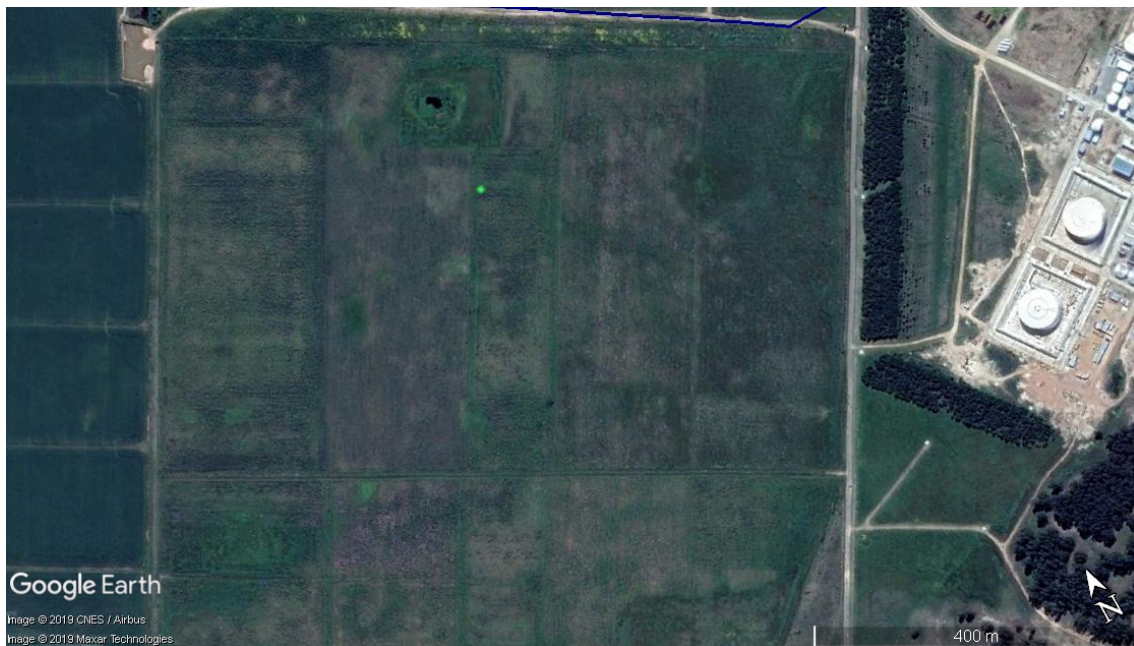


Figura 3-1: Canales preexistentes en el predio. Fotografía satelital del 28/8/2014 (fuente: Google Earth).



Figura 3-2: Situación actual del predio, con zanjas generadas luego de la intervención y anulación de canales preexistentes. Fotografía satelital del 10/12/2018 (fuente: Google Earth).

3.2 RELEVAMIENTOS EN CAMPO

Se realizó una visita al sitio en estudio el 1/8/2019, en la cual se realizó un recorrido de las calles que delimitan el predio: Avenida Italia y Berro al Este, camino de acceso al Parque Costero Alberto Kurz al Oeste, y camino interno al Norte del predio. Se realizó asimismo una recorrida por dentro del predio, ingresando por el camino identificado como “acceso para camiones” en el plano del relevamiento topográfico de detalle.

En todos los sectores se observó la presencia de agua estancada en canaletas, zanjas y otros puntos bajos del terreno, remanentes de las precipitaciones registradas en los días previos. Se entiende que este fenómeno se da a causa de la baja pendiente del terreno en conjunto con la baja permeabilidad de los estratos superiores del suelo presente en el predio. Lo anterior también fue mencionado en las conclusiones del informe geotécnico (entregado como insumo por parte de UTE para esta consultoría), destacándose que cuando se realizaron los cateos en el mes de enero de 2019, también había presencia de agua estancada. En las fotografías a continuación, tomadas en la salida de campo, se presentan ejemplos de lo mencionado anteriormente.



Figura 3-3: Presencia de agua estancada en camino interno al Norte del predio.



Figura 3-4: Presencia de agua estancada en conducciones perimetrales del predio, límite Este.



Figura 3-5: Presencia de agua estancada en conducción interna del predio.

De las observaciones realizadas, se desprende que los canales de la primera etapa que no fueron anulados, permanecen en funcionamiento, pero en mal estado de mantenimiento, con presencia de matorrales en su fondo y taludes, lo cual produce un enlentecimiento del flujo por los mismos.



Figura 3-6: Presencia de matorrales en canal preexistente.

Se constató que la zona más baja del predio se ubica al Sur del mismo, justo antes del cordón de dunas que lo separa de la playa. Allí se generó un bañado, que recibe las aguas pluviales y sobre el que descargan varios de los canales. El mismo descarga sus aguas hacia el Río de la Plata a través de un cauce que atraviesa la calle de acceso al Parque Costero mediante una alcantarilla

(ver Figura 3-7). Este bañado no parece tener afectación sobre el flujo en los canales, ya que se ubica en un terreno significativamente más bajo.



Figura 3-7: Vista aérea del bañado y alcantarilla bajo acceso al Parque Costero Alberto Kurz.

3.3 CONCLUSIONES PARCIALES

En base a lo observado en campo y al estudio del relevamiento topográfico se constató que las zanjias generadas en la segunda etapa de intervención en el terreno tienen muy baja pendiente, y no conducen el agua por los caminos más eficientes hacia la zona baja del predio. A su vez, producto de los movimientos de tierra realizados, se generaron montículos que alteraron la pendiente natural del terreno y, en consecuencia, modificaron el recorrido del agua pluvial y las sub-cuencas de aporte dentro del mismo.

De esta etapa del estudio se desprende que el terreno presenta dificultades para el drenaje de sus aguas pluviales debido a la baja permeabilidad de los estratos superiores del suelo y a su baja pendiente natural. Este problema se encuentra acentuado debido a las modificaciones realizadas recientemente a la altimetría del terreno y a la falta de mantenimiento de canales y zanjias de drenaje.

4. MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Cabe destacar que la porción del predio en estudio se encuentra fuera de la cuenca de hidrológica de arroyo del Tigre, por lo cual no se encuentra influenciada por el régimen de crecidas del mismo.

Para la modelación hidrológica del predio en estudio se decidió dividir el mismo en sub-cuencas de aporte, en base al relevamiento topográfico, en el fin de determinas la distribución del flujo de aguas pluviales sobre el mismo. Posteriormente se calcularon los caudales de aporte de cada sub-cuenca identificada, los cuales fueron utilizados como insumo en el estudio del flujo en los canales.

Las sub-cuencas se determinaron procesando el MDT con un sistema de información geográfica. Una vez obtenidas se determinaron los caminos hidráulicamente más largos dentro de cada una y con los mismos se calcularon los parámetros hidrológicos de cada sub-cuenca, los cuales se presentan en la Tabla 4-1. Los caminos hidráulicamente más largos y las sub-cuencas correspondientes obtenidas se presentan en la Figura 4-1.

Debido al tamaño y las características de las sub-cuencas, para el cálculo de los escurrimientos, se implementó el método racional. Mediante el mismo se calculó el caudal pico como el producto del área de drenaje, el coeficiente de escorrentía de la cuenca y la intensidad de precipitación del evento de diseño.

Los valores de coeficiente de escorrentía e intensidad están tabulados y dependen de las características del sitio y el periodo de retorno. Este último se fijó en 10 años, en base a las recomendaciones para el cálculo de drenajes del manual de Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales Urbanas publicado por DINASA. En la Tabla 4-2 se presentan los resultados obtenidos por sub-cuenca. Cabe aclarar que en estas condiciones se tomó un coeficiente de escorrentía de 0,5, correspondiente a zonas verdes con un aumento en la impermeabilización del 20 %.

Tabla 4-1: Parámetros principales de las sub-cuencas generadas.

Nombre	Área (km ²)	Largo del mayor camino hidráulico (m)	Pendiente del mayor camino hidráulico (m/m)	Tc (hs)
C1	0,14	855	0,0019	0,67
C2	0,14	1.159	0,0014	0,96
C3	0,08	799	0,0038	0,49
C4	0,18	1.082	0,0022	0,76
C5	0,43	1.579	0,0018	1,11
C6	0,08	688	0,0017	0,59
C7	0,11	721	0,0018	0,6

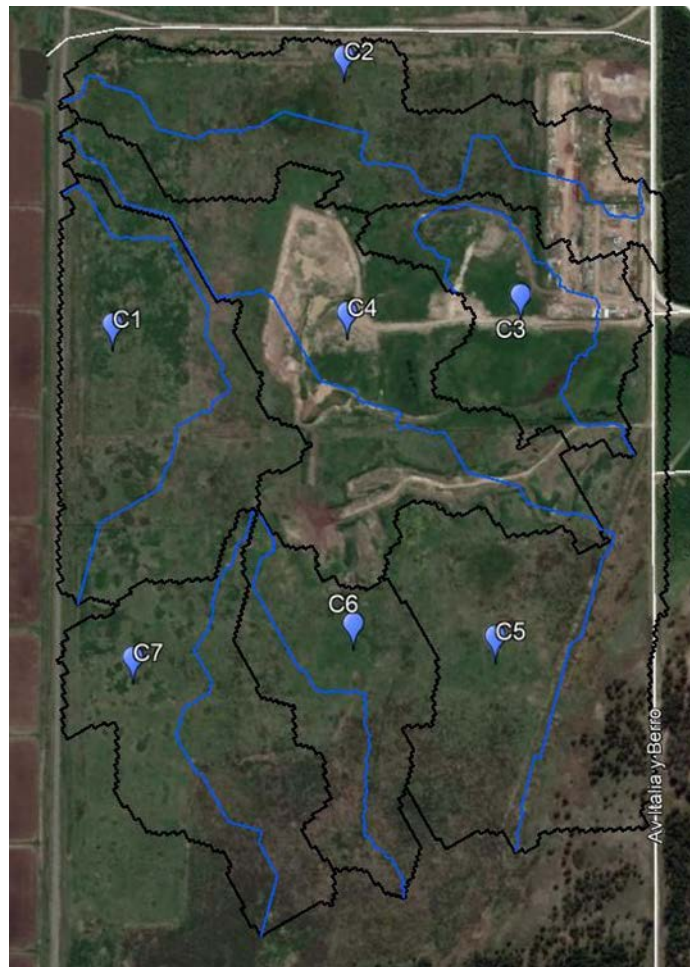


Figura 4-1: Delimitación y ubicación de las sub-cuencas determinadas.

Tabla 4-2: Caudales pico para las sub-cuencas generadas.

Nombre	Q pico (m ³ /s)
C1	1,19
C2	1,01
C3	0,85
C4	1,41
C5	2,79
C6	0,76
C7	1

5. ESTUDIO HIDRÁULICO DE CANALES

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Se seleccionaron 4 canales para estudiar su funcionamiento hidráulico considerando caudales de período de retorno 10 años (según se establece en las recomendaciones de DINASA para estudios drenaje). Su ubicación se presenta en la Figura 5-1.



Figura 5-1: Ubicación de canales estudiados.

El método de cálculo consistió en aplicar para los mismos la Ecuación de Manning, la cual permite estimar el tirante de flujo dado el caudal que circula, la geometría del canal y un coeficiente de rugosidad, cuyo valor se extrajo para cada caso de la tabla presentada en el manual de hidráulica de canales abiertos de Ven Te Chow (1994).

$$Q = \frac{AR_h^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Siendo:

- Q el caudal circulante.
- A el área de flujo en la sección.
- R_h el radio hidráulico.
- S la pendiente de fondo en el canal.
- n el coeficiente de rugosidad de Manning.

En todos los casos el caudal se determinó a partir del resultado del estudio hidrológico, identificando las sub-cuencas de aporte a cada canal. La pendiente de fondo se aproximó como

la pendiente del terreno lindero a cada canal, al no contar con un relevamiento de sus cotas de fondo.

5.2 CANAL 1

El canal 1 es el de mayor longitud, atravesando la zona Sudeste del predio. A través del mismo descarga la sub-cuenca C5, por lo que, para un período de retorno de 10 años, es esperable que por él circule un caudal de $2,79 \text{ m}^3/\text{s}$. Se seleccionó para el mismo un coeficiente de rugosidad de 0,05 ya que se encuentra en mal estado de mantenimiento con matorrales creciendo en su fondo y taludes. En base a la información disponible, su geometría se aproximó como trapezoidal, con ancho de base 2 m, pendiente de los taludes 1H:1V y profundidad de 1,5 m.

Durante el análisis del perfil transversal del canal, para determinar su pendiente, se observó que el mismo se compone de dos tramos que se distinguen claramente: un tramo inicial, ubicado más al Norte con pendiente más baja y un tramo final, ubicado al Sur, sobre su desembocadura en el bañado, con pendiente más pronunciada. Esto se ilustra en el gráfico de la Figura 5-2.

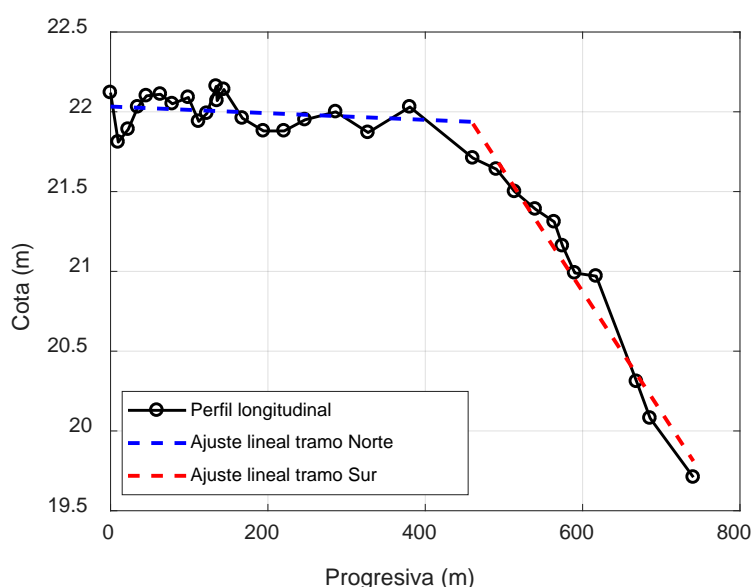


Figura 5-2: Perfil longitudinal del Canal 1.

Mediante un ajuste lineal se determinó una pendiente de fondo aproximada de $0,00021 \text{ m/m}$ para el tramo Norte y de $0,0075 \text{ m/m}$ para el tramo Sur. Debido a la notoria diferencia entre las pendientes de ambos tramos se decidió, en primera instancia, realizar el cálculo para cada uno por separado, obteniéndose los resultados de la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: Resultados de aplicación de Ecuación de Manning a los dos tramos del Canal 1.

Tramo	Tirante normal (m)	Velocidad media (m/s)
Norte	2,16	0,31
Sur	0,84	1,16

En el tramo Norte, el tirante normal supera la profundidad estimada del canal para el caudal de 10 años de período de retorno, lo cual implica que ante este evento ese tramo podría verse desbordado. Este resultado representa una cota superior del nivel posible en el canal, ya que los

cálculos se realizaron sin tomar en cuenta el tirante en el tramo Sur como condición de borde aguas abajo. Resolviendo la ecuación de flujo gradualmente variado para el canal Norte, tomando en cuenta dicha condición de borde, se obtuvo el resultado que se muestra en la Figura 5-1 y en la Tabla 5-2.

Se observa que, realizando esta consideración, el tirante máximo sería muy próximo a la profundidad estimada del canal, por lo que no sería esperable que el mismo se desborde ante una precipitación de período de retorno 10 años. En caso de ocurrir desborde sería de dimensiones menores.

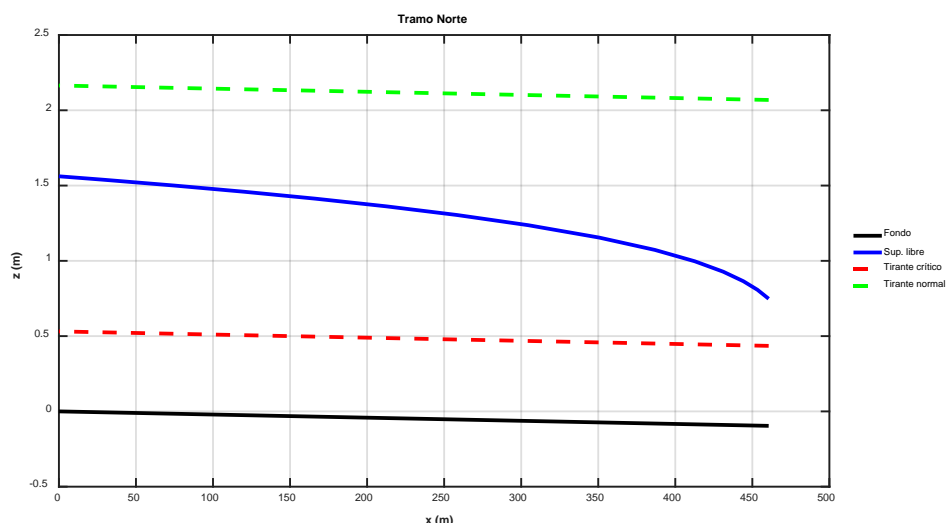


Figura 5-3: Perfil de flujo en tramo Norte, considerando flujo gradualmente variado y tirante normal del tramo Sur en condición de borde aguas abajo.

Tabla 5-2: Tirante y velocidad máximos en el Canal 1, considerando flujo gradualmente variado y tirante normal del tramo Sur como condición de borde de aguas abajo.

Tramo	Tirante máximo (m)	Velocidad máxima (m/s)
Norte	1,56	1,16

5.3 CANAL 2

Este canal es uno de los construidos luego de realizados los movimientos de tierra en el predio. El mismo recibe el caudal de la sub-cuenca C4, por lo que para período de retorno de 10 años transporta $1,41 \text{ m}^3/\text{s}$. Para los cálculos se consideró el mismo número de Manning que para el Canal 1, y también idéntica geometría. En este caso la pendiente media de fondo es muy baja, y similar en toda la longitud del canal, tomando un valor aproximado de $0,00015 \text{ m/m}$. Los resultados de la aplicación de la Ecuación de Manning se muestran en la Tabla 5-3.

El resultado muestra que el agua fluiría con tirantes altos y velocidades bajas, con posibilidad de un leve desborde del canal.

Tabla 5-3: Resultados de aplicación de Ecuación de Manning al Canal 2.

Tirante normal (m)	Velocidad media (m/s)
1,68	0,23

5.4 CANAL 3

Este canal descarga al bañado sobre el Oeste del Canal 1. Recibe el aporte de la sub-cuenca C6, que constituye un caudal de 0,76 m³/s. La geometría se consideró idéntica a la del Canal 1, al igual que el coeficiente de rugosidad. Se estimó para el mismo una pendiente de 0,0017, del mismo orden de magnitud que la del tramo Sur del Canal 1, lo cual es coherente, ya que se ubica sobre el mismo sector del terreno, donde las cotas decrecen rápidamente. Los resultados de la aplicación de la Ecuación de Manning al Canal 3 se presentan en la Tabla 5-4. En este caso se observa que el canal no presenta riesgo de desborde.

Tabla 5-4: Resultados de aplicación de Ecuación de Manning al Canal 3.

Tirante normal (m)	Velocidad media (m/s)
0,62	0,47

5.5 CANAL 4

Este canal, ubicado sobre el Oeste del predio, es relativamente corto y descarga hacia el exterior del predio, sobre las cunetas que bordean el camino de acceso al Parque Costero. Durante la recorrida por el sitio se observó presencia de agua estancada en el mismo, al igual que en las cunetas laterales del camino. Esto se puede apreciar en la fotografía de la Figura 5-1.



Figura 5-4: Fotografía aérea del Canal 4 tomada durante la salida de campo.

En este caso, el canal fue considerado trapezoidal, con ancho de base 0,4 m, pendiente de los taludes 1H:1V y profundidad de 0,8 m. Se asumió que toda la cuenca C1 descarga a través del mismo, lo que determina un caudal de 1,19 m³/s. Esto constituye un sobre-dimensionamiento del problema, ya que el Canal 4 no se ubica sobre el punto de cierre de la cuenca, por lo que seguramente no reciba el aporte de la misma en su totalidad. Se estimó además, una pendiente de fondo de 0,0019 m/m y fue considerado un coeficiente de rugosidad de 0,05, al igual que en los casos anteriores. Los resultados se presentan en la Tabla 5-5.

Para este caso se observa que el tirante normal estimado supera ampliamente la profundidad del canal, por lo que es esperable que se produzca el desborde del mismo ante un evento de período de retorno 10 años. De todos modos, debe ser considerado que el caudal asignado al mismo probablemente sea mayor al que efectivamente circule, ya que no toda el área de la sub-cuenca C1 vierte a través del Canal 4.

Tabla 5-5: Resultados de aplicación de Ecuación de Manning al Canal 4.

Tirante normal (m)	Velocidad media (m/s)
1,25	0,57

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El predio estudiado presenta dificultades para el drenaje de sus aguas pluviales debido a la baja permeabilidad de los estratos superiores del suelo y a su baja pendiente natural. Esto queda evidenciado por la presencia de agua estancada en varias zonas del mismo que se observó durante la visita al campo y que también se puede apreciar en fotografías satelitales. Este problema se encuentra acentuado debido a las modificaciones realizadas recientemente a la altimetría del terreno y a la falta de mantenimiento de canales y zanjas de drenaje.

En base a un estudio hidrológico se determinaron los límites y caudales de aporte de 7 subcuencas dentro del predio. Las alteraciones a la topografía del predio producidas por los movimientos de tierra recientes se ven reflejadas en los límites de las mismas, lo cual confirma su incidencia en el drenaje. Los caudales calculados se utilizaron para estudiar el funcionamiento hidráulico de los canales, concluyéndose que, en las condiciones actuales, varios de ellos se encuentran con riesgo de ser desbordados ante eventos de precipitación de período de retorno de 10 años o superiores. Estos desbordes podrían generar la anegación temporal de varios sectores del predio, siendo particularmente vulnerables las zonas más cercanas a los canales.

Ante estas problemáticas se recomienda, en primer lugar, realizar el mantenimiento periódico y sistemático de los canales, removiendo los matorrales y arbustos de su fondo y taludes, y dejando únicamente una capa de pasto corto sobre los mismos. Esto último es importante, ya que el pasto provee protección contra los posibles efectos erosivos del flujo. Un buen mantenimiento permitirá que el agua fluya con mayor velocidad y menor tirante reduciendo el riesgo de desborde de las zanjas y de anegación del predio.

No es recomendable proceder a anular dichos canales sin la implementación de medidas alternativas de drenaje, ya que los mismos se ubican en las zonas más bajas del predio, sobre los caminos hidráulicos que su topografía determina, logrando captar adecuadamente el aporte pluvial que se genera durante las tormentas. Si los mismos fueran eliminados, el agua de todas formas escurriría por dichos caminos, pero inundando una mayor superficie.

Se recomienda además realizar una intervención sobre las zanjas recientemente excavadas, en la zona de extracción de material de préstamo, ya que las mismas tienen muy baja pendiente, y su trazado no resulta hidráulicamente eficiente para el drenaje del agua. Se debería realizar una corrección de su trazado y pendiente para que puedan cumplir con su cometido adecuadamente.

En cuanto a la ubicación de los paneles fotovoltaicos, se recomienda priorizar las zonas más altas del terreno, y evitar los sectores bajos así como también los más próximos a los canales. Se debe considerar que estos sectores pueden verse anegados durante períodos de tiempo considerables luego de eventos importantes de precipitación.